

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Saša HORVAT

**VPLIV PROTITOČNE MREŽE NA OBARVANOST
PLODOV JABLANE (*Malus domestica* Borkh.)**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Saša HORVAT

**VPLIV PROTITOČNE MREŽE NA OBARVANOST PLODOV
JABLANE (*Malus domestica* Borkh.)**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**INFLUENCE OF HAIL NETS ON FRUIT COLORATION IN APPLE
TREES (*Malus domestica* Borkh.)**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2011

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija agronomije.

Rastlinski material za analizo smo nabrali v Sadjarskem centru Maribor - Gačnik. Analiza vzorcev in statistična obdelava podatkov sta bili opravljene na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Roberta VEBERIČA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Katja VADNAL
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Robert VEBERIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Franci ŠTAMPAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svojega diplomskega dela v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Saša HORVAT

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 634.11:632.93:632.116.3:631.524.6/.7(043.2)
KG sadjarstvo/jablana/*Malus domestica*/protitočna mreža/obarvanost plodov/antociani/
klorofili/karotenoidi
KK AGRIS H01/F01
AV HORVAT, Saša
SA VEBERIČ Robert (mentor)
KZ SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI 2011
IN VPLIV PROTITOČNE MREŽE NA OBARVANOST PLODOV JABLANE
(*Malus domestica* Borkh.)
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP XIII, 39, [9] str., 3 pregl., 26 sl., 8 pril., 49 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI V Sadjarskem centru Maribor – Gačnik smo v letu 2007 in 2008 proučevali vpliv protitočne mreže na obarvanost plodov jabolk (*Malus domestica* Borkh.) sorte 'Gala', 'Fuji' in 'Braeburn', cepljenih na podlago M9. Proučevane parametre smo spremljali pod protitočno mrežo in izven nje. V kožici plodov smo merili vsebnost klorofila s pomočjo spektrofotometra in vsebnost antocianov s sistemom visokoločljivostne tekočinske kromatografije (HPLC). Prav tako smo v listih jablane merili vsebnost klorofila s pomočjo spektrofotometra in SPAD-502 klorofilmetra. Rezultati vsebnosti antocianov kažejo, da protitočna mreža vpliva na manjši razkroj klorofila in formiranja rdečih pigmentov v povrhnjici plodov, zlasti se je to pokazalo pri sorti jablane 'Braeburn', manj pa pri sortah jablane 'Fuji' in 'Gala'. Vpliv protitočne mreže se pri sorti jablane 'Braeburn' v času tehnološke zrelosti odraža v zmanjšanji vsebnosti idaeina v kožici plodov. Izmerjene SPAD vrednosti so tam, kjer prihaja do statistično značilnih razlik, pod protitočno mrežo nižje kot izven protitočne mreže. Prav tako so povprečne vrednosti fotosinteznih pigmentov v listih tam, kjer prihaja do statistično značilnih razlik, pod protitočno mrežo nižje kot izven nje. Manjša vsebnost klorofila v listih vpliva na obarvanost plodov pri sortah jablane 'Gala' in 'Fuji'. Na podlagi tega lahko sklepamo, da protitočna mreža lahko vpliva na sintezo klorofila v listih, vendar je to odvisno od sorte jablane, rastne dobe in sadilne razdalje.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dn
 DC UDC 634.11:632.93:632.116.3:631.524.6/.7(043.2)
 CX fruit growing/apples/*Malus domestica*/hail nets/fruit coloration/anthocyanins/
 chlorophylls/carotenoids
 CC AGRIS H01/F01
 AU HORVAT, Saša
 AA VEBERIČ, Robert (supervisor)
 PP SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
 BP University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
 P 2011
 TI INFLUENCE OF HAIL NETS ON FRUIT COLORATION IN APPLE TREES
 (*Malus domestica* Borkh.)
 DT Graduation Thesis (University studies)
 NO XIII, 39, [9] str., 3 tab., 26 fig., 8 ann., 49 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB The influence of hail nets on fruit coloration in apple trees (*Malus domestica* Borkh.) 'Gala', 'Braeburn' and 'Fuji' was analyzed in the Fruit Centre Maribor – Gačnik in 2007 and 2008. Recorded parameters were studied under hail nets and outside hail nets. Anthocyanins in the peel were analysed by using the system of high performance liquid chromatography (HPLC). Chlorophyll in the peel was analysed with spectrophotometer. Apple trees were evaluated for leaf chlorophyll content with spectrophotometer and with SPAD-502 chlorophyll meter. The results of the anthocyanins show that the hail net delays the start of chlorophyll dissolution and formatting of red pigmentation in the cuticle of fruits, what appeared especially at the 'Braeburn' cultivar and less at the 'Fuji' and 'Gala' cultivar. Influence of hail nets on the 'Braeburn' cultivar in the time of technological maturity is shown in a lower content of idaein in the apple peel. Measured SPAD values in statistically characteristic differences are lower under hail nets than outside hail nets. Average values of photosynthesis pigments in leaves are also lower under hail nets than outside hail nets. These statistically characteristic differences do not influence the apple fruit coloration at the 'Gala' and 'Fuji' cultivar. According to these findings we can assert that hail net can influence the synthesis of chlorophyll in the leaves, however, that depends from apple cultivar, vegetation conditions and planting distance.

KAZALO VSEBINE

	Str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	XI
Okrajšave in simboli	XIII
1 UVOD	1
1.1 VZROKI ZA RAZISKAVO	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA	1
1.3 NAMEN RAZISKAV	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 TOČA	2
2.2 ZAŠČITA PRED TOČO	2
2.2.1 Barva in struktura protitočnih mrež	3
2.2.2 Osvetlitev pod mrežo	3
2.2.3 Kakovost pridelka pod mrežo	4
2.3 BARVA PLODOV	4
2.3.1 Osnovna barva plodov	5
2.3.2 Krovna barva plodov	6
2.3.2.1 Fenolne spojine v sadju	6
2.3.2.2 Flavonoidi	6
2.3.2.3 Antociani	7
3 MATERIALI IN METODE	10
3.1 POSKUSNI NASAD	10
3.2 KLIMATSKE RAZMERE	10
3.3 TLA V NASADU	11
3.4 MATERIALI	11
3.4.1 Rastlinski material	11
3.4.1.1 Sorta 'Braeburn'	11
3.4.1.2 Sorta 'Gala'	11
3.4.1.3 Sorta 'Fuji'	12
3.4.1.4 Podlaga M9	12
3.5 METODE DELA	13
3.5.1 Zasnova poskusa	13
3.5.1.1 Vzorčenje listov	13
3.5.1.2 Vzorčenje plodov	13
3.5.2 Ugotavljanje vsebnosti klorofila s SPAD-502 klorofilmetrom	13
3.5.2.1 Minolta SPAD-502 klorofilmeter	14

3.5.3	Spektrofotometrično merjenje fotosinteznih pigmentov v listih in kožici plodov	14
3.5.4	Priprava vzorcev za določanje vsebnosti posameznih antocianov v kožici plodov	15
3.5.5	Analiza s pomočjo tekočinske kromatografije visoke ločljivosti (HPLC)	15
3.5.6	Meritve vsebnosti antocianov s HPLC	15
3.5.7	Statistična analiza	16
4	REZULTATI	17
4.1	ANALIZA LISTOV	17
4.1.1	SPAD vrednosti	17
4.1.2	Spektrofotometrične vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v listih	19
4.2	ANALIZA PLODOV	25
4.2.1	Antociani	25
4.2.2	Spektrofotometrične vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v kožici plodov	26
5	RAZPRAVA	31
5.1	VSEBNOST FOTOSINTEZNIH PIGMENTOV V LISTIH	31
5.1.1	SPAD vrednosti	31
5.1.2	Spektrofotometrične vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v listih	31
5.2	VSEBNOST PIGMENTOV V KOŽICI PLODOV	32
5.2.1	Antociani	32
5.2.2	Spektrofotometrične vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v kožici plodov	33
6	SKLEPI	34
7	POVZETEK	35
8	VIRI	36

ZAHVALA
PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1 Povprečne mesečne temperature zraka (°C), višina padavin (mm) in sončno obsevanje (ure) v rastni dobi 2007 za lokacijo Maribor (Mesečni bilten, 2007)	10
Preglednica 2 Povprečne mesečne temperature zraka (°C), višina padavin (mm) in sončno obsevanje (ure) v rastni dobi 2008 za lokacijo Maribor (Mesečni bilten, 2008)	10
Preglednica 3 Rezultati kemične analize tal Sadjarskega centra Maribor – Gačnik (KGZ Maribor, 2005)	11

KAZALO SLIK

		Str.
Slika 1	Skupno letno število na meteoroloških postajah (ARSO) zabeleženih pojavov toče v obdobju 2000 – 2008 (Sušnik in Pogačar, 2008)	3
Slika 2	Spektroskopske karakteristike fotosinteznih pigmentov. Absorpcijski spekter kromatografsko očiščenih klorofilov a in b (Vodnik, 2001)	5
Slika 3	Strukturna formula fenolne spojine (Taiz in Zeiger, 2002)	6
Slika 4	Osnovna strukturna formula flavonoidov; 2-fenilbenzopiran (Abram, 2000)	7
Slika 5	Strukturne formule najpogostejših antocianidinov (Veberič, 2010)	8
Slika 6	Idaein (Cianidin-3- <i>O</i> -galaktozid) (Veberič, 2010)	8
Slika 7	Povprečne SPAD vrednosti izmerjene na listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' ± standardna napaka v prvem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	17
Slika 8	Povprečne SPAD vrednosti izmerjene na listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' ± standardna napaka v drugem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	18
Slika 9	Povprečne SPAD vrednosti izmerjene na listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' ± standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	18
Slika 10	Povprečna vsebnost klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' ± standardna napaka v prvem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	19
Slika 11	Povprečna vsebnost klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' ± standardna napaka v drugem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	20
Slika 12	Povprečna vsebnost klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' ± standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	20

Slika 13	Povprečna vsebnost klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v prvem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	21
Slika 14	Povprečna vsebnost klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v drugem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	22
Slika 15	Povprečna vsebnost klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	22
Slika 16	Povprečna vsebnost karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v prvem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	23
Slika 17	Povprečna vsebnost karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v drugem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	24
Slika 18	Povprečna vsebnost karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	24
Slika 19	Vsebnost idaeina (povprečje \pm SN v mg/100 g SM) v kožici plodov različnih sort jablane v rastni dobi 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	25
Slika 20	Vsebnost idaeina (povprečje \pm SN v mg/100g SM) v kožici plodov različnih sort jablane v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	26
Slika 21	Povprečna vsebnost klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	27
Slika 22	Povprečna vsebnost klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	27

Slika 23	Povprečna vsebnost klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' v rastni dobi 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	28
Slika 24	Povprečna vsebnost klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	29
Slika 25	Povprečna vsebnost karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' v rastni dobi 2007. črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	29
Slika 26	Povprečna vsebnost karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji	30

KAZALO PRILOG

- PRILOGA A1 Povprečne SPAD vrednosti, izmerjene na listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji
- PRILOGA A2 Povprečne SPAD vrednosti, izmerjene na listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji
- PRILOGA B1 Povprečne vsebnosti klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji
- PRILOGA B2 Povprečne vsebnosti klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji
- PRILOGA C1 Povprečne vsebnosti klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji
- PRILOGA C2 Povprečne vsebnosti klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji
- PRILOGA D1 Povprečne vsebnosti karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji
- PRILOGA D2 Povprečne vsebnosti karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji
- PRILOGA E1 Vsebnost idaeina (povprečje \pm SN v mg/100 g SM) v kožici plodov različnih sort jablane v rastni dobi 2007
- PRILOGA E2 Vsebnost idaeina (povprečje \pm SN v mg/100 g SM) v kožici plodov različnih sort jablane v rastni dobi 2008
- PRILOGA F1 Povprečne vsebnosti klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

- PRILOGA F2 Povprečne vsebnosti klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji
- PRILOGA G1 Povprečne vsebnosti klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji
- PRILOGA G2 Povprečne vsebnosti klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji
- PRILOGA H1 Povprečne vsebnosti karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji
- PRILOGA H2 Povprečne vsebnosti karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Okrajšava	Pomen
DMSO	dimetilsulfoksid
eks.	ekstrakt
HPLC	tekočinska kromatografija visoke ločljivosti
itd.	in tako dalje
LSD	test mnogoterih primerjav
org. t.	organska topila
PAR	fotosintezno aktivno sevanje
SM	sveža masa
SN	standardna napaka
t. i.	tako imenovani
V	volumen

1 UVOD

1.1 VZROKI ZA RAZISKAVO

Kmetijstvo je odvisno od vremenskih in podnebnih danosti in je v zvezi s podnebnimi spremembami močno ranljivo, najbolj zaradi ekstremnega vremena, kamor štejemo zlasti suše, poplave, neurja s točo, pozebe in vročinske valove.

Toča je vse večja težava v sadovnjakih. Povzroča zmanjšanje pridelka in poslabšanje kakovosti, kar posledično vpliva na prisotnost na tržišču. Enoletna odsotnost lahko pomeni trajno izgubo trga oziroma nekajletno intenzivno delo za vnovično prisotnost na trgu. Poškodovano sadno drevje postane bolj občutljivo na bolezni. V primeru hude toče nastanejo poškodbe na rodnem lesu, ki lahko vplivajo na pridelek v naslednjih letih.

Pred izgubo pridelka in velikimi škodami, ki jih povzroča toča, se lahko učinkovito zavarujemo s protitočnimi mrežami. Naloga sadjarjev je pridelovanje plodov visoke zunanje in notranje kakovosti. Plodovi morajo biti primerne velikosti, brez kakršnihkoli poškodb, primerno čvrsti in odličnega okusa. Eden izmed znakov za določanje kakovosti je tudi obarvanost plodu. Ta je celo ključnega pomena, saj kupca najprej pritegne barva plodu.

Protitočna mreža zmanjša osvetlitev in bi posledično lahko vplivala na razvoj krovne barve pri jabolkih.

1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Protitočna mreža spremeni osvetlitev dreves in tako vpliva na velikost fotosinteze. S tem vpliva na vsebnost klorofila v listih in kožici plodov, prav tako vpliva na vsebnost antocianov v kožici plodov, s tem pa tudi na obarvanost plodov.

1.3 NAMEN RAZISKAV

Namen raziskave je ugotoviti vpliv črne mreže proti toči na obarvanost plodov pri jablani sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' na podlagi M9 v primerjavi s kontrolnimi drevesi.

V ta namen smo v Sadjarskem centru Maribor – Gačnik izvedli poskus na sortah jabolane 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji', ki so bile cepljene na podlago M9.

2 PREGLED OBJAV

2.1 TOČA

Toča je oblika padavin, ki si je sadjarji najmanj želijo. Nastane ob nenadnih vdorih hladnega zraka, ki so v naših okoljskih razmerah pogosti konec pomladi, poleti in celo v začetku jeseni (Štampar in sod., 2009). V primeru toče je lahko pridelek popolnoma uničen, škoda pa lahko vpliva tudi na letino v naslednjih letih. Za reden in kakovosten pridelek mora biti pridelava čim manj odvisna od vremenskih razmer. Sadje z najmanjšimi poškodbami uvrščamo v nižji cenovni razred, če so poškodbe večje, pa je tako sadje primerno samo še za predelavo, kar je sadjarju v veliko škodo.

Neugodni vremenski pojavi lahko zelo hitro zmanjšajo kakovost plodov. Že nekaj udarcev od toče povzroči, da so plodovi neprimerni za trženje. Kakovost sadja zajema dejavnike izgleda (barva, velikost, poškodbe in nepravilnosti), teksture (trdota, sočnost), okusa (sladkost in kislost, arome) in njihove hranilne vrednosti (vsebnost vitaminov, mineralnih in fenolnih snovi). Ljudje se pri izbiri sadja pogosto odločajo na osnovi videza (Perez in sod., 1997).

2.2 ZAŠČITA PRED TOČO

V nasadih je potrebno zagotoviti takšno tehnologijo, ki čim bolj izniči negativne vplive na količino in kakovost pridelanega sadja.

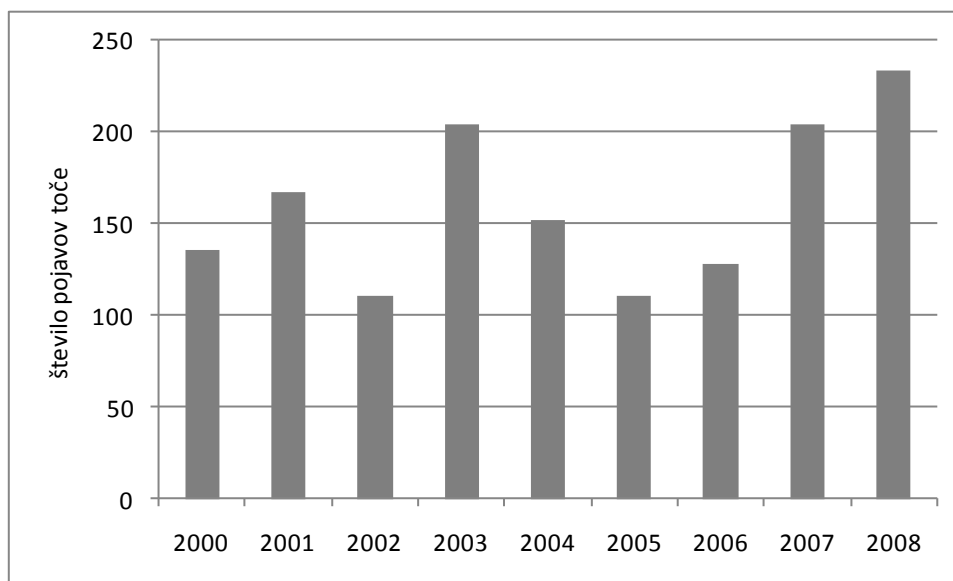
Obramba pred točo s protitočnimi raketami ali z letali ni dokazano uspešna. Mogoče je tudi, da je v nekaterih primerih celo škodljiva. Danes vemo zanesljivo le to, da sta najboljši obrambi pred točo mreža proti toči in zavarovanje (Kajfež-Bogataj, 2004).

Pred točo se lahko zavarujemo aktivno (postavitev mrež) ali pasivno (zavarovanje pridelka) (Štampar in sod., 2009). V Sloveniji imamo pri jabolani pokritih slabih 12 % nasadov (Štampar, 2008).

Intenzivno postavljanje mrež proti toči v vseh sadjarskih območjih s podnebjem, ki je podobno našemu, zagotovo ni naključje. Največji delež pokritih nasadov imajo v Avstriji, kjer številka presega 80 % vseh nasadov, hitro pa se jim približuje Italija (Pfeiffer in Jankovič, 2004).

Mreže za zaščito pred točo so pomemben in nujen sestavni del sodobne pridelave sadja. Slabost sistemov protitočne zaščite je stroškovna intenzivnost. Začetna investicija znaša okrog 10 tisoč EUR/ha, potrebnih je več delovnih ur. Dodatna delovna obremenitev znaša 20 do 30 delovnih ur na leto (Pfeiffer in Jankovič, 2004). Začetna investicija se v krajih, kjer povprečno vsaj enkrat letno pade toča, povrne v nekaj letih.

Po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) vidimo, da je bilo poleti leta 2008 veliko dni s točo. Na sliki 1 vidimo primerjavo s preteklimi leti. Po številu zabeleženih pojavov toče sta po letu 2000 blizu letu 2008 še leti 2007 in 2003 (Sušnik in Pogačar, 2008).



Slika 1: Skupno letno število na meteoroloških postajah (ARSO) zabeleženih pojavov toče v obdobju 2000–2008 (Sušnik in Pogačar, 2008)

2.2.1 Barva in struktura protitočnih mrež

V sadjarstvu je na voljo več tipov protitočnih mrež, ki se med seboj razlikujejo pretežno po barvi, pletivu in velikosti zanke. V sadovnjakih lahko vidimo uporabljene bele – kristalne, črne in sive protitočne mreže. Na trgu se pojavljajo različne barve mrež, ki naj bi izboljšale fotosintezo, pridelek, kakovost jabolk in obarvanost plodov (Blanke, 2009). Različni tipi protitočnih mrež različno močno ovirajo prehod svetlobe skozi mrežo in imajo različno dolgo življenjsko dobo. Različni materiali in barve protitočnih mrež različno vplivajo na prepustnost za svetlobo. Čim tanjša je mreža in tem večje so zanke, tem večja so nihanja v prepustnosti (Blanke, 2007).

Struktura protitočnih mrež vpliva na različno prepustnost svetlobe. Kristalna protitočna mreža ima največjo velikost zanke (3 x 9 mm), sledi siva (2,8 x 6,9 mm), najmanjšo velikost zanke ima črna protitočna mreža (2,5–3 x 6,5 mm) (Blanke, 2007).

Mreža proti toči z dvojnimi pletenjem prepušča najmanjše možno zrno toče. Vsebuje dvojno longitudinalno in enojno transverzalno pletenje. Polietilenska vlakna so premera od 288 µm do 356 µm (Blanke, 2007).

2.2.2 Osvetlitev pod mrežo

Svetloba igra odločilno vlogo pri razvoju in zorenju plodov, s tem pa posledično vpliva na kvaliteto plodov in diferenciacijo cvetnih brstov. Pri nekem optimalnem rodnem volumnu krošenj na hektar je potrebno doseči čim boljše prestrezanje svetlobe, saj le-ta zagotavlja dobro kakovost plodov s stališča obarvanosti, njihove velikosti in dosežene količine suhe snovi (Palmer in Warrington, 2000). Primerna osvetlitev celotne asimilacijske površine ima bistven učinek na kakovost in količino pridelka pri jablani (Štampar in sod., 1999).

Optimalne svetlobne razmere v krošnji izboljšujejo zdravstveno stanje in barvo plodov (sinteza antocianov) (Awad in sod., 2001).

Fotosintezno aktivno sevanje (PAR), ki je uporabno za fotosintezo, ima valovne dolžine med 400 in 700 nm. Približno 85 do 90 odstotkov PAR-sevanja se v listu absorbira, preostalo pa se bodisi odbije, reflektira, bodisi prodre skozi list (Štampar in sod., 2009).

Mreže proti toči zmanjšajo količino PAR sevanja v odvisnosti od barve mreže. Widmer (2001) poroča, da kristalna mreža zmanjša PAR sevanje za 8 do 12 %, siva od 15 do 17 % in črna za 18 %. Blanke (2007) poroča o podobnih rezultatih. Kristalna mreža zmanjša PAR sevanje za 7 %, siva za 13 % in črna za 18%.

Protitočne mreže zmanjšajo količino UV svetlobe v odvisnosti od barve mrež. Kristalne mreže zmanjšajo količino UV svetlobe za 20 %, črne pa za 29 % (Blanke, 2007).

2.2.3 Kakovost pridelka pod mrežo

Količina skupnega pridelka se pod protitočno mrežo ne zmanjša ali se celo poveča (Vercammen, 1998; Vercammen in sod., 1999; Widmer, 2001).

Zunanja kakovost pridelka (velikost plodov) se pod protitočno mrežo ne poslabša. Krovna rdeča barva plodov pri dvobarvnih sortah se nekoliko poslabša, pri polno obarvanih rdečih sortah pa ni negativnega vpliva na barvo (Blanke, 2007).

Notranja kakovost plodov se v večini merljivih parametrov nekoliko spremeni trdota in vsebnost kislin se v nekaterih letih poveča (Widmer, 2001). Vsebnost suhe snovi se v povprečju le pri trinitni črni mreži statistično značilno zmanjša (Steinbauer, 2008, cit. po Zadrevce in sod., 2009).

2.3 BARVA PLODOV

Barvo plodov delimo na osnovno in pokrovno barvo kože. Nekatere sorte nimajo pokrovne barve. Na plodovih, kjer je pokrovna barva enakomerno razporejena, ji pravimo prelita. Rdeča barva je lahko razporejena tudi v obliki različno dolgih in širokih črtic, t.i. priž.

Barva plodov, predvsem delež pokrovne barve, je močno odvisna od podnebja, vremena, podlage, starosti drevesa, načina gojenja in oskrbe pridelka in osončenosti plodu v krošnji. (Viršček Marn in Stopar, 1998).

Barva jabolk je zelo pomembna v fazi pridelave in še posebno pri prodaji. Barva plodov je zanesljiv pokazatelj kakovosti, saj je v tesni povezavi z notranjo kakovostjo plodov. Na vidno dojetje barve ne vplivajo samo absolutne koncentracije posameznih pigmentov v lupini plodov, ampak dimenzije vakuol ter razporeditev in velikost celic v lupini jabolk. Končna zaznava barve je posledica vizualnega mešanja vseh naštetih dejavnikov (Lancaster in sod., 1994).

2.3.1 Osnovna barva plodov

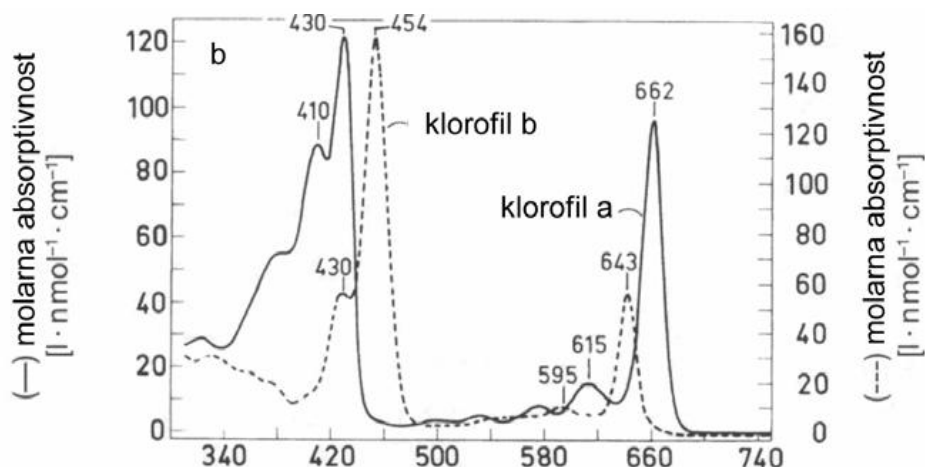
Osnovna zelena barva lupine jabolok izhaja iz pigmentov klorofila, od katerih je največ klorofila a in b, ki sta v razmerju 3 : 1. Med zorenjem zelena barva prehaja v rumeno, kar je posledica nastanka karotenoidov (Hribar, 1989).

Klorofili so zeleni pigmenti s policiklično planarno strukturo. So porfirini, kar pomeni, da je zanje značilna zgradba štirih pirolovih obročev s centralnim magnezijevim (Mg^{2+}) ionom, na osnovni skelet pa je zaestren fitol. Klorofil b ima namesto metilne skupine na drugem obroču aldehidno skupino (Lehninger, 1993). Pojavljanje rumene barve plodov je posledica razgradnje klorofila, pri čemer se izrazijo prisotni karotenoidi, z delovanjem encima klorofilaze, v brezbarvni fitol. Reakcija poteka v dozorevajočih plodovih (Larcher, 2003).

Asimilacijski pigmenti (klorofili in karotenoidi) so vsi pigmenti, ki sodelujejo pri absorpciji, prenosu in pretvorbi energije fotosintezno aktivnega sevanja za potrebe asimilacije CO_2 , to je njegove fotosintezne redukcije. Nameščeni so na tilakoidnih membranah kloroplasta. Sestavna dela vsakega fotosistema sta antenski kompleks, ki služi lovljenju svetlobe, in reakcijski center, v katerem poteka fotokemično delo (klorofil reakcijskega centra elektron odda) (Taiz in Zeiger, 2002).

Karotenoidi so tetraterpeni. Med oranžno rdečimi karoteni je najpomembnejši β -karoten. Oksidacijski produkt karotenov so ksantofili, ki so rumeni do rdeči (Vodnik, 2001).

Posledica različne kemijske strukture pri različnih asimilacijskih pigmentih so tudi razlike v absorpciji svetlobe. Vrhovi v absorpcijskem spektru predstavljajo absorpcijske maksimume posameznih barvil in so za njih karakteristični (Vodnik, 2001). Klorofil absorbira modro (430 nm) in rdečo (660 nm) svetlobo, večina zelene se reflektira in da rastlinam značilno zeleno barvo (Taiz in Zeiger, 2002).



Slika 2: Spektroskopske karakteristike fotosinteznih pigmentov. Absorpcijski spekter kromatografsko očiščenih klorofilov a in b (Vodnik, 2001)

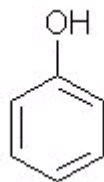
2.3.2 Krovna barva plodov

Z dozorevanjem rdečega sadja se tvori rdeča barva kože. Zmanjševanje zelene barve je povezano z razgradnjo klorofila, rdeča obarvanost plodov pa se pojavi s kopičenjem antocianov (Macheix in sod., 1990).

2.3.2.1 Fenolne spojine v sadju

Fenolne snovi so sekundarni metaboliti, ki določijo zunanje in notranje parametre kakovosti, kot so barva, okus in aroma, ter sodelujejo pri obrambi pred ultravijoličnimi žarki in pred boleznimi (Veberič in sod., 2005). Vključene so v fiziološke procese rasti in razvoja sadnih rastlin, določajo pa tudi različne lastnosti plodov med zorenjem in skladiščenjem. Vsebnost fenolnih snovi se med rastjo rastlin in zorenjem značilno spreminja (Usenik in sod., 2004).

Fenolne spojine imenujemo vse tiste spojine, ki imajo najmanj en aromatski obroč in najmanj eno ali več hidroksilnih funkcionalnih spojin (-OH). V naravi so običajne spojine z več -OH skupinami, zato se je zanje uveljavilo ime polifenoli (Abram in Simčič, 1997).



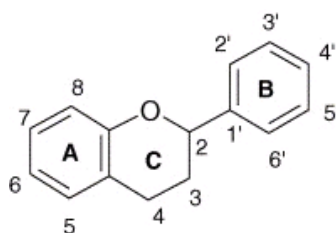
Slika 3: Strukturna formula fenolne spojine (Taiz in Zeiger, 2002)

V plodovih sadja so najpomembnejši naslednji fenoli: katehini, proantocianidini, antocianidi, flavonoidi in dihidrohalkoni. Vsebnost fenolnih snovi je v nezrelem sadju bistveno večja kot v zrelem (Štampar in sod., 2009).

Vsebnost fenolov je lahko precej različna med tkivi ali med organi. Ugotovljeno je bilo, da zunanja tkiva plodov ali semen vsebujejo bistveno večje vsebnosti fenolov v primerjavi z notranjostjo plodov. Kot primer navajajo, da lahko lupina jabolka vsebuje tudi do 100 krat večje vsebnosti nekaterih fenolov v primerjavi s pulpo (Veberič in sod., 2005).

2.3.2.2 Flavonoidi

Flavonoidi so najbolj zastopana, široka in raznovrstna skupina polifenolov v sadju (Macheix in sod., 1990). Flavonoidi so fenolne spojine, zgrajene iz 15 C-atomov. Osnovno spojino flavon sestavljajo strukture, ki jih označujemo s C₆-C₃-C₆, poznamo pa jo tudi pod imenom 2-fenilbenzopiran (Abram, 2000).



Slika 4: Osnovna strukturna formula flavonoidov; 2-fenilbenzopiran (Abram, 2000)

Flavonoide razdelimo na flavone (apigenin, lutein), flavonole (miricetin, kvercetin), flavan-3-ole (katehin, epikatehin), flavanone (naringenin), dihidroflavonole (taksifoin), antocianidine (cianidin), izoflavone (genistein), kalhone (butein) itd. (Abram in Simčič, 1997).

V sadju so količinsko najbolj zastopani v glavnem:

- antociani (cianidini, pelargonidini itd.),
- flavonoli (kvercetin, rutin itd.),
- flavan-3-oli (epikatehin itd.).

Poznanih je več kot 5000 različnih flavonoidov. V naravi so flavonoidi običajno glikozilirani, kar pomeni, da imajo vezane različne monosaharide (glukoza, arabinoza, ramnoza) (Macheix in sod., 1990).

2.3.2.3 Antociani

Antociani, kot podskupina flavonoidov, so širša skupina in vključujejo antocianine in antocianidine.

Antocianini, glikozilirana oblika antocianidinov, so vodotopna barvila, ki dajo sadju rdečo, vijolično ali modro barvo. Antocianini imajo na mestu 3 vezan sladkor. Antocianidini pa so aglikonski del antocianina (brez glikozidne komponente). So zelo nestabilne spojine, v vodi netopne, v naravi jih praktično ni (Macheix in sod., 1990).

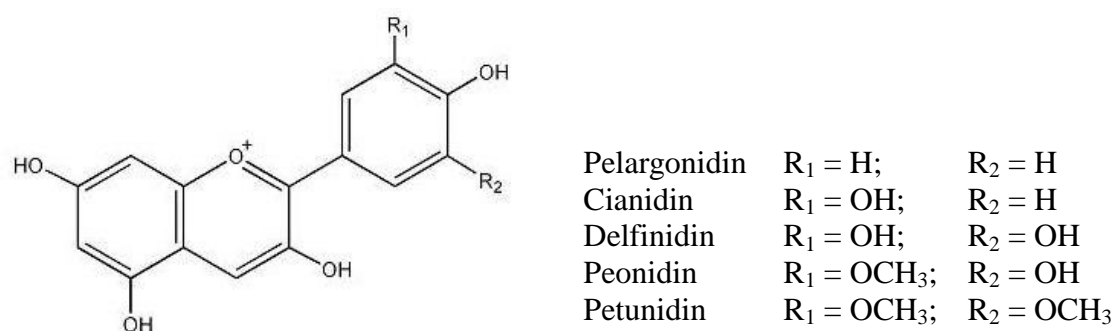
Antocianidini so hidroksilirane in metoksilirane oblike osnovne strukture flavonoidov (Macheix in sod., 1990). Sama obarvanost antocianov je odvisna od več dejavnikov, vključno s številom hidroksi- in metoksi- skupin v obroču B antocianidina. Odvisna pa je tudi od pH vakuole v celici, v kateri se antociani kopičijo (Taiz in Zeiger, 2002).

Pigmenti (flavonoidi, klorofili in karotenoidi), ki tvorijo obarvanost plodov, se med sadnimi vrstami razlikujejo, vendar je količina in tvorba antocianov glavna pri določanju rdeče obarvanosti plodov (Honda in sod., 2002).

Barvila nastajajo med dozorevanjem plodov, največ pa med polno zrelostjo. Biosinteza antocianov se pojavi v dveh vrhovih. Antociani se najprej kopičijo med zgodnjo vegetacijo, v fazi razvoja plodičev, ko se celice intenzivno delijo. V tem času se pri rdeče in tudi pri nekaterih nerdeče obarvanih sortah pojavljajo antociani. Prvi fazi intenzivnega nastajanja antocianov sledi obdobje, v katerem se koncentracija antocianov zniža, včasih

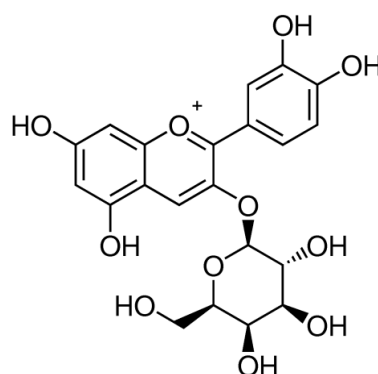
celo popolnoma izginejo. Dolžino tega obdobja določa prisotnost rastnih regulatorjev, gibberelinov. Sledi faza zorenja. Akumulacija antocianov se pojavi samo pri rdeče obarvanih sortah. Na akumulacijo antocianov v tej fazi imajo velik vpliv okoljski dejavniki, kot so svetloba, temperatura, vročinski in mrzli stres, napadi različnih patogenov in mehanske poškodbe, dušik (N), kalij (K), bor (B), fosfor (P), kalcij (Ca) in druga hranila, pH tal, količina vode v tleh in poškodbe rastlin (Ubi in sod., 2006; Veberič in sod., 2007).

V sadu je najpogostejši antocianidin cianidin, sledi delfinidin, peonidin, pelargonidin in nato petunidin ter malvidin (Macheix in sod., 1990).



Slika 5: Strukturne formule najpogostejših antocianidinov (Veberič, 2010)

Pri jabolkih so vsi antociani derivati cianidina. Glavni glikozid cianidina v kožici je cianidin-3-galaktozid (~ 80 %), medtem ko so cianidin-3-arabinosid, cianidin-3-glukozid in cianidin-3-ksilozid prisotni v manjših količinah (Honda in sod., 2002).



Slika 6: Idaein (Cianidin-3-O-galaktozid) (Veberič, 2010)

Svetloba je zelo pomembna za povečanje vsebnosti antocianov, preko fotosinteze, ki je vir ogljikovih atomov (Macheix in sod., 1990). Manj ko je svetlobe, ki prispe do drevesnih krošenj, manjša je fotosinteza in s tem manj ogljikovih hidratov, potrebnih za sintezo antocianov, ter posledično slabša obarvanost plodov (Ubi in sod., 2006). Različni poskusi uporabe reflektivne folije dokazujejo, da intenzivnost svetlobe vpliva na količino antocianov. Pokrivanje tal z reflektivno folijo poveča intenzivnost svetlobe v drevesni krošnji in izboljša obarvanje plodov (Jakopič in sod., 2007).

Nizke temperature med dozorevanjem imajo pozitivni učinek na kopičenje antocianov v jablanah. Pomembna je tudi razlika med dnevno in nočno temperaturo. Optimalna dnevna temperatura za kopičenje antocianov je med 15 in 25 °C, nočna pa med 10 in 20 °C. Razlika med dnevno in nočno temperaturo naj ne bi bila večja od 10 °C (Macheix in sod., 1990). Nizka temperatura vpliva na zmanjšano porabo ogljikovih hidratov pri dihanju ter na povečanje fotosinteze, ki v končni fazi vpliva na biosintezo antocianov (Ubi in sod., 2006).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 POSKUSNI NASAD

Poskus smo izvajali v Sadjarskem centru Maribor – Gačnik v letih 2007 in 2008. V poskus smo vključili jabolane sorte 'Gala' tipa 'Brookfield', 'Fuji' tipa 'Kiku 8' in 'Braeburn' tipa 'Mariri Red', cepljenih na podlago M9. Drevesa so bila posajena leta 2005 v enovrstni sistem, vzgojena kot ozko vreteno, s sadilno razdaljo 3,2 m x 1,2 m pri sortah jabolane 'Gala' in 'Fuji' ter 3,2 m x 1 m pri sorti jabolane 'Braeburn'. Pridelava jabolk je potekala po smernicah integrirane pridelave. Tla v nasadu so bila oskrbovana po sistemu negovalne ledine. V nasadu je urejen kapljični sistem namakanja.

Sadjarski center Maribor – Gačnik leži na SZ Slovenskih goric, v vasi Gačnik, na nadmorski višini od 270 do 320 m. Za to območje je značilno celinsko podnebje z vročimi poletji in ostrimi zimami.

3.2 KLIMATSKE RAZMERE

Preglednica 1: Povprečne mesečne temperature zraka (°C), višina padavin (mm) in sončno obsevanje (ure) v rastni dobi 2007 za lokacijo Maribor (Mesečni bilten, 2007)

mesec	TS	TOD	RR	RP	OBS	RO
april	13,7	3,7	10	12	275	172
maj	17,2	2,6	134	142	234	114
junij	21,2	3,3	60	50	260	122
julij	22,4	2,8	112	95	319	128
avgust	20,2	1,5	129	100	228	102
september	13,9	-1,3	173	175	185	107
oktober	9,5	-0,6	71	82	114	81

Preglednica 2: Povprečne mesečne temperature zraka (°C), višina padavin (mm) in sončno obsevanje (ure) v rastni dobi 2008 za lokacijo Maribor (Mesečni bilten, 2008)

mesec	TS	TOD	RR	RP	OBS	RO
april	11,0	1,0	39	49	193	121
maj	15,9	1,3	35	37	266	129
junij	20,2	2,3	96	81	208	98
julij	21,3	1,7	110	93	265	106
avgust	20,7	2,0	134	105	285	127
september	14,9	-0,3	61	62	149	85
oktober	11,6	1,5	44	51	158	112

Legenda:

TS: povprečna temperatura zraka (°C)

TOD: temperaturni odklon od povprečja (°C) (dolgoletno povprečje 1961–1990)

RR: višina padavin (mm)

RP: višina padavin v % od povprečja

OBS: število ur sončnega obsevanja (ure)

RO: sončno obsevanje v % od povprečja

Povprečna letna temperatura zraka, izmerjena na Hidrometeorološki postaji Maribor, je v obdobju 1961–1990 znašala 9,7 °C, povprečna letna količina padavin 1045 mm, povprečno letno trajanje sončnega obsevanja pa 1799 ure ("Podatki za ...", 2010).

V letih 2007 in 2008 so bile povprečne temperature zraka v mesecih od aprila do oktobra nad dolgoletnim povprečjem. Največji pozitivni odklon je bil meseca aprila 2007, ko je bilo za 3,7 °C topleje kot običajno. September je bil v obeh letih hladnejši od dolgoletnega povprečja, prav tako oktober leta 2007. April, maj, september in oktober so bili v obeh letih v količini padavin pod dolgoletnim povprečjem, čeprav so bile v septembru 2007 najobilnejše padavine. Junija, julija in avgusta je bilo več padavin v primerjavi z dolgoletnim povprečjem. Sončnega obsevanja je bilo več kot velja za dolgoletno povprečje. Leta 2007 je bilo največje sončno obsevanje julija, leta 2008 pa avgusta (Mesečni bilten, 2007, 2008).

3.3 TLA V NASADU

Analiza tal v letu 2005 je pokazala za pridelavo jabolk nekoliko visok pH (7,46), srednjo založenost tal s fosforjem in kalijem, dobro založenost tal z magnezijem, borom in organsko snovjo (3,48 %) (preglednica 3).

Preglednica 3: Rezultati kemične analize tal Sadjarskega centra Maribor – Gačnik, 2005

P ₂ O ₅ (mg/100 g tal)	K ₂ O (mg/100 g tal)	pH	Humus %
9,7	17,8	7,46	3,48

3.4 MATERIALI

3.4.1 Rastlinski material

V raziskavo smo vključili drevesa jablane sorte 'Braeburn' tipa 'Mariri Red', 'Gala' tipa 'Brookfield' in 'Fuji' tipa 'Kiku 8', cepljene na podlago M9.

3.4.1.1 Sorta 'Braeburn'

'Braeburn' je novozelandska diploidna sorta in je naključni sejanec. Našli so jo leta 1952. Zori od začetka do sredine oktobra. Občutljiva je na jablanov škrlup in jablanovo pepelovko. Plodovi so občutljivi za grenko pegavost in lenticelno pegavost. Meso je rumenkasto, zelo čvrsto, sočno, bolj sladkega okusa in mile arome. Na voljo je veliko klonov z večjim deležem krovne barve. Spada med glavne sorte slovenskega sadnega izbora (Godec in sod. 2007; Štampar in sod., 2009; Viršček in Stopar, 1998).

3.4.1.2 Sorta 'Gala'

'Gala' je novozelandska diploidna sorta in je križanec sorte 'Kidd's Orange Red' in 'Zlati delišes'. V pridelavo so jo uvedli leta 1965. Zori pozno v avgustu in v začetku septembra. Spada med srednje bujne sorte jablane. Cveti pozno in je dobra opravevalka. Občutljiva je na škrlup, srednje občutljiva je na zimski mraz in plesen. Meso te sorte je rumenkasto do

kremasto, hrustljivo, zelo čvrsto in sočno. Okus je sladek in aromatičen. Na voljo je veliko klonov z večjim deležem krovne barve. Pri nas so najbolj znani 'Royal Gala', 'Mitchgala' in 'Galaxy'. Spada med glavne sorte slovenskega sadnega izbora (Godec in sod. 2007; Štampar in sod., 2009; Viršček Marn in Stopar, 1998).

3.4.1.3 Sorta 'Fuji'

'Fuji' je japonska diploidna sorta, križanec sorte 'Ralls Janet' in 'Rdeči delišes'. Ime 'Fuji' je dobila po najvišji japonski gori. Vzgojena je bila leta 1939 na raziskovalni postaji v Morioki. V pridelavo so jo uvedli leta 1962. Sorta 'Fuji' zori v drugi polovici oktobra, dva do tri tedne za sorto 'Zlati delišes'. Občutljiva je na hrušev ožig, manj pa na škrlup in pepelasto plesen. Meso te sorte je rumenkasto do kremasto, čvrsto, zelo sočno, sladkastega okusa, občutek sladkosti je še izrazitejši zaradi majhne vsebnosti kislin. Na japonskem, kjer je ta sorta zelo priljubljena, poznajo več kot sto njenih mutantov: 'Fuji Isshi', 'Naga-Fu 1', 'Naga-Fu 2', 'Naga-Fu 6', 'Naga-Fu 12', 'Yataka', 'Kiku 8', 'Mori Ho Fu 1' in 'Aki-Fu'. Ločimo klone, ki so progasto rdeči, in tipe, ki so prelito rdeči (Godec in sod., 2007; Viršček in Stopar, 1998).

Klon 'Fuji kiku 8' je odbral Alois Braun leta 1990 v Aomori na Japonskem. Plodovi so od 80 do 90 % pokriti z rdečo prižasto krovno barvo. Plodovi so privlačnejši v primerjavi s standardom. Po izkušnjah z raziskovalne postaje v Laimburgu (Južna Tirolska) so plodovi klona 'Fuji kiku 8' obarvani tudi na delu ploda, ki ni izpostavljen soncu oziroma je v senci. Trenutno je 'Fuji kiku 8' najbolj razširjen tip sorte 'Fuji' v Evropi. Spada med glavne sorte slovenskega sadnega izbora (Godec in sod., 2007).

3.4.1.4 Podlaga M9

Podlaga M9 (Malling 9) je med šibko rastočimi podlagami ('M 27', 'M 26') najbolj razširjena v intenzivnih nasadih. Odbrali so jo iz vrste *Mallus pumila* var. *paradisiaca* na raziskovalni postaji East Malling v Veliki Britaniji leta 1914. V pridelavo so jo uvedli leta 1917.

Drevesa na tej podlagi dosežejo 2,5 m višine in potrebujejo oporo. Raste na težkih in lažjih tleh, najbolj pa ji ustrezajo globoka humozna, zmerno vlažna, zračna in propustna tla. Drevesa, cepljena na to podlago, obilno in zgodaj rodijo. Plodovi so debeli in lepo obarvani (Štampar in sod., 2009).

Podlaga M9 je občutljiva za jablanovo pepelovko, jablanov škrlup, zelo je občutljiva za hrušev ožig in krvavo uš. Močno odganja koreninske izrastke in pogosto jo napade voluhar (Jazbec in sod., 1995). Sorazmerno je odporna proti gnilobi koreninskega vratu. Podlaga je občutljiva na nizke temperature, še posebej na zimsko pozebo (Štampar in sod., 2009).

3.5 METODE DELA

3.5.1 Zasnova poskusa

Liste in plodove smo vzorčili leta 2007 in 2008. V poskus so bila vključena drevesa jabolane sorte 'Braeburn', 'Gala' in 'Fuji'. V poskus so bila vključena drevesa, ki so bila po rasti in rodnosti izenačena. Polovico dreves je prekrivala protitočna mreža, polovica je bila izven nje. Drevesa za poskus so bila izbrana z naključnim izborom.

3.5.1.1 Vzorčenje listov

Na naključno izbrani listih smo izvajali naslednje meritve:

- meritev vsebnosti klorofila s klorofilmetrom,
- spektrofotometrično merjenje vsebnosti klorofila v listih.

Za povprečni vzorec smo uporabili liste iz različnih tipov enoletnega lesa (brstič, brstika, rodna šiba). Listi so bili polno razviti, dobro osvetljeni, brez vidnih poškodb zaradi škodljivcev in bolezni. V hladilni torbi smo vzorce prenesli v laboratorij in jih shranili v zamrzovalniku pri -20 °C.

3.5.1.2 Vzorčenje plodov

Na naključno izbranih plodovih smo izvajali naslednje meritve:

- meritev vsebnosti posameznih antocianov v kožici plodov,
- spektrofotometrično merjenje vsebnosti klorofila v kožici plodov.

Izbrani plodovi so bili primerljivega položaja v krošnji glede osvetlitve in iz primerljive starosti rodne lesa, brez mehanskih poškodb ali poškodb zaradi bolezni in insektov. Pred pričetkom izvajanja meritev je bila na peclje teh plodov pripeta oznaka s šifro, sestavljena iz oznake zaporedne številke plodu in obravnavanja (pod mrežo ali izven mreže). Analizirali smo plodove v tehnološki zrelosti. Po skladiščenju smo kožico plodov do analize shranili v zamrzovalniku pri -20 °C.

3.5.2 Ugotavljanje vsebnosti klorofila s SPAD-502 klorofilmetrom

Pri ugotavljanju klorofila v listih s klorofilmetrom smo opravili meritve na drevesu, ne da bi odstranili list. Listi so bili vzorčeni na sončen dan leta 2007 v dveh terminih (5. julij 2007 in 16. avgust 2007), leta 2008 pa v enem terminu (12. avgust 2008).

Na vsakem drevesu po obravnavanju smo naključno izbrali 3 liste in na vsakem listu opravili 3 meritve s klorofilmetrom, kar na eno obravnavanje znaša 45 meritev.

3.5.2.1 Minolta SPAD-502 klorofilometer

SPAD 502 je prenosna naprava, s katero lahko v trenutku in brez poškodbe tkiva merimo relativno količino klorofila, ki je v tistem trenutku v listu jabolane. Vzorčenja so lahko pogosta in jih je možno ponoviti, če so rezultati dvoumni. Izmerjene vrednosti (t. i. vrednosti SPAD) so ocena vsebnosti klorofila (Bullock in sod., 1995).

Klorofil absorbira rdečo svetlobo, delovanje klorofilometra pa temelji na povezavi med količino absorbirane rdeče svetlobe (610–680 nm) in količino transmittirane svetlobe skozi list. Več kot je absorbirane svetlobe, več klorofila je v rastlini (Francis in Piekielik, 2004).

3.5.3 Spektrofotometrično merjenje fotosinteznih pigmentov v listih in kožici plodov

Vsebnost klorofilov a in b ter karotenoidov smo merili spektrofotometrično po metodi, ki jo je opisal Welburn (1994).

Iz mesta na listu, kjer smo izmerili SPAD vrednosti, smo hkrati vzeli s pomočjo plutovrta listni disk premera 4,0 mm. Vzorce smo dali v označene papirnate vrečke in jih shranili v zamrzovalniku na -20 °C za nadaljnje spektrofotometrično merjenje klorofila v listih.

S pomočjo plutovrta smo iz kožice plodov vzeli del kožice premera 4,0 mm. Vzorce smo dali v označene papirnate vrečke in jih shranili v zamrzovalniku na -20 °C za nadaljnje spektrofotometrično merjenje klorofila v plodovih.

1,5 ml ependorfke smo najprej napolnili z 0,5 ml organskega topila dimetilsulfoksid (DMSO) ((CH₃)₂SO). Nato smo dodali listne diske ali diske kožice plodov premera 4,0 mm in kristale magnezijevega hidroksikarbonata (4MgCO₃ * Mg(OH)₂ * 5H₂O). Ta ima nalogo preprečevanja feofitinizacije, saj ustvari dovolj veliko koncentracijo magnezija (Mg) v okolju, da ne pride do vezave vodikovih (H⁺) ionov na mesta magnezijevih (Mg²⁺) ionov in nastanka feofitina (molekule klorofila brez centralnega Mg iona).

Zaradi boljše ekstrakcije smo zmečkali tkivo s posebno palčko in vzorec dodatno prelili z 0,5 ml DMSO. Vzorce smo nato postavili v odprtih ependorfkah v vodno kopel na 65 °C za dve uri.

Postopek pripravljanja vzorcev za ekstrakcijo mora potekati zelo hitro, ker so pigmenti občutljivi na svetlobo (fotolabilni) in visoko temperaturo in lahko hitro razpadejo.

Po končani ekstrakciji smo počakali, da so se vzorci ohladili na sobno temperaturo (v temi), in šele takrat smo na spektrofotometru izmerili absorpcijo pri 480 (karotenoidi), 649 (klorofil b) in pri 665 (klorofil a) nm valovne dolžine.

Nato smo izračunali količino fotosinteznih pigmentov (klorofila a, klorofila b in karotenoidov) v ekstraktu (eks.) po Wellburnu (1994).

Enačbe za določanje klorofila (a, b) in karotenoidov po Welburnu (1994):

$$\text{klorofil a v eks. } (\mu\text{g/ml eks.}) = 12,19 \times A665 - 3,45 \times A649 \quad \dots (1)$$

$$\text{klorofil b v eks. } (\mu\text{g/ml eks.}) = 21,99 \times A649 - 5,32 \times A665 \quad \dots (2)$$

$$\text{karotenoidi v eks. } (\mu\text{g/ml eks.}) = (1000 \times A480 - 2,14 \times \text{klorofil a} - 70,16 \times \text{klorofil b}) / 220 \quad \dots (3)$$

$$\text{Vsebnost pigmentov } * (\mu\text{g/mm}^2 \text{ eks.}) = (\text{fotointezni pigmenti v eks. } (\mu\text{g/ml}) \times V_{\text{org. t.}} (\text{ml})) / \text{površina listnega diska } (\text{mm}^2) \quad \dots (4)$$

* klorofil a, klorofil b, karotenoidi

3.5.4 Priprava vzorcev za določanje vsebnosti antocianov v kožici plodov

Vzorci za analizo posameznih antocianov v kožici smo pripravili tako, da smo kožico zmleli v terilnici s pomočjo tekočega dušika in v 50 ml centrifugirke zatehtali 3,0 g kožice. To smo prelili z 20 ml metanola (MeOH), kateremu je bila dodana 3 % mravljična kislina (HCOOH) in 1 % 2,6-di-*tert*-butil-4-metil-fenol (BHT). Centrifugirke smo nato za eno uro postavili na temno v ultrazvočno kopel, v katero smo ves čas dodajali led, da ni prišlo do pregrevanja vzorcev, s čemer smo tudi upočasnili oksidacijske procese. Po končani ekstrakciji smo vzorce centrifugirali 7 min pri 10.000 obratih/min. Supernatant smo prefiltrirali skozi poliamidni filter Chromafil[®] s premerom por 0,45 μm v vialo. Pripravljene vzorce smo shranili pri -20 °C do analize na HPLC. Metoda je povzeta po Escarpa in Gonzalez (2000).

3.5.5 Analiza s pomočjo tekočinske kromatografije visoke ločljivosti (HPLC)

Analiza vsebnosti antocianov s pomočjo HPLC je bila izvedena na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Namen tekočinske kromatografije visoke ločljivosti (HPLC) je ločiti posamezne komponente vzorca, jih identificirati in izmeriti njihovo koncentracijo v vzorcu. Kakovost ločevanja je odvisna od več dejavnikov: stacionarne faze, mobilne faze, temperature, dimenzije kolone itd. Za vse kromatografske metode velja, da je ločevanje spojin posledica zadrževanja le-teh na/v stacionarni fazi (HPLC nekaj osnov, 2009).

3.5.6 Meritve vsebnosti antocianov s HPLC

Antociane smo analizirali na tekočinskem kromatografu modela Surveyor Thermo Finnigan (San Jose, ZDA). Uporabljena je bila kolona Phenomenex Gemini C₁₈ (150 x 4,60 mm 3 μm) pri temperaturi 25 °C. Analiza je potekala pod kromatografskimi pogoji (Escarpa in Gonzalez, 2000). Antociane smo merili pri valovni dolžini 530 nm. Ločevanje fenolnih sojin je potekalo z mešanjem dveh mobilnih faz. Volumen injiciranega vzorca je bil 20 μl in hitrost pretoka 1 ml/min. Čas analize je bil 45 min.

Fenolne spojine v vzorcih smo kvalitativno ugotavljali s pomočjo standardnih raztopin (po retencijskem času, absorpcijskem maksimumu v UV spektru in dodatku standardne raztopine vzorcu) in kvantitativno na osnovi primerjave površine vrhov na kromatografu glede na standardne raztopine. Koncentracije fenolnih spojin smo izračunali iz površine vrhov na kromatogramu za vzorce in ustrezne standarde. Analiza na HPLC sistemu je bila opravljena na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

3.5.7 Statistična analiza

Podatke, ki smo jih dobili z meritvami in izračuni, smo uredili s pomočjo Microsoft Office Excel 2007. Podatke smo statistično obdelali s pomočjo programa Stathgraphic Plus for Windows 4.0. Razlike med obravnavanji smo testirali s pomočjo t-testa pri 5 % tveganju ($p < 0,05$). Statistično značilne razlike smo označili s črkami. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike, so označena z isto črko. V preglednicah in slikah so podane povprečne vrednosti in standardne napake za opazovani parameter.

V diplomskem delu so rezultati predstavljeni v preglednicah in slikah.

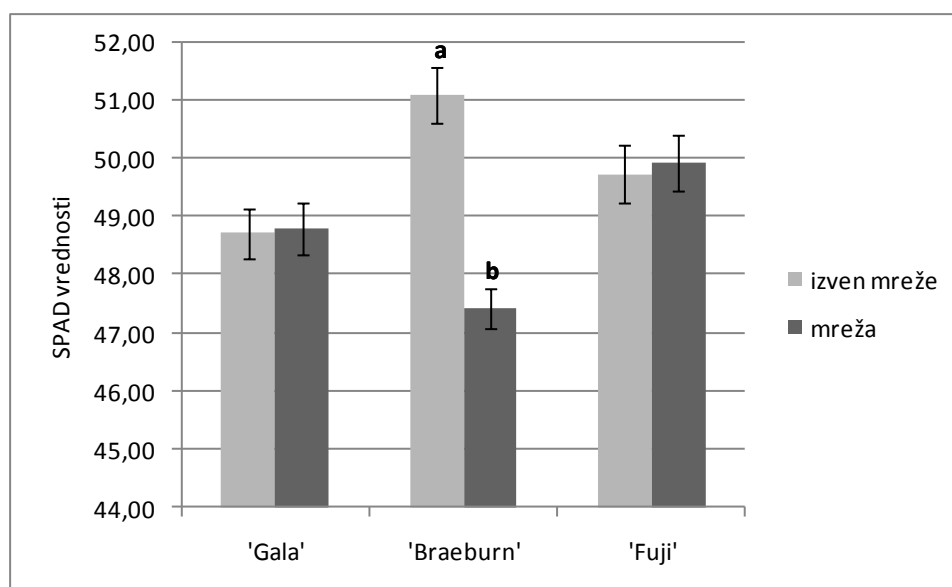
4 REZULTATI

4.1 ANALIZA LISTOV

Rezultate analiz, SPAD vrednosti, spektrofotometrične vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v listih in v kožici plodov jablane smo statistično obdelali in jih predstavili v preglednicah in slikah. Vsebnost klorofila a, klorofila b in karotenoidov smo izrazili v $\mu\text{g}/\text{mm}^2$ lista.

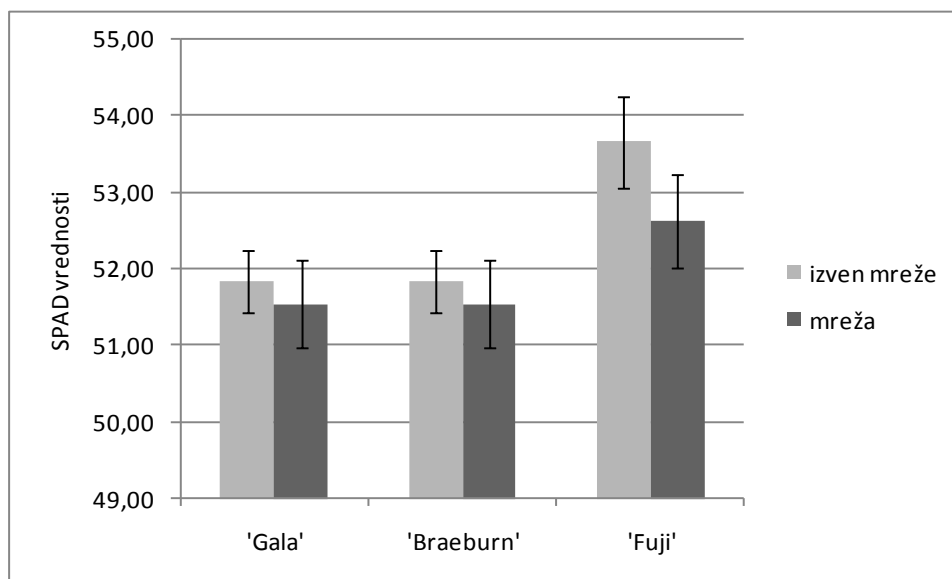
4.1.1 SPAD vrednosti

Iz priloge A1 in slike 7 je razvidno, da med izmerjenimi SPAD vrednostmi pod protitočno mrežo in izven nje v prvem terminu leta 2007 nismo zaznali statistično značilnih razlik pri sortah jablane 'Gala' in 'Fuji'. SPAD vrednost je bila malenkost višja pod protitočno mrežo pri sortah jablane 'Gala' in 'Fuji', vendar ne statistično značilno. Statistično značilno razliko med obravnavanji smo zaznali pri sorti jablane 'Braeburn'. SPAD vrednost je bila izven protitočne mreže za 3,68 (SPAD vrednost) višja kot pod protitočno mrežo.



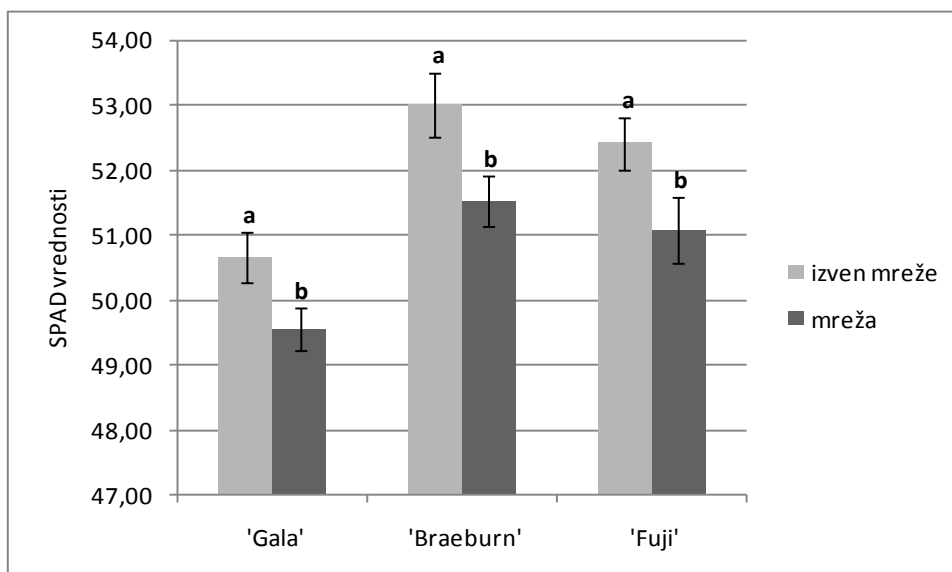
Slika 7: Povprečne SPAD vrednosti, izmerjene na listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v prvem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

Izmerjene SPAD vrednosti so bile pri vseh sortah jablane v drugem terminu leta 2007 višje izven protitočne mreže (priloga A1, slika 8). Vendar so razlike tako majhne, da statistično značilna razlika med obravnavanji ne obstaja.



Slika 8: Povprečne SPAD vrednosti, izmerjene na listih jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' ± standardna napaka v drugem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

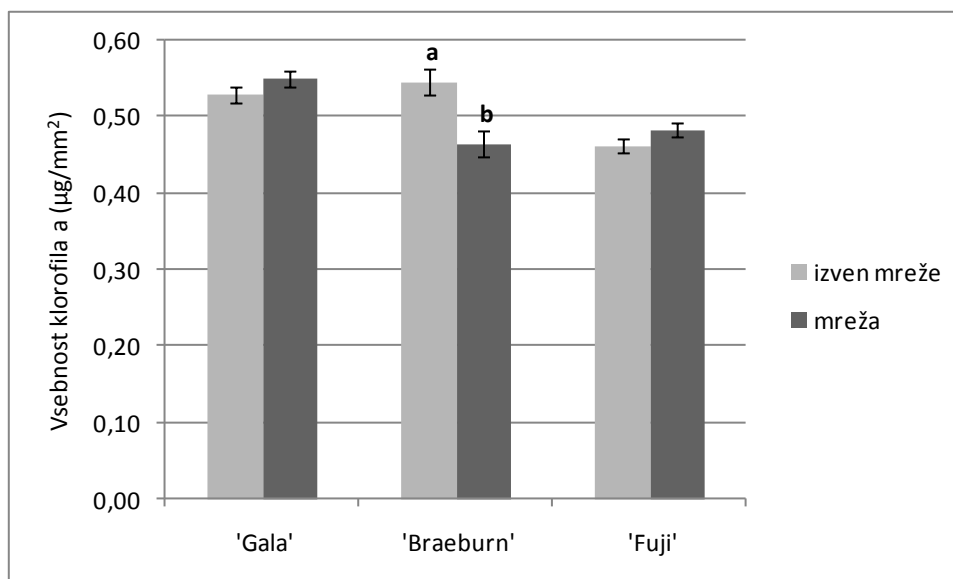
Primerjava SPAD vrednosti v letu 2008 pod protitočno mrežo in izven nje je pokazala statistično značilno razliko (priloga A2, slika 9). SPAD vrednosti so bile pri vseh sortah jablan pod protitočno mrežo nižje kot izven mreže. SPAD vrednosti so bile pod protitočno mrežo pri sorti jabolane 'Gala' nižje za 1,1 (SPAD vrednost), pri sorti jabolane 'Braeburn' nižje za 1,5 (SPAD vrednost), pri sorti jabolane 'Fuji' pa za 1,3 (SPAD vrednost) nižje kot izven protitočne mreže.



Slika 9: Povprečne SPAD vrednosti, izmerjene na listih jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' ± standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

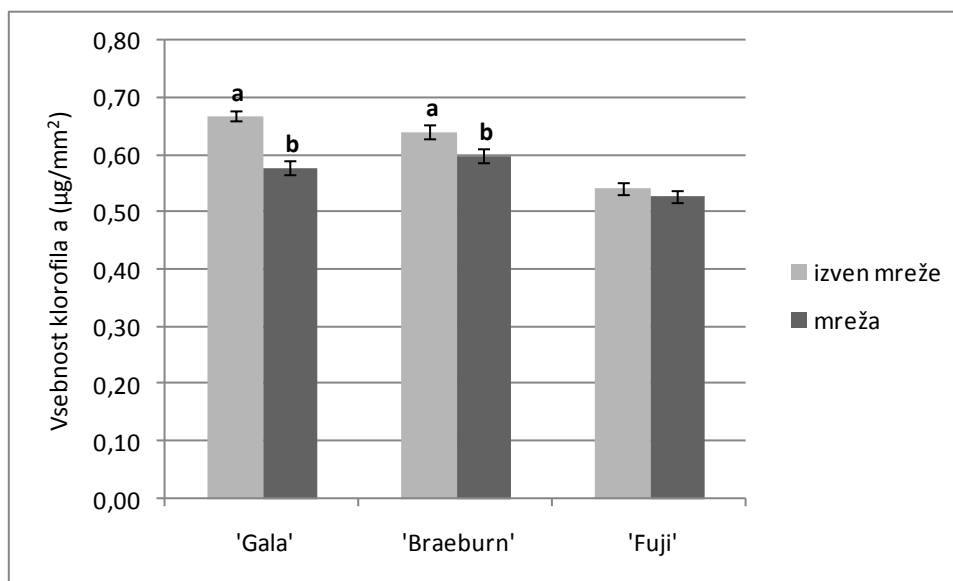
4.1.2 Spektrofotometrične vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v listih

V prvem terminu leta 2007 pri sortah jablane 'Gala' in 'Fuji' med obravnavanji nismo zaznali statistično značilnih razlik v vsebnosti klorofila a v listih (priloga B1, slika 10). V tem terminu smo zaznali statistično značilno razliko med obravnavanji le pri sorti jablane 'Braeburn'. Vsebnost klorofila a je bila izven mreže za $0,09 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ večja kot pod protitočno mrežo.



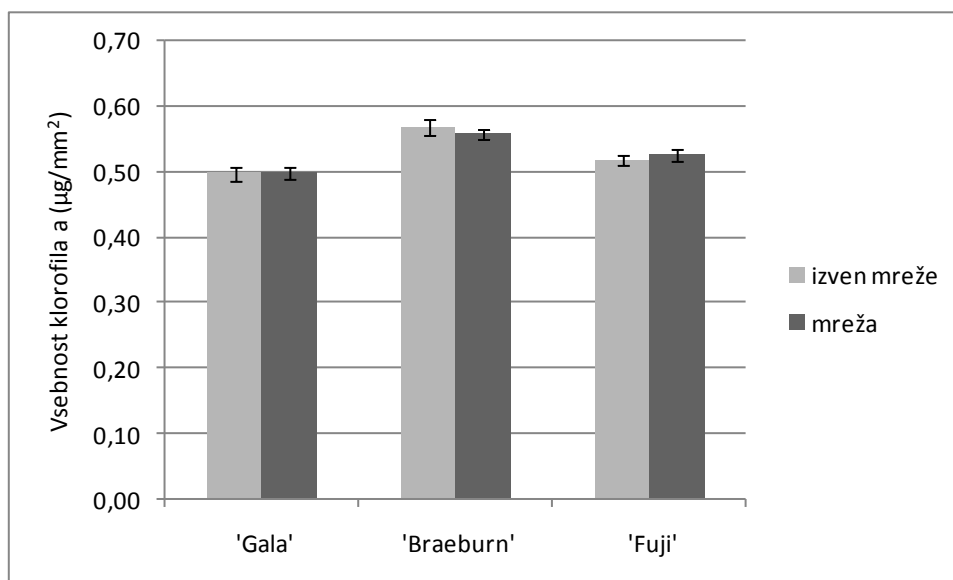
Slika 10: Povprečna vsebnost klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v prvem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

V drugem terminu leta 2007 nismo zaznali statistično značilne razlike v vsebnosti klorofila a le pri sorti jablane 'Fuji'. Pri sortah jablane 'Gala' in 'Braeburn' smo v drugem terminu leta 2007 zaznali statistično značilno razliko (priloga B1, slika 11). Vsebnost klorofila a je bila pri sorti jablane 'Gala' izven mreže za $0,09 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ večja kot pod protitočno mrežo. Vsebnost klorofila a je bila pri sorti jablane 'Braeburn' izven mreže za $0,04 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ večja kot pod protitočno mrežo.



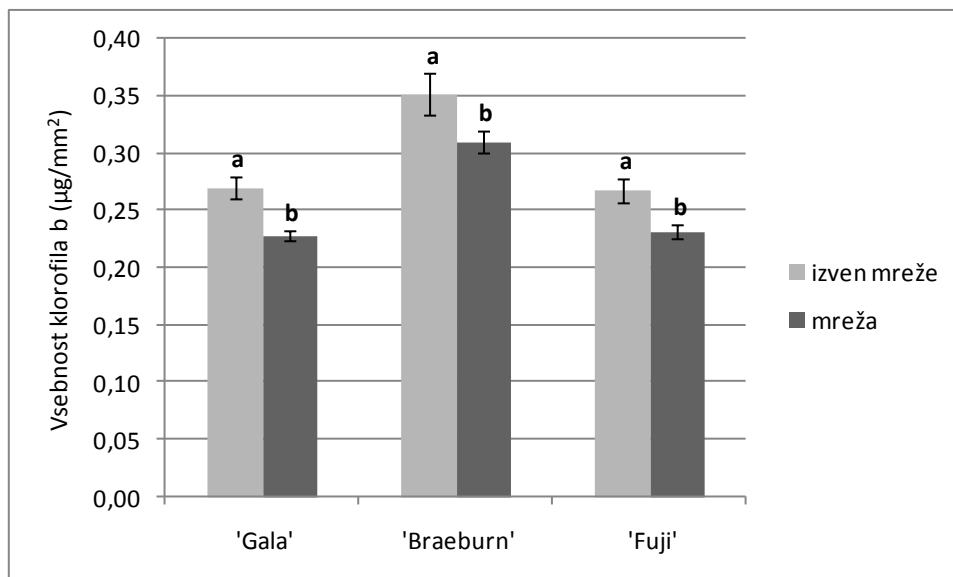
Slika 11: Povprečna vsebnost klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v drugem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

Primerjava vsebnosti klorofila a pod protitočno mrežo in izven mreže nam v letu 2008 pokaže, da med obravnavanji ni statistično značilnih razlik (priloga B2, slika 12).



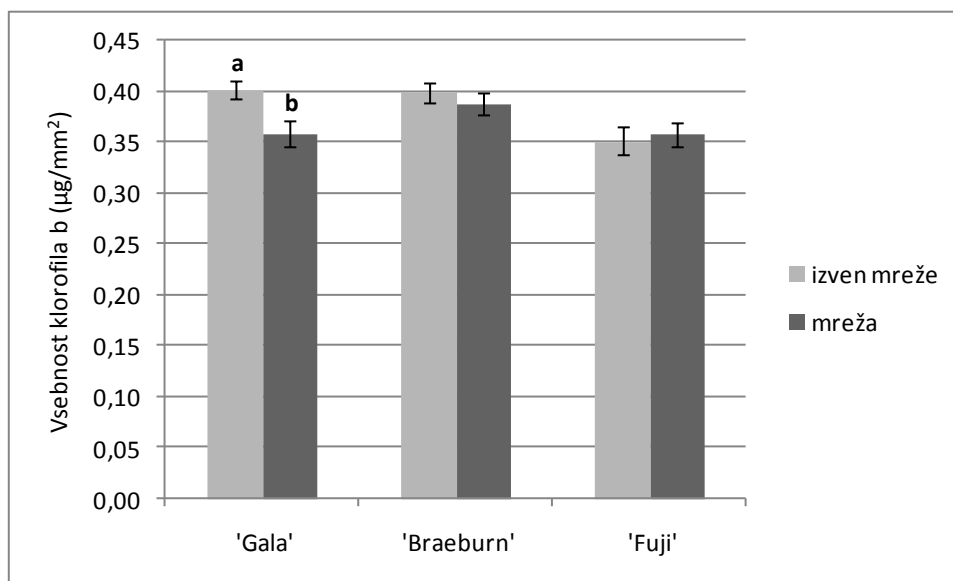
Slika 12: Povprečna vsebnost klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

Primerjava vsebnosti klorofila b v listih jabolane pod protitočno mrežo in izven mreže nam pokaže, da med obravnavanji obstaja statistično značilna razlika v prvem terminu leta 2007 (priloga C1, slika 13). Vsebnosti klorofila b so pod protitočno mrežo nižje kot izven nje.



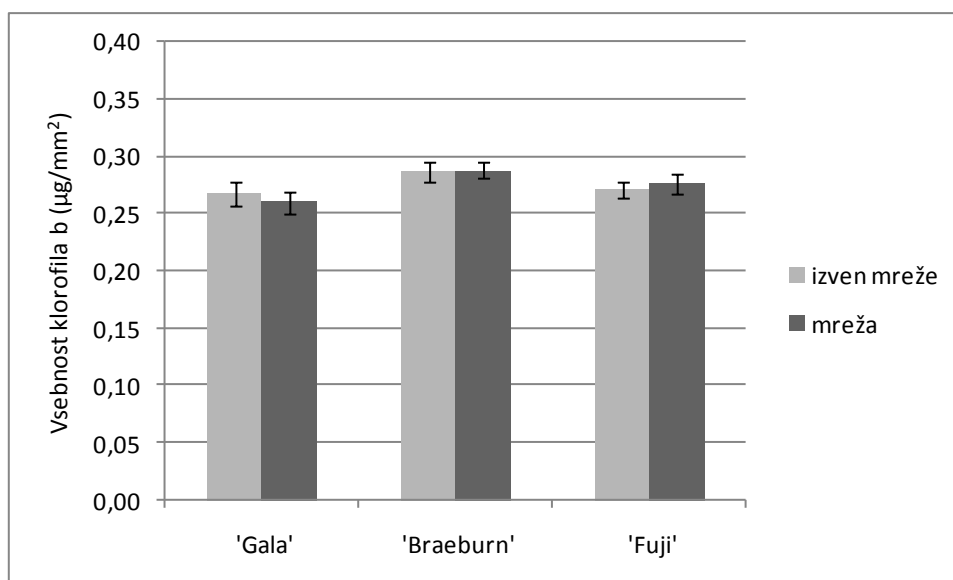
Slika 13: Povprečna vsebnost klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v prvem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

V drugem terminu leta 2007 obstaja statistično značilna razlika v vsebnosti klorofila a le pri sorti jabolane 'Gala'. Vsebnost klorofila b je pri sorti jabolane 'Gala' pod protitočno mrežo za $0,04 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ manjša kot izven protitočne mreže (priloga C1, slika 14). Pri sortah jabolane 'Braeburn' in 'Fuji' je vsebnost klorofila b v drugem terminu leta 2007 manjša pod protitočno mrežo. Vendar so razlike tako majhne, da ne obstaja statistično značilna razlika med obravnavanji.



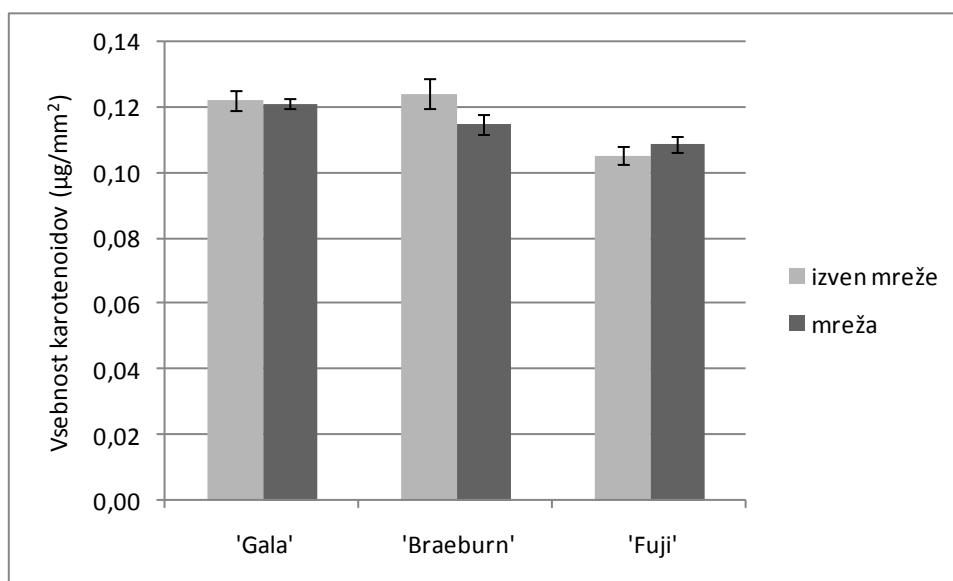
Slika 14: Povprečna vsebnost klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v drugem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

Primerjava vsebnosti klorofila b v rastni dobi 2008 v listih jabolane pod protitočno mrežo in izven nje nam pokaže, da med obravnavanji ni statistično značilnih razlik (priloga C2, slika 15).



Slika 15: Povprečna vsebnost klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

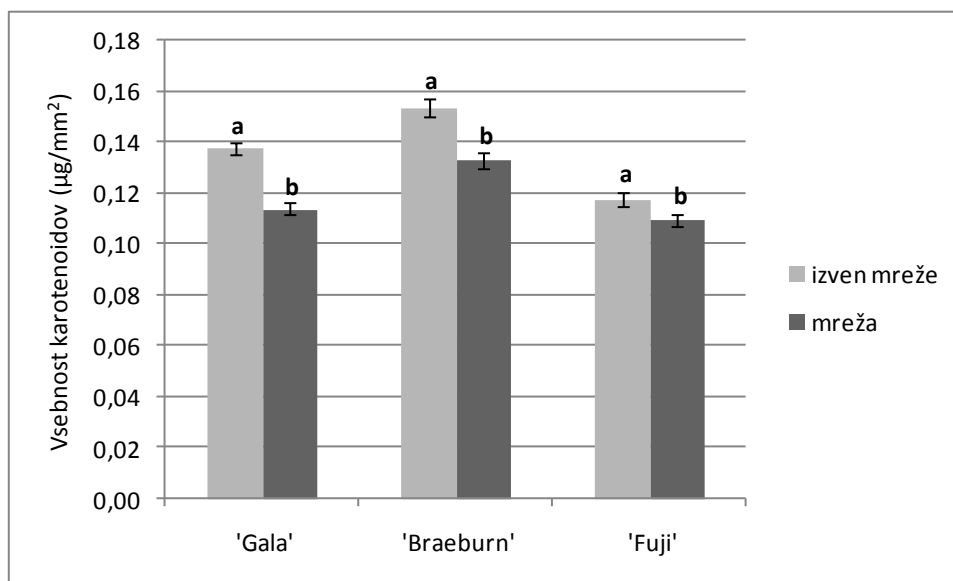
Primerjava vsebnosti karotenoidov v prvem terminu leta 2007 v listih jablane pod protitočno mrežo in izven protitočne mreže nam pokaže, da med obravnavanji ni statistično značilnih razlik (priloga D1, slika 16). Vsebnost karotenoidov je večja izven protitočne mreže pri sortah jablane 'Gala' in 'Braeburn'. Pri sorti jablane 'Fuji' je vsebnost karotenoidov manjša izven protitočne mreže kot pod protitočno mrežo. Vendar so razlike tako majhne, da ne obstaja statistično značilna razlika med obravnavanji.



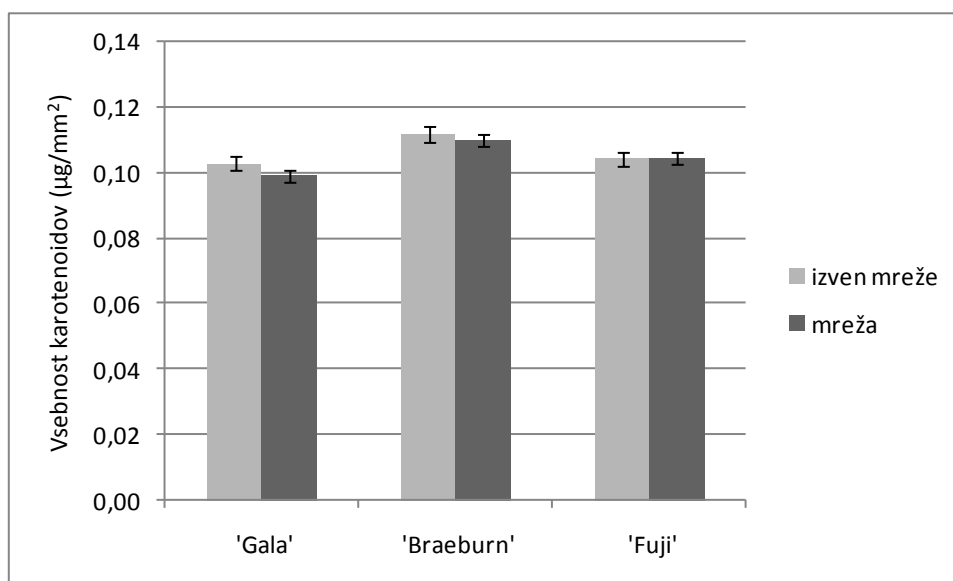
Slika 16: Povprečna vsebnost karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v prvem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

Primerjava vsebnosti karotenoidov v drugem terminu leta 2007 v listih jablane pod protitočno mrežo in izven mreže je pokazala statistično značilno razliko (priloga D1, slika 17). V listih pod protitočno mrežo je bila vsebnost karotenoidov pri vseh sortah nižja kot izven nje. Vsebnost karotenoidov je bila pod protitočno mrežo pri sorti jablane 'Gala' nižja za $0,023 \mu\text{g}/\text{mm}^2$, pri sorti jablane 'Braeburn' za $0,02 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ in pri sorti jablane 'Fuji' za $0,008 \mu\text{g}/\text{mm}^2$.

Primerjava vsebnosti karotenoidov v rastni dobi 2008 v listih jablane pod protitočno mrežo in izven protitočne mreže nam pokaže, da med obravnavanji ni statistično značilnih razlik (priloga D2, slika 18). Vsebnost karotenoidov je pri vseh sortah jablane izven protitočne mreže malenkost višja kot pod mrežo. Razlika v prid vsebnosti karotenoidov pod protitočno mrežo se pojavi le pri sorti jablane 'Fuji'. Vendar so razlike tako majhne, da ne obstaja statistično značilna razlika med obravnavanji.



Slika 17: Povprečna vsebnost karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v drugem terminu leta 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji



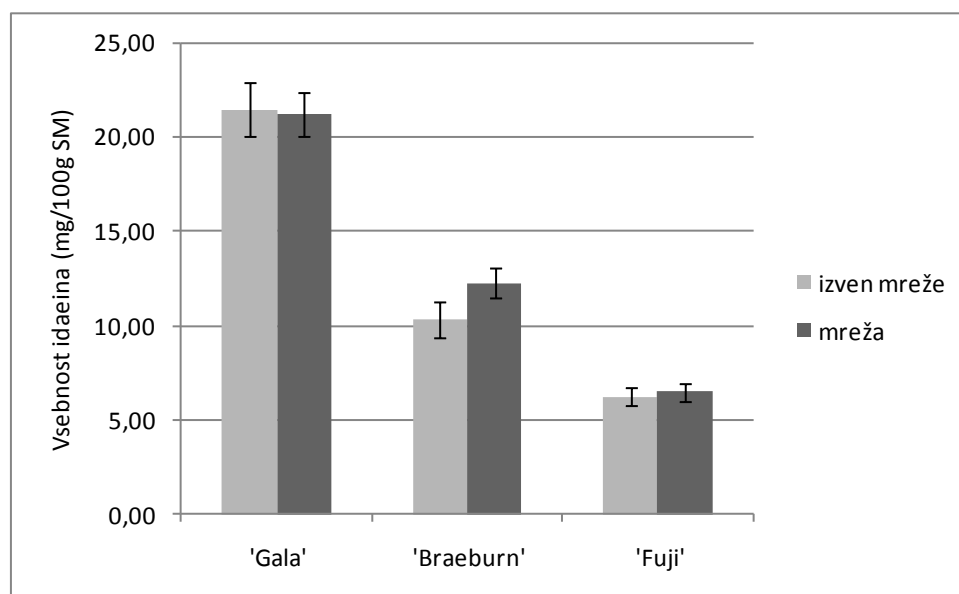
Slika 18: Povprečna vsebnost karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

4.2 ANALIZA PLODOV

Rezultate analiz, vsebnosti antocianov v kožici plodov, SPAD vrednosti in spektrofotometrične vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v listih in v kožici plodov jabolane smo statistično obdelali in jih predstavili v preglednicah in slikah. Vsebnost antocianov smo izrazili v ekvivalentih idaeina v mg/100 g SM. Vsebnost klorofila a, klorofila b in karotenoidov smo izrazili v $\mu\text{g}/\text{mm}^2$.

4.2.1 Antociani

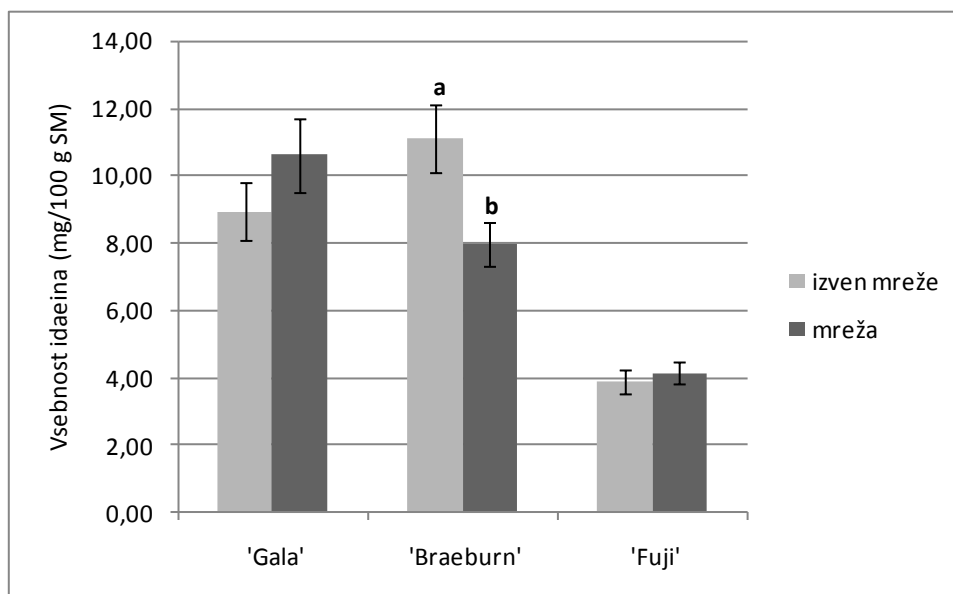
V letu 2007 pri nobeni sorti nismo zaznali statistično značilnih razlik med obravnavanji (priloga E1, slika 19). V rezultatih smo zaznali nekoliko zmanjšane vsebnosti idaeina pri sorti jabolane 'Gala' pod mrežo. Prav tako smo zaznali nekoliko povečane vsebnosti idaeina pri sortah jabolane 'Braeburn' in 'Fuji' pod mrežo. Vendar so razlike tako majhne, da ne obstaja statistično značilna razlika med obravnavanji in lahko potrdimo, da črna protitočna mreža v letu 2007 ni vplivala na obarvanost plodov jabolane.



Slika 19: Vsebnost idaeina (povprečje \pm SN v mg/100 g SM) v kožici plodov različnih sort jabolane v rastni dobi 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

Pri sortah jabolane 'Gala' in 'Fuji' v letu 2008 med obravnavanji prav tako nismo zaznali statistično značilne razlike (priloga E2, slika 20). V rezultatih je zaznana tendenca zelo blagega povečanja vsebnosti idaeina pri sortah jabolane 'Gala' in 'Fuji' pod mrežo. Vendar so razlike tako majhne, da ne obstaja statistično značilna razlika med obravnavanji in lahko potrdimo, da črna protitočna mreža v letu 2008 ni vplivala na obarvanost plodov jabolane sorte 'Gala' in 'Fuji'.

V letu 2008 smo zaznali statistično značilno razliko med obravnavanji pri sorti jabolane 'Braeburn'. Vsebnost idaeina je bila izven protitočne mreže za 3,15 mg/100 g SM višja kot pod protitočno mrežo.

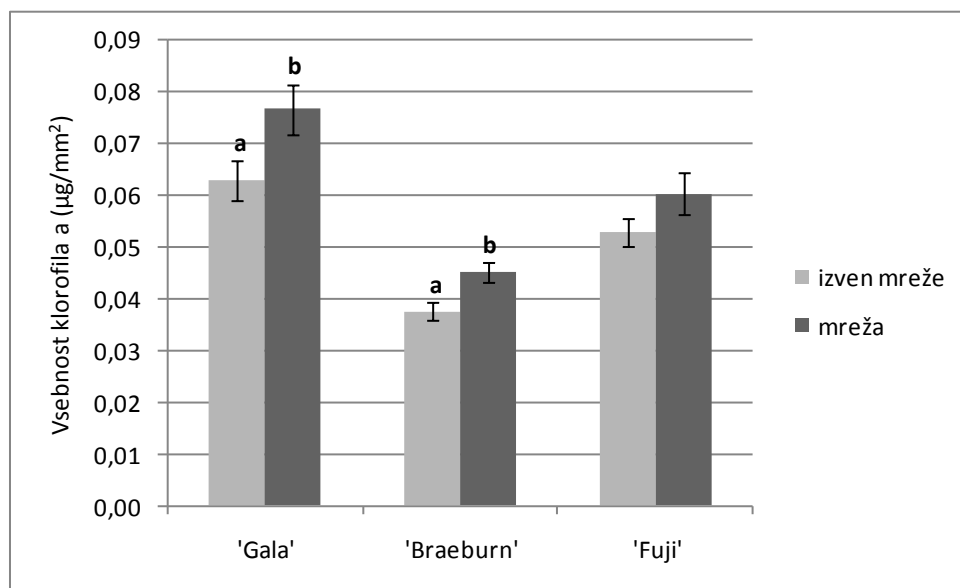


Slika 20: Vsebnost idaeina (povprečje \pm SN v mg/100g SM) v kožici plodov različnih sort jabolane v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

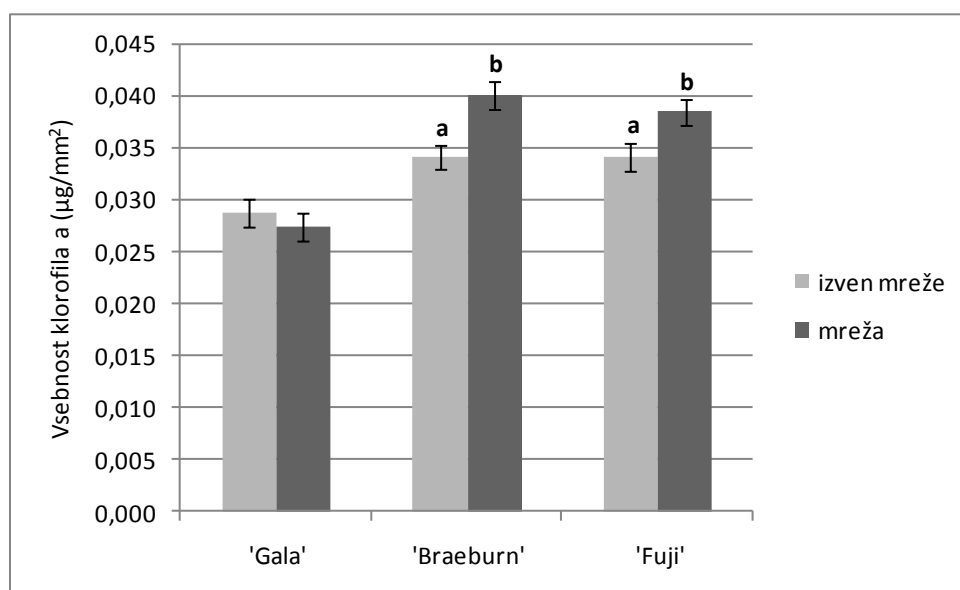
4.2.2 Spektorometrične vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v kožici plodov

Primerjava vsebnosti klorofila a v rastni dobi 2007 v kožici plodov jabolane pod protitočno mrežo in izven mreže je pokazala statistično značilno razliko pri sorti jabolane 'Gala' in 'Braeburn' (priloga F1, slika 21). Razen pri sorti jabolane 'Fuji' v rastni dobi 2007 nismo zaznali statistično značilne razlike. Vsebnost klorofila a je bila pod protitočno mrežo v vseh primerih višja kot izven mreže.

Primerjava vsebnosti klorofila a v rastni dobi 2008 v kožici plodov jabolane pod protitočno mrežo in izven nje je pokazala statistično značilno razliko pri sorti jabolane 'Braeburn' in 'Fuji' (priloga F2, slika 22). Pri sorti jabolane 'Gala' nismo zaznali statistično značilne razlike. Vsebnost klorofila a v kožici plodov je višja izven protitočne mreže le pri sorti jabolane 'Gala', pri kateri nismo zaznali statistično značilne razlike. Vsebnost klorofila a v kožici plodov je višja pod protitočno mrežo pri sortah jabolane 'Braeburn' in 'Fuji'.

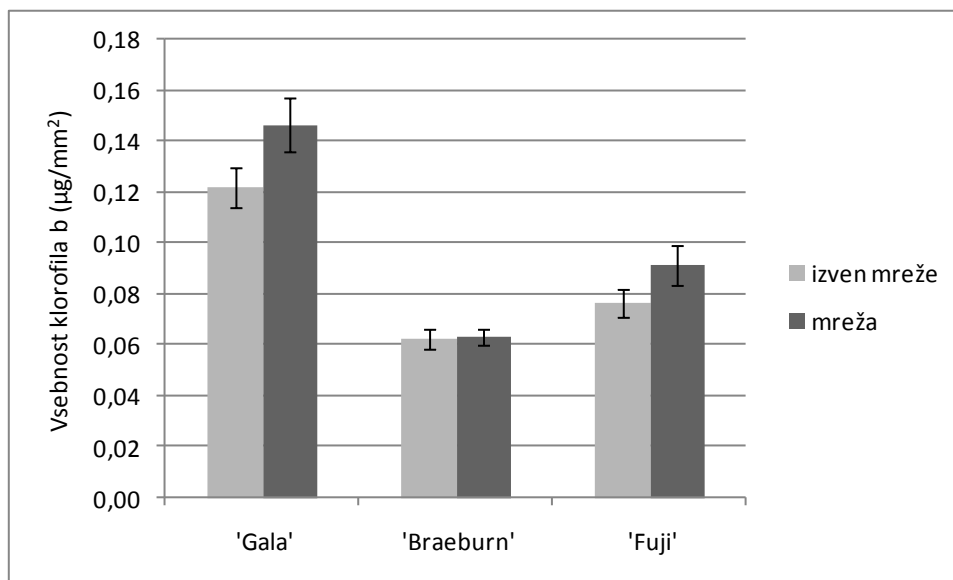


Slika 21: Povprečna vsebnost klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji



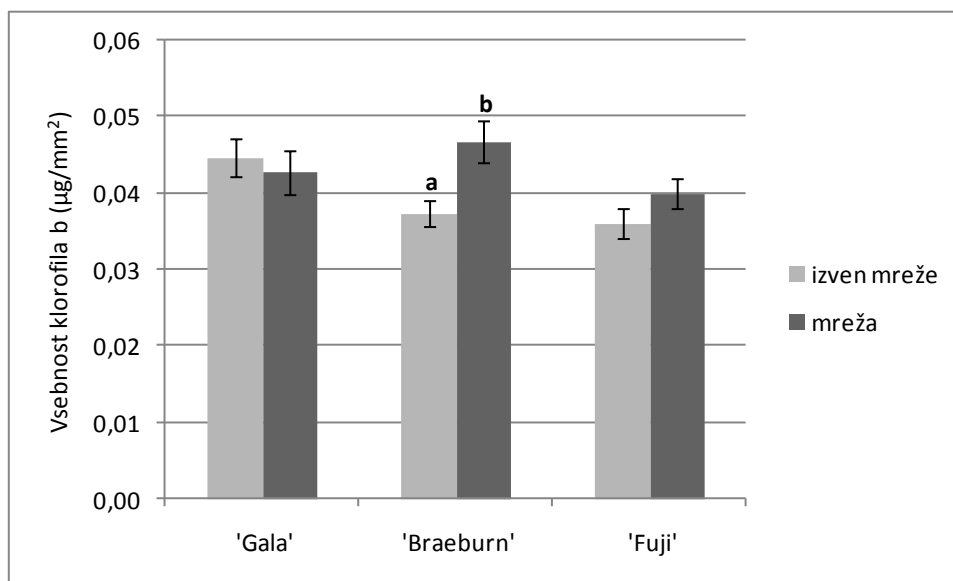
Slika 22: Povprečna vsebnost klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

Primerjava vsebnosti klorofila b v kožici plodov jablane v rastni dobi 2007 pod protitočno mrežo in izven protitočne mreže ne pokaže statistično značilne razlike (priloga G1, slika 23). Vsebnost klorofila b je višja pri vseh sortah jablane pod protitočno mrežo. Vendar je razlika tako majhna, da ne obstaja statistično značilna razlika.



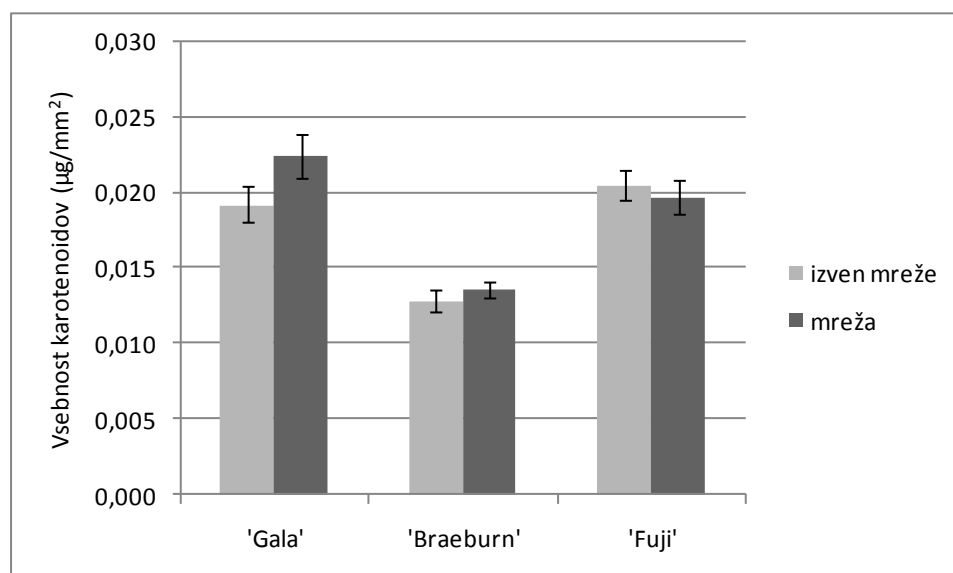
Slika 23: Povprečna vsebnost klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' v rastni dobi 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

V rastni dobi 2008 primerjava vsebnosti klorofila b v kožici plodov jablane pod protitočno mrežo in izven nje prav tako ne pokaže statistično značilne razlike pri sortah jablane 'Gala' in 'Fuji' (priloga G2, slika 24). Vsebnost klorofila b je pri sorti jablane 'Gala' malenkost nižja pod protitočno mrežo. Vsebnost klorofila b je pri sorti jablane 'Fuji' malenkost višja pod protitočno mrežo. Vendar so razlike tako majhne, da ne obstaja statistično značilna razlika med obravnavanjema. Statistično značilna razlika se pokaže v primerjavi vsebnosti klorofila b v letu 2008 v kožici plodov jablane pod protitočno mrežo in izven protitočne mreže pri sorti jablane 'Braeburn' (priloga G2, slika 24). Vsebnost klorofila a je pod protitočno mrežo za $0,01 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ višja kot izven mreže.



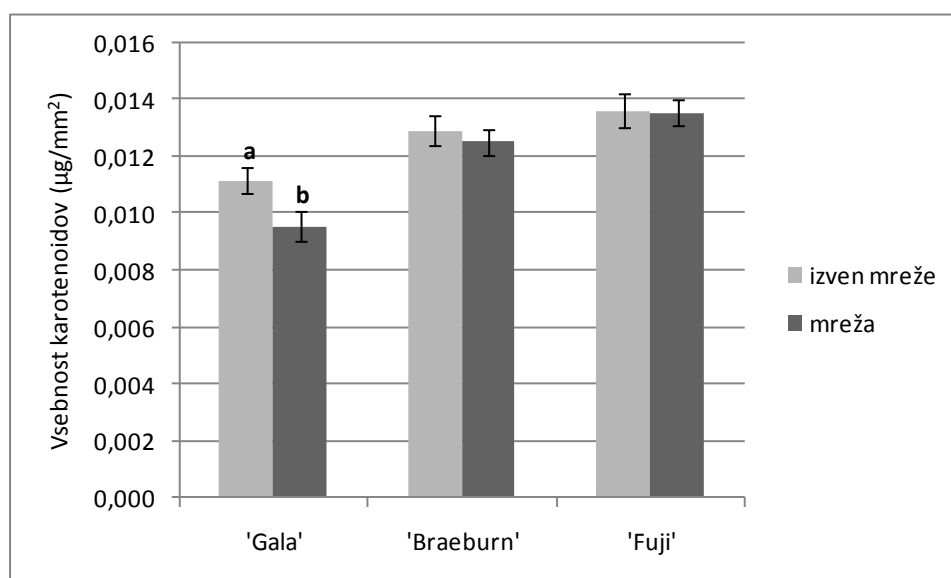
Slika 24: Povprečna vsebnost klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

Iz priloge H1 in slike 25 lahko vidimo, da med vsebnostmi karotenoidov v kožici plodov pod protitočno mrežo in izven protitočne mreže ni bilo statistično značilnih razlik. V rastni dobi 2007 je bila vsebnost karotenoidov malenkost višja pod protitočno mrežo pri sortah jabolane 'Gala' in 'Fuji' in malenkost nižja pod protitočno mrežo pri sorti jabolane 'Braeburn', vendar ne statistično značilno.



Slika 25: Povprečna vsebnost karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' v rastni dobi 2007. črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

Primerjava vsebnosti karotenoidov v kožici plodov v letu 2008 pod protitočno mrežo in izven protitočne mreže nam pokaže, da med obravnavanji ni bilo statistično značilnih razlik pri sorti jablane 'Braeburn' in 'Fuji' (priloga H2, slika 26). Statistično značilna razlika med obravnavanjema je bila pri sorti jablane 'Gala'. Vsebnost karotenoidov je bila pod protitočno mrežo za 0,001 $\mu\text{g}/\text{mm}^2$ nižja kot izven mreže.



Slika 26: Povprečna vsebnost karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

5 RAZPRAVA

V okviru našega poskusa smo analizirali vsebnosti antocianov v kožici plodov jabolane. Prav tako smo analizirali spektrofotometrične vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v listih in kožici plodov.

5.1 VSEBNOST FOTOSINTEZNIH PIGMENTOV V LISTIH

5.1.1 SPAD vrednosti

Svetloba vpliva na fotosintezo. Manj svetlobe vpliva na manjšo fotosintezo in s tem na manjši delež ogljikovih hidratov, potrebnih za sintezo antocianov in posledično na slabšo obarvanost plodov (Ubi in sod., 2006).

Fotosinteza je odvisna od vsebnosti klorofila v listih. Za natančno merjenje vsebnosti klorofila v listih so na voljo metode, ki zahtevajo ekstrakcijo klorofila z organskimi topili, centrifugiranje in uporabo spektrofotometra.

Naprava za oceno vsebnosti klorofila SPAD-502 pa omogoča hitro meritev. Posamezna meritev je opravljena v nekaj sekundah. Ocena vsebnosti klorofila nam omogoča, da posredno sklepamo na fotosintezno sposobnost lista.

Delovanje SPAD-502 klorofilmetra temelji na povezavi med količino absorbirane rdeče svetlobe, ki pospešuje sintezo klorofila, in količino transmitirane svetlobe skozi list (Francis in Pieklik, 2004).

Ugotovili smo, da se SPAD vrednosti pod protitočno mrežo in izven nje statistično razlikujejo v prvem terminu leta 2007 in v letu 2008. Izmerjene SPAD vrednosti so bile pod protitočno mrežo nižje kot izven mreže. Na podlagi tega lahko sklepamo, da protitočna mreža lahko vpliva na sintezo klorofila. Manjše SPAD vrednosti v listih pa se niso odrazile v slabši obarvanosti plodov pri sortah jabolane 'Gala' in 'Fuji'.

Razlog je lahko v zmanjšani osvetlitvi drevesne krošnje, lahko pa ga pripišemo tudi manjšemu številu ur sončnega obsevanja. Widmer (1997) je v svojih raziskavah ugotavljal, da se osvetlitev drevesne krošnje sredi dneva skozi protitočno mrežo zmanjša za dobrih 20 %. Ugotovil je, da je asimilacija listja malenkostno zmanjšana samo tiste dni, ko je nebo oblačno, v sončnih dneh se to ni zgodilo.

5.1.2 Spektrofotometrične vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v listih

Ugotovili smo, da se povprečne vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v listih pod protitočno mrežo in izven nje statistično razlikujejo samo v prvem in drugem terminu leta 2007. V letu 2008 med obravnavanjema ni bilo statistično značilnih razlik.

Tam, kjer se pojavljajo statistično značilne razlike, so pod protitočno mrežo vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov nižje kot izven protitočne mreže. Iz tega sklepamo, da protitočna mreža lahko vpliva na slabšo prepustnost svetlobe in tako tudi na manjšo

fotosintezo. Jakopič in sod. (2007) poročajo, da se fotosintezno aktivno sevanje zmanjša pod protitočno mrežo za 37,5 %.

Zaradi zmanjšanja osvetlitve pod črno protitočno mrežo se zmanjša neto fotosinteza. Osončeni listi imajo v primerjavi z osončenimi višje vrednosti neto fotosinteze, kar je posledica večjega vlaganja v proces fotosinteze (Larcher, 2003). Listi na drevesih, ki rastejo pod protitočno mrežo, bi se zaradi nekoliko zmanjšane osvetlitve lahko obnašali podobno kot osončeni listi.

Razlog je lahko v razlikah med osončenimi in osončenimi listi. Do razlik med osončenimi in osnčnimi rastlinami prihaja pri vsebnosti fotosinteznih pigmentov v listih. Osončeni listi vsebujejo kloroplaste, ki so prilagojeni na višje sevanje. Imajo večjo vsebnost klorofilov na enoto površine in višje vrednosti razmerja klorofila a/b (Lichtenthaler in sod., 2007).

5.2 VSEBNOST PIGMENTOV V KOŽICI PLODOV

5.2.1 Antociani

Količina in tvorba antocianov je pomembna, saj določa rdečo obarvanost plodov (Honda in sod., 2002).

Razvoj barve je odvisen od mnogih dejavnikov. Najpomembnejši so sorta, tehnologija pridelave (prehrana z minerali, ovesek, podlaga, rez, rastni regulatorji), dejavniki v času obiranja (zrelost, položaj na drevesu), skladiščenje (temperatura, atmosfera, vlaga, trajanje skladiščenja) in klimatske razmere. Med slednje spadajo svetloba, temperatura in vlažnost. Ti dejavniki imajo močan vpliv na vsebnost barvil v plodovih (Awad in sod., 2001).

Intenzivnost rdeče krovne barve je za potrošnika pri nakupu sadja zelo pomemben dejavnik. Z zrelostjo sadja se pojavi sortno značilna krovna barva, ki pa je odvisna tudi od vremenskih razmer, rodovitnosti zemlje in zrelosti ob obiranju (Abbott in sod., 2004).

V našem poskusu smo analizirali cianidin-3-galaktozid (idaein). Glavni glikozid cianidina v kožici je cianidin-3-galaktozid, medtem ko so cianidin-3-arabinosid, cianidin-3-glukozid in cianidin-3-ksilozid prisotni v manjših količinah (Lancaster, 1992). Po navedbah Jakopič in sod. (2007) kar 92 – 98 % antocianov v kožici plodov predstavlja ravno cianidin-3-galaktozid. Njihove vrednosti smo izrazili v ekvivalentih idaeina mg/100 g SM.

Plodovi, ki so različno razporejeni po krošnji, sprejemajo tudi različno količino reflektivne svetlobe. V intenzivnem nasadu največkrat uporabljamo protitočne mreže, ki so pogosto črne barve in tako zmanjšajo količino svetlobe, ki prispe do drevesnih krošenj (Jakopič in sod., 2007).

Pri poskusu smo ugotovili, da se vsebnost antocianov pod protitočno mrežo in izven nje ne razlikuje pri vseh obravnavanih sortah jablane v rastni dobi 2007. Vsebnost antocianov se pod protitočno mrežo in izven mreže prav tako ne razlikuje v rastni dobi 2008 pri sortah jablane 'Gala' in 'Fuji'. Do razlik prihaja pri sorti jablane 'Braeburn' v rastni dobi 2008, saj so bile vrednosti antocianov pod protitočno mrežo statistično značilno manjše.

Dokazano je, da se rdeča obarvanost plodov pojavi skupaj z akumulacijo antocianov. Sinteza teh pigmentov je odvisna od okolja in razmer, v katerih drevo raste. Predvsem je pomembna svetloba in temperatura. 'Braeburn' zori sredi oktobra, ko je sevanje zmanjšano, tako da postane obarvanje plodov resen problem. Razlog je lahko v nižjem številu ur sončnega obsevanja in višjih temperaturah zraka med barvanjem plodov, kar močno vpliva na zmanjšano sintezo antocianov.

Nekoliko manjše razlike med maksimalno in minimalno temperaturo zraka so lahko tudi delen vzrok za kasnejšo in zmanjšano obarvanost plodov. Solomakhin in Blanke (2008) poročata, da se pod mrežo maksimalna temperatura zmanjša za 0,2 °C, vendar le v sončnih dneh.

Prav tako lahko na obarvanje plodov pri sorti jabolane 'Braeburn' vpliva povečano senčenje, saj so sadilne razdalje manjše kot pri sortah jabolane 'Gala' in 'Fuji'.

5.2.2 Spektrofotometrične vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v kožici plodov

Ugotovili smo, da se povprečne vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v kožici plodov pod protitočno mrežo in izven protitočne mreže statistično razlikujejo v rastni dobi 2007 in 2008.

Tam, kjer se pojavljajo statistično značilne razlike, so pod protitočno mrežo vsebnosti fotosinteznih pigmentov višje kot izven protitočne mreže. Iz tega lahko sklepamo, da so plodovi pod protitočno mrežo nekoliko kasneje zreli in so se klorofili kasneje razgrajevali. Pri neobravnanih sortah jabolane, kot je 'Granny Smith', je ta lastnost zaželeno.

Vsebnost fotosinteznih pigmentov pod protitočno mrežo se je odrazila v večji vsebnosti klorofila in s tem v bolj zeleni osnovni barvi plodov, ni pa vplivala na rdečo krovno barvo plodov, zlasti pri sortah jabolane 'Gala' in 'Fuji'. Tudi Solomakhin in Blanke (2007) sta v poskusu na jabolani sorte 'Elstar' ugotovila, da so plodovi pod protitočno mrežo vsebovali večje vsebnosti klorofila kot izven mreže.

6 SKLEPI

V dvoletnem poskusu smo proučevali vpliv črne protitočne mreže na obarvanost plodov sorte jabolane 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji', cepljene na podlago M9. Zanimale so nas predvsem razlike med vsebnostjo idaeina v kožici plodov, SPAD vrednosti v listih, vsebnost fotosinteznih pigmentov v listih in kožici plodov pod protitočno mrežo in izven protitočne mreže.

Glede na rezultate poskusa smo prišli do naslednjih sklepov:

- ugotovili smo, da so plodovi pod protitočno mrežo vsebovali večje vsebnosti klorofila kot izven protitočne mreže. Kljub temu pa to ni vplivalo na krovno barvo plodov. Zlasti se je to pokazalo pri sortah jabolane 'Gala' in 'Fuji', manj pa pri sorti jabolane 'Braeburn';
- izmerjene SPAD vrednosti in vsebnosti klorofila so bile tam, kjer prihaja do statistično značilnih razlik, nižje pod protitočno mrežo kot izven protitočne mreže. Na podlagi tega lahko sklepamo, da protitočna mreža lahko vpliva na sintezo klorofila, vendar je to odvisno od sorte jabolane, rastne dobe in sadilne razdalje. Nižje SPAD vrednosti v listih pod protitočno mrežo pa niso vplivale na obarvanost plodov pri sortah jabolane 'Gala' in 'Fuji';
- povprečne vsebnosti fotosinteznih pigmentov v listih so tam, kjer prihaja do statistično značilnih razlik, pod protitočno mrežo nižje kot izven mreže. To je verjetno posledica slabše prepustnosti protitočnih mrež za svetlobo, kar lahko vpliva na manjšo fotosintezo;
- na podlagi naših dvoletnih rezultatov, zlasti pri sortah 'Gala' in 'Fuji', lahko trdimo, da protitočna mreža ni vplivala na slabšo obarvanost plodov. S tem smo zmanjšali strah pred negativnimi posledicami protitočne mreže na zunanjo kakovost plodov;
- negativni vpliv protitočne mreže se je v letu 2008 izrazil pri sorti 'Braeburn'. V kožici plodov v tehnološki zrelosti je bila manjša vsebnosti idaeina (mg/100 g SM). Na ta rezultat je vplivalo tudi dejstvo, da so bila drevesa sorte 'Braeburn' sajena gosteje, kot ostali dve sorti v poskusu.

V nadaljnjih raziskavah bi lahko proučili obarvanost plodov s prenosnim kolorimetrom na najbolj rdeče obarvanem delu ploda. Tako bi lahko daljši čas in bolj natančno spremljali razvoj krovne in osnovne barve plodov. Glede na naše rezultate s klorofilmetrom bi bilo potrebno bolj natančno in pogostejše vzorčenje listov. Tako bi lahko spremljali, kako se SPAD vrednosti in vsebnosti fotosinteznih pigmentov spreminjajo skozi rastno dobo. Prav tako bi lahko proučili položaj ploda v krošnji, razlike med senčno in sončno stranjo drevesne krošnje ter obremenitev dreves s plodovi. Zanimivo bi bilo proučiti, kakšen učinek ima protitočna mreža na vegetativno rast in notranjo kakovost plodov.

7 POVZETEK

Prekrivanje nasada s protitočno mrežo spremeni osvetlitev dreves in tako vpliva na velikost fotosinteze, s tem pa na kakovost plodov (obarvanost).

V Sadjarskem centru Maribor – Gačnik smo v letu 2007 in 2008 proučevali vpliv protitočne mreže na obarvanost plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji', cepljenih na podlago M9. V poskus smo vključili dve obravnavanji po deset dreves jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji'. Eno obravnavanje je zajemalo drevesa izven protitočne mreže, drugo obravnavanje pa drevesa pod protitočno mrežo.

V letu 2007 smo liste vzorčili dvakrat (5. 7. 2007 in 16. 8. 2007), v letu 2008 pa enkrat (12. 8. 2009). Na listih jablane smo merili vsebnost klorofila s pomočjo spektrofotometra in SPAD vrednosti z Minolta SPAD-502 klorofilmetrom.

V kožici plodov smo merili vsebnost klorofila s pomočjo spektrofotometra in določali vsebnost antocianov s pomočjo metode HPLC.

V dvoletnem poskusu smo ugotovili, da protitočna mreža samo delno vpliva na obarvanost plodov pri sorti jablane 'Braeburn'. Pri sorti jablane 'Gala' in 'Fuji' protitočna mreža ne vpliva na obarvanost plodov.

Višja vsebnost klorofilov v povrhnjici plodov pod protitočno mrežo lahko nakazuje na nekoliko zakasnjeno razgrajevanje klorofilov in kasnejše pridobivanje krovne barve plodov. To se je pokazalo zlasti pri sorti jablane 'Braeburn', manj pa pri sortah jablane 'Gala' in 'Fuji'.

Protitočna mreža delno vpliva na sintezo klorofila, saj so izmerjene SPAD vrednosti v listih tam, kjer prihaja do statistično značilnih razlik, pod protitočno mrežo nižje kot izven nje, kar pa ne vpliva na obarvanost plodov pri sortah jablane 'Gala' in 'Fuji'.

Protitočna mreža delno vpliva na vrednosti vsebnosti fotosinteznih pigmentov v listih. Vrednosti so tam, kjer prihaja do statistično značilnih razlik, pod protitočno mrežo nižje kot izven nje. Prav tako ni zaznani vsebnosti idaeina med obravnavanjema pri sortah jablane 'Gala' in 'Fuji'. Razlog je lahko v razlikah med senčnimi in sončnimi listi.

V dvoletnem poskusu smo ugotovili, da protitočna mreža samo delno vpliva na obarvanost plodov, in to pri sorti jablane 'Braeburn'. Za potrditev rezultatov našega poskusa bi bila potrebna dolgotrajnejša raziskava, ki bi vključevala natančnejše in pogostejše vzorčenje listov. Prav tako bi lahko proučili položaj ploda v krošnji in določali obarvanost plodov s prenosnim kolorimetrom in tako spremljali razvoj barve skozi daljše časovno obdobje.

8 VIRI

- Abbott J. A., Saftner R. A., Gross K. C., Vinyard B. T., Janick J. 2004. Consumer evaluation and quality measurement of fresh-cut slices of 'Fuji', 'Golden Delicious', 'GoldRush', and 'Granny Smith' apples. *Postharvest Biology and Technology*, 33: 127-140
- Abram V. 2000. Antioksidativno delovanje flavonoidov. V: *Antioksidanti v živilstvu*. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 23-32
- Abram V., Simčič M. 1997. Fenolne spojine kot antioksidanti. *Farmacevtski vestnik*, 48: 573-589
- Awad M. A., Wagenmakers P. S., Jager A. 2001. Effect of light on flavonoid and chlorogenic acid level in the skin of 'Jonagold' apples. *Scientia Horticulturae*, 88: 289-298
- Blanke M. M. 2007. Farbige Hagelnetze: Ihre Netzstruktur sowie Licht- und UV-Durchlässigkeit bestimmen die Ausfärbung der Apfel-früchte. *Erwerbs-Obstbau*, 49: 127-139
- Blanke M. M. 2009. The structure of colored hail nets affects light transmission, light spectrum, phytochrome and apple fruit colouration. *Acta Horticulturae*, 817: 177-184
- Bullock D., Bollero G., Anderson D. 1995. Evaluation of the Minolta SPAD-520 chlorophyll meter for on-farm N management of corn in Illionis. <http://frec.cropsci.illinois.edu/1995/report14/> (oktober 2010)
- Escarpa A., Gonzalez M. C. 2000. Optimization strategy and validation of one chromatographic method as approach to determine the phenolic compounds from different sources. *Journal of Chromatography A*, 897: 161-170
- Francis D. D., Piekielek W. P. 2004. Assessing crop nitrogen needs with chlorophyll meters. <http://www.ipni.net> (oktober 2010)
- Godec B., Hudina M., Usenik V., Fajt N., Koron D., Solar A., Vesel V., Ambrožič Turk B., Vrhovnik I. 2007. *Sadni izbor za Slovenijo 2006*. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 72 str.
- Honda C., Kotoda N., Wada M., Kondo S., Kobayashi S., Soejima J., Zhang Z., Tsuda T., Moriguchi T. 2002. Anthocyanin biosynthetic genes are coordinately expressed during red coloration in apple skin. *Plant Physiology and Biochemistry*, 40: 955-962

HPLC nekaj osnov. 2009

<http://www.scribd.com/doc/15501111/HPLC-Nekaj-Osnov-> (oktober 2010)

Hribar J. 1989. Spremembe kemičnih in mehaničnih lastnosti jabolk sorte Jonagold pri različnih pogojih skladiščenja. Doktorska disertacija. Ljubljana, BF, VTOZD za živilsko tehnologijo: 4-23.

Jakopič J., Veberič R., Štampar F. 2007. The effect of reflective foil and hail nets on the lighting, color and anthocyanins of 'Fuji' apple. *Scientia Horticulturae*, 115: 40-46

Jazbec M., Vrabl S., Juvanc J., Babnik M., Koron D. 1995. Sadni vrt. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 375 str.

Kajfež-Bogataj L. 2004. Toča in obramba pred njo. V. Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu 2004, Čatež od Savi, Slovensko agronomsko društvo: 115-122

Lancaster J. E., 1992. Regulation of skin color in apples. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 10: 487-502

Lancaster J. E., Grant J.E., Lister C.E., Taylor M. C. 1994. Skin colour in apples—influence of copigmentation and plastid pigments in shade and darkness of red colour in five genotypes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119: 63-69

Larcher W. 2003. *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*, 4th ed., Berlin, Springer: 513 str.

Lehninger A.L. 1993. *Principles of biochemistry*. Second edition. New York: 1104 str.

Lichtenthaler H. K., Ač A., Marek M. V., Kalina J., Urban O. 2007. Differences in pigment composition, photosynthetic rates and chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45: 577-588.

Macheix J.-J., Fleuriet A., Billot J. 1990. *Fruit phenolics*. Boca Raton, CRC Press: 392 str.

Mesečni bilten. MOP, Agencija RS za okolje. 2007. 14, 1-12

Mesečni bilten. MOP, Agencija RS za okolje. 2008. 15, 1-12

Pfeiffer M., Jankovič P. 2004. Obvladovanje tveganja pri pridelavi sadja s pomočjo protitočnih mrež sisteme Wiesel. Zbornik referatov 1. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo. Krško 24.-26. marec 2004. Hudina M. (ur.). Ljubljana, Strokovno sadjarsko društvo Slovenije: 249-253

Palmer J. W., Warrington I. J. 2000. Underlying principles of successful apple planting Systems. *Acta Horticulturae*, 513: 357-363

- Perez A. G., Olias R., Espada J., Olias J. M., Sanz C. 1997. Rapid determination of sugars, nonvolatile acids and ascorbic acid in strawberry and other fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 3545-3549
- "Podatki za meteorološko postajo Maribor za obdobje 1961 do 1990". 2010. Ljubljana, Agencija RS za okolje, Oddelek za meteorologijo (izpis iz baze podatkov).
- Solomakhin A., Blanke M. M. 2008. Coloured hailnets alter light transmission, spectra and phytochrome, as well as vegetative growth, leaf chlorophyll and photosynthesis and reduce flower induction of apple. *Plant Growth Regulation*, 56: 211-218
- Solomakhin A., Blanke M. M. 2007. Overcoming adverse effects of hailnets on fruit quality and microclimate in an apple orchard. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 2625-2637
- Sušnik A., Pogačar T. 2008. Spremembe pri preprečevanju toče in ravnanju ob neurjih s točo v kmetijstvu. Ljubljana, Uprava RS za zaščito in reševanje: 1-8
<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2009/064.pdf> (oktober 2010)
- Štampar F. 2008. Slovensko sadjarstvo. V: Zbornik referatov 2. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo. Krško 31.januar – 2.februar 2008. Hudina M. (ur.). Ljubljana, Strokovno sadjarsko društvo Slovenije: 17-22
- Štampar F., Hudina M., Usenik V., Šturm K., Viršček Marn M., Batič F. 1999. Influence of leaf area on net photosynthesis, yield and flower bud formation in apple (*Malus domestica* Borkh.). *Phyton*, 39: 101-106
- Štampar F., Lešnik M., Veberič R., Solar A., Koron D., Usenik V., Hudina M., Osterc G. 2009. Sadjarstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 416 str.
- Taiz L., Zaiger E. 2002. *Plant physiology*. 3th edition. USA, Sunderland, (Massachusetts), Sinauer Associates: 690 str.
- Ubi B. E., Honda C., Bessho H., Kondo S., Wada M., Kobayashi S., Moriguchi T. 2006. Expression analysis of anthocyanin biosynthetic genes in apple skin: Effect of UV-B and temperature. *Plant Science*, 170: 571-578
- Usenik V., Osterc G., Mikulič-Petkovšek M., Trobec M., Veberič R., Colarič M., Solar A., Štampar F. 2004. The involvement of phenolic compounds in the metabolism of fruit trees. V: Razprave IV. Razreda SAZU. Ljubljana, SAZU: 187-204
- Veberič R. 2010. Bioactive compounds in fruit plants. Ljubljana, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty (november 2010)
http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2712/Bioactive_compounds_in_fruit_plants_-_Veberic.pdf

- Veberič R., Trobec M., Herbinger K., Hofer M., Grill D., Štampar F. 2005. Phenolic compounds in some apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars of organic and integrated production. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 85: 1687-1694
- 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
- Vercammen J., P. Van Laer, D. Van Leeuw, 1998. Les filets anti-grele: premiere experience en Belgique. *Le fruit Belgique*, 473: 91-94
- Vercammen J. 1999. Les filets anti-grele: premiere experience en Belgique. *Le fruit Belgique*, 482: 170-172
- Viršček Marn M., Stopar M. 1998. Sorte jabolok. Ljubljana, Kmečki glas: 211 str.
- Vodnik D. 2001. Fiziologija rastlin: praktične vaje: univerzitetni študij. Ljubljana, Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta: 56 str.
- Vodnik D. 2004. Meritve fotosinteze sadnih rastlin. V: Zbornik referatov 1. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo. Krško 24.-26. marec 2004. Hudina M. (ur.). Ljubljana, Strokovno sadjarsko društvo Slovenije: 119-123
- Wellburn A. R. september 1994. The spectral determination of chlorophyll-a and chlorophyll-b as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant physiology*, 144, 3: 307-313
- Widmer A. 1997. Lichtverhältnisse, Assimilation und Fruchtqualität unter Hagelnetzen. *Obst – Weinbau*, 133: 197-199
- Widmer A. 2001. Light intensity and fruit quality under hail protection nets. *Acta Horticulturae* 557: 421-426
- Zadavec P., Dornik B., Beber M., Germšek B., Unuk T., Tojnko S., Lešnik M., Ferjanc B. 2009. Odziv jablane in škodljivih organizmov na spremenjene razmere pod črno protitočno mrežo. V: Zbornik 5. Lombergarjevega sadjarskega posveta z mednarodno udeležbo. Maribor 11. december. Gutman-Kobal Z. in sod. (ur.). Maribor, KGZS-Zavod Maribor: 30-36

ZAHVALA

Za strokovno vodenje in koristne nasvete pri izdelavi diplomskega dela se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Robertu VEBERIČU.

Zahvaljujem se tudi članu komisije, prof. dr. Franciju ŠTAMPARJU, in predsednici komisije, prof. dr. Katji VADNAL, za dopolnila in pregled diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi mag. Petru ZADRAVCU in Sadjarskemu centru Maribor – Gačnik, za izvedbo praktičnega dela poskusa.

Hvala tudi vsem ostalim, ki so mi kakorkoli pomagali pri nastajanju tega dela.

PRILOGE

Priloga A

SPAD vrednosti

PRILOGA A1: Povprečne SPAD vrednosti, izmerjene na listih jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' ± standardna napaka v letu 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	5. 7. 2007		16. 8. 2007	
	izven mreže	mreža	izven mreže	mreža
'Gala'	48,72 ± 0,42	48,82 ± 0,45	51,84 ± 0,41	51,53 ± 0,57
'Braeburn'	51,11 ± 0,47 a	47,43 ± 0,36 b	51,84 ± 0,41	51,53 ± 0,57
'Fuji'	49,73 ± 0,50	49,95 ± 0,47	53,65 ± 0,59	52,61 ± 0,61

PRILOGA A2: Povprečne SPAD vrednosti, izmerjene na listih jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' ± standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	12. 8. 2008	
	izven mreže	mreža
'Gala'	50,67 ± 0,38 a	49,56 ± 0,32 b
'Braeburn'	53,02 ± 0,49 a	51,52 ± 0,39 b
'Fuji'	52,41 ± 0,40 a	51,08 ± 0,50 b

Priloga B

Vsebnosti klorofila a v listih jablane

PRILOGA B1: Povprečne vsebnosti klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	5. 7. 2007		16. 8. 2007	
	izven mreže	mreža	izven mreže	mreža
'Gala'	0,53 \pm 0,01	0,55 \pm 0,01	0,67 \pm 0,01 a	0,58 \pm 0,01 b
'Braeburn'	0,55 \pm 0,02 a	0,46 \pm 0,01 b	0,64 \pm 0,01 a	0,60 \pm 0,01 b
'Fuji'	0,46 \pm 0,01	0,48 \pm 0,01	0,54 \pm 0,01	0,53 \pm 0,01

PRILOGA B2: Povprečne vsebnosti klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	12. 8. 2008	
	izven mreže	mreža
'Gala'	0,50 \pm 0,01	0,50 \pm 0,01
'Braeburn'	0,57 \pm 0,01	0,56 \pm 0,01
'Fuji'	0,52 \pm 0,01	0,53 \pm 0,01

Priloga C

Vsebnosti klorofila b v listih jablane

PRILOGA C1: Povprečne vsebnosti klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	5. 7. 2007		16. 8. 2007	
	izven mreže	mreža	izven mreže	mreža
'Gala'	0,27 \pm 0,01 a	0,23 \pm 0,00 b	0,40 \pm 0,01 a	0,36 \pm 0,01 b
'Braeburn'	0,35 \pm 0,02 a	0,31 \pm 0,01 b	0,40 \pm 0,01	0,39 \pm 0,01
'Fuji'	0,27 \pm 0,01 a	0,23 \pm 0,01 b	0,35 \pm 0,01	0,36 \pm 0,01

PRILOGA C2: Povprečne vsebnosti klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	12. 8. 2008	
	izven mreže	mreža
'Gala'	0,27 \pm 0,01	0,26 \pm 0,01
'Braeburn'	0,29 \pm 0,01	0,29 \pm 0,01
'Fuji'	0,27 \pm 0,01	0,28 \pm 0,01

Priloga D

Vsebnosti karotenoidov v listih jablane

PRILOGA D1: Povprečne vsebnosti karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	5. 7. 2007		16. 8. 2007	
	izven mreže	mreža	izven mreže	mreža
'Gala'	0,122 \pm 0,003	0,121 \pm 0,002	0,137 \pm 0,002 a	0,114 \pm 0,002 b
'Braeburn'	0,124 \pm 0,005	0,115 \pm 0,003	0,153 \pm 0,004 a	0,133 \pm 0,003 b
'Fuji'	0,106 \pm 0,003	0,109 \pm 0,002	0,118 \pm 0,003 a	0,110 \pm 0,002 b

PRILOGA D2: Povprečne vsebnosti karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v listih jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v letu 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	12. 8. 2008	
	izven mreže	mreža
'Gala'	0,103 \pm 0,002	0,099 \pm 0,002
'Braeburn'	0,112 \pm 0,002	0,110 \pm 0,002
'Fuji'	0,104 \pm 0,002	0,105 \pm 0,002

Priloga E

Antociani v kožici plodov jablane

PRILOGA E1: Vsebnost idaeina (povprečje \pm SN v mg/100 g SM) v kožici plodov različnih sort jablane v rastni dobi 2007

sorta	izven mreže	mreža
'Gala'	21,46 \pm 1,45	21,15 \pm 1,17
'Braeburn'	10,31 \pm 0,97	12,27 \pm 0,83
'Fuji'	6,27 \pm 0,47	6,49 \pm 0,46

PRILOGA E2: Vsebnost idaeina (povprečje \pm SN v mg/100 g SM) v kožici plodov različnih sort jablane v rastni dobi 2008

sorta	izven mreže	mreža
'Gala'	8,92 \pm 0,86	10,61 \pm 1,09
'Braeburn'	11,11 \pm 1,00 a	7,96 \pm 0,63 b
'Fuji'	3,87 \pm 0,33	4,15 \pm 0,32

Priloga F

Vsebnost klorofila a v kožici plodov jablane

PRILOGA F1: Povprečne vsebnosti klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	izven mreže	mreža
'Gala'	0,063 \pm 0,004 a	0,077 \pm 0,005 b
'Braeburn'	0,038 \pm 0,002 a	0,045 \pm 0,002 b
'Fuji'	0,053 \pm 0,003	0,060 \pm 0,004

PRILOGA F2: Povprečne vsebnosti klorofila a ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	izven mreže	mreža
'Gala'	0,029 \pm 0,001	0,027 \pm 0,001
'Braeburn'	0,034 \pm 0,001 a	0,040 \pm 0,001 b
'Fuji'	0,034 \pm 0,001 a	0,038 \pm 0,001 b

Priloga G

Vsebnost klorofila b v kožici plodov jabolane

PRILOGA G1: Povprečne vsebnosti klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	izven mreže	mreža
'Gala'	0,122 \pm 0,008	0,147 \pm 0,010
'Braeburn'	0,062 \pm 0,004	0,063 \pm 0,003
'Fuji'	0,076 \pm 0,005	0,091 \pm 0,008

PRILOGA G2: Povprečne vsebnosti klorofila b ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jabolane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	izven mreže	mreža
'Gala'	0,045 \pm 0,003	0,043 \pm 0,003
'Braeburn'	0,037 \pm 0,002 a	0,047 \pm 0,003 b
'Fuji'	0,036 \pm 0,002	0,040 \pm 0,002

Priloga H

Vsebnost karotenoidov v kožici plodov jablane

PRILOGA H1: Povprečne vsebnosti karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2007. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	izven mreže	mreža
'Gala'	0,019 \pm 0,001	0,022 \pm 0,001
'Braeburn'	0,013 \pm 0,001	0,014 \pm 0,000
'Fuji'	0,021 \pm 0,001	0,020 \pm 0,001

PRILOGA H2: Povprečne vsebnosti karotenoidov ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) v kožici plodov jablane sorte 'Gala', 'Braeburn' in 'Fuji' \pm standardna napaka v rastni dobi 2008. Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med povprečji

sorta	izven mreže	mreža
'Gala'	0,011 \pm 0,000 a	0,010 \pm 0,001 b
'Braeburn'	0,013 \pm 0,001	0,013 \pm 0,000
'Fuji'	0,014 \pm 0,001	0,014 \pm 0,000