

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Gal MOTORE

**ODZIV HRUŠKE (*Pyrus communis* L.) SORTE
'VILJAMOVKA' NA TRETIRANJE S
PROHEKSADION-Ca**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Gal MOTORE

**ODZIV HRUŠKE (*Pyrus communis* L.) SORTE 'VILJAMOVKA' NA
TRETIRANJE S PROHEKSADION-Ca**

DIPLOMSKA NALOGA
Univerzitetni študij

**RESPONSE OF 'WILLIAMS' PEAR (*Pyrus communis* L.) ON
PROHEXADIONE-Ca TREATMENT**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2010

Diplomska naloga je zaključek Univerzitetnega študija agronomije. Delo je bilo opravljeno na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo. Terenski del diplomskega dela je bil opravljen v sadovnjaku v Hortikulturnem centru BF pri Novi Gorici.

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc BATIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

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

Član: prof. dr. Dominik VODNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Diplomski projekt je rezultat lastnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega projekta na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Gal Motore

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dn
- DK UDK 634.13:631.547.04 (043.2)
- KG AGRIS F08/F62
- AV MOTORE, Gal
- SA VEBERIČ, Robert (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2010
- IN ODZIV HRUŠKE (*Pyrus communis* L.) SORTE 'VILJAMOVKA' NA
TRETIRANJE S PROHEKSADION - Ca
- TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
- OP IX, 37 str., 12 sl., 49 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI V našem poskusu smo raziskovali vpliv škropljenja hrušk sorte 'Viljamovka' s proheksadion-Ca. Polovico od desetih dreves smo škropili s prohexadion-Ca, ostalo so predstavljala kontrolna drevesa. Zanimalo nas je, ali proheksadion-Ca deluje zaviralno na vegetativno rast hruške sorte 'Viljamovka', kako vpliva na vsebnost sladkorjev, organskih kislin in fenolnih snovi v plodovih in kako metabolizem fenolnih snovi v listih. Opazovali smo tudi, kako se vsebnost skupnih fenolov, hidroksicimetnih kislin in skupnih flavonolov v listih spreminja skozi rastno dobo. Izkazalo se je, da je škropljenje s proheksadion-Ca učinkovit način za zmanjšanje vegetativne rasti hrušk sorte 'Viljamovka'. Vsebnosti in razmerja sladkorjev in organskih kislin v pulpi in kožici plodov ostajajo po škropljenju primerljive kontroli, vsebnosti fenolnih snovi v pulpi in kožici plodov škropljenih in kontrolnih dreves se statistično ne razlikujejo. Po pričakovanju se vsebnost hidroksicimetnih kislin v listih škropljenih in kontrolnih dreves ni statistično značilno razlikovala. Vsebnost skupnih flavonolov se je v listih kontrolnih dreves v dveh terminih izkazala za statistično večjo. Vsebnosti skupnih fenolov v listih škropljenih dreves je v enem terminu statistično značilno manjša od vsebnosti v listih kontrolnih dreves.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Dn
- DC UDC 634.13:631.547.04(043.2)
- CX AGRIS F08/F62
- AU MOTORE, Gal
- AA VEBERIČ, Robert (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2010
- TY RESPONSE OF 'WILLIAMS' PEAR (*Pyrus communis* L.) ON
PROHEXADIONE-Ca TREATMENT
- DT Graduation thesis (University studies)
- NO IX, 37 p., 12 fig., 49 ref.
- LA sl
- Al sl/en
- AB The study investigated the response of 'Williams' pear (*Pyrus communis* L.) subjected to treatment with Prohexadion-Ca. Shoot growth and the contents of various metabolites in fruits and leaves were measured. Half of ten trees were treated with prohexadione-Ca and the rest represented control trees. Shoot growth was measured. The content of carbohydrates and organic acids in fruits and phenolic compounds in fruits and leaves were measured by high-performance liquid chromatography (HPLC). Variations of content of total phenolic compounds, hydroxycinnamic acids and total flavonols in leaves throughout the growing season were observed. Treatment with Prohexadione-Ca appears to be an effective method for reducing shoots growth of 'Williams' pear (*Pyrus communis* L.). Contents and ratios of sugars and organic acids in pulp and peel of fruit of treated trees remained comparable to that of control trees. As we expected there were no statistically significant differences between contents of hydroxycinnamic acids in leaves of treated and control trees. Contents of flavonols in leaves of treated trees are statistically lower than contents of flavonols in leaves of control trees in two periods. Total phenolic content in leaves of treated trees within one term was statistically lower from total phenolic content in leaves of control trees.

KAZALO VSEBINE

	Str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo slik	VII
Okrajšave in simboli	IX
1 UVOD	1
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2 NAMEN DELA	1
1.3 DELOVNA HIPOTEZA	1
2 PREGLED LITERATURE	2
2.1 URAVNAVANJE RASTI IN RODNOSTI RASTLIN	2
2.2 PROHEKSADION-Ca	4
2.3 FENOLNE SNOVI	6
2.4 OGLJIKOVI HIDRATI IN ORGANSKE KISLINE	7
2.4.1 Ogljikovi hidrati	7
2.4.2 Organske kisline	7
3 MATERIAL IN METODE DE LA	9
3.1 RASTLINSKI MATERIAL	9
3.1.1 Sorta 'Viljamovka'	9
3.1.2 Podlaga kutina BA 29	9
3.2 METODE DE LA	10
3.2.1 Zasnova poskusa	10
3.2.2 Merjenje enoletnega prirasta na obravnavanih drevesih	10
3.2.3 Vzorčenje rastlinskega materiala	10
3.2.4 Meritve vsebnosti sladkorjev in organskih kislin v plodovih hruške	10
3.2.4.1 Ekstrakcija sladkorjev in organskih kislin	10
3.2.4.2 HPLC analiza sladkorjev in organskih kislin	11
3.2.5 Meritve vsebnosti fenolnih snovi v listih in plodovih hruške	11
3.2.5.1 Ekstrakcija fenolov iz listov	11
3.2.5.2 Ekstrakcija fenolov iz kožice	11
3.2.5.3 Ekstrakcija fenolov iz pulpe	12

3.2.5.4	HPLC analiza fenolnih snovi	12
3.2.6	Statistična analiza	12
4	REZULTATI	13
4.1	ENOLETNA PRIRAST	13
4.2	PLODOVI	16
4.2.1	Sladkorji v pulpi	16
4.2.2	Organske kisline v pulpi	17
4.2.3	Fenolne snovi v kožici in pulpi	18
4.2.3.1	Skupni fenoli (TPC)	18
4.2.3.2	Hidroksicimetne kisline	19
4.2.3.3	Skupni flavanoli	20
4.2.3.4	Skupni flavonoli	21
4.3	LISTI	22
4.3.1	Skupni fenoli v listih (TPC)	22
4.3.2	Hidroksicimetne kisline v listih	23
4.3.3	Skupni flavonoli v listih	24
5	RAZPRAVA	25
5.1	PRIRAST	25
5.2	PLODOVI	26
5.3	LISTI	27
5.4	SKLEPI	29
6	POVZETEK	30
7	VIRI	32

ZAHVALA

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Enoletna skupna prirast (cm) dreves hrušk (<i>Pyrus communis</i> L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.	13
Slika 2: Enoletna prirast na ploščino debla (cm/cm ²) dreves hrušk (<i>Pyrus communis</i> L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.	14
Slika 3: Povprečno število enoletnih poganjkov vseh dreves škropljenih s proheksadion-Ca in kontrolnih dreves hrušk (<i>Pyrus communis</i> L.) sorte 'Viljamovka' razvrščenih v 6 velikostnih razredov. Polovica dreves je bila škropljenju z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.	15
Slika 4: Vsebnost sladkorjev (g/kg) v pulpi plodov hruške (<i>Pyrus communis</i> L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.	16
Slika 5: Vsebnost organskih kislin (g/kg) v pulpi plodov hruške (<i>Pyrus communis</i> L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.	17
Slika 6: Vsebnost skupnih fenolov (mg GAE/kg) v kožici in pulpi plodov hruške (<i>Pyrus communis</i> L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.	18

- Slika 7: Vsebnost hidroksicimetnih kislin (mg/100g) v kožici in pulpi plodov hruške (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko. 19
- Slika 8: Vsebnost skupnih flavanолоv (mg/100g) v kožici in pulpi plodov hruške (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko. 20
- Slika 9: Vsebnost skupnih flavonolov (mg/100g) v kožici plodov hruške (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko. 21
- Slika 10: Vsebnost skupnih fenolov (mg GAE/kg) v listih hrušk (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka' v petih terminih vzorčenja. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko. 22
- Slika 11: Vsebnost hidroksicimetnih kislin (mg/100g) v listih hrušk (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka' v petih terminih vzorčenja. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko. 23
- Slika 12: Vsebnost skupnih flavonolov (mg/100g) v listih hrušk (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka' v petih terminih vzorčenja. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko. 24

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ABA	abscizinska kislina
CCC	klormekvat klorid, klormekvat
in sod.	in sodelavci
GAE	izraženo v ekvivalentih galne kisline
HPLC	Tekočinska kromatografija visoke ločljivosti
oz.	oziroma
proheksadion-Ca	prohexadione-Ca
SADH	2,2-dimetil hidrazid jantarne kisline
TPC	skupni fenoli; total phenolic content
'Viljamovka'	William's Bon Chretien

1 UVOD

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Med tradicionalnimi sadnimi vrstami, ki jih uspešno gojimo v svetu prevladuje jabolana s 57 milijoni ton, sledi hruška s 17 milijoni ton (Štampar in sod., 2005). V zadnjih letih se delež hrušk izrazito zmanjšuje. Vzrok za to tiči med drugim v zahtevnosti tehnologije pridelave te sadne vrste.

Eden od najpomembnejših elementov v nasadu hrušk je uravnavanje rasti rastlin. Močna vegetativna rast vpliva na zmanjšanje primerne osvetlitve drevesa, zmanjša količino in kakovost sadja ter poveča stroške zaradi rezi in nanašanja fitofarmaceutskih sredstev (Miller, 1995).

Najpreprostejši in najučinkovitejši način uravnavanja rasti in rodnosti dreves je uporaba šibko rastočih podlag (Gvozdrenović in sod., 1988). Med manj uveljavljenimi načini uravnavanja rasti in rodnosti so regulatorji rasti, kamor sodi tudi pripravek Regalis, ki vsebuje aktivno snov proheksadion-Ca. Proheksadion-Ca deluje zaviralno na vegetativno rast pri jabolani. Zaradi manjše vegetativne rasti se poveča diferenciacija brstov, stroški rezi pa so manjši.

1.2 NAMEN DELA

Na trgu je malo za uporabo dovoljenih pripravkov z zaviralnim učinkom na vegetativno rast pri hruški. V številnih državah se v ta namen trenutno uvaja proheksadion-Ca. Namen dela je ugotoviti, ali je mogoče pri škropljenju hruške s proheksadion-Ca omejiti vegetativno rast enoletnih poganjkov in s tem vzpostaviti ugodno razmerje med vegetativno rastjo in rodnostjo, in ali se ob škropljenju hruške s proheksadion-Ca spremeni sekundarni metabolizem, predvsem fenolnih snovi. Proheksadion-Ca namreč deluje tako, da inhibira nekatere encime v sintezni poti fenolnih snovi.

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Enoletni poganjki dreves, škropljenih s proheksadion-Ca bodo krajši kot poganjki neškropljenih dreves. Metabolizem fenolnih snovi v listih in plodovih bo zaradi škropljenja s proheksadion-Ca spremenjen.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 URAVNAVANJE RASTI IN RODNOSTI RASTLIN

Prekomerna vegetativna rast pri sadnih drevesih predstavlja velik problem za sadjarje, ker konkurira rasti in razvoju plodov (Costa in sod., 2002). Ima negativen učinek na kakovost in količino pridelka ter zmanjšuje uspešnost zatiranja škodljivcev (Greene, 1999; Miller in Tworkoski, 2003).

Uravnavanje prekomerne vegetativne rasti in števila rodnih brstov ter s tem posledično tudi pridelka ima še toliko večji pomen zaradi gospodarskih razlogov, zaradi zmanjšanja stroškov, saj se je razmerje med stroški pridelave in tržnimi cenami pridelanega sadja v zadnjih nekaj letih povečalo (Colarič, 2007).

Bujnost dreves in zgodnjo rodnost uravnavamo z izbiro podlag, sort in gojitvenih oblik, z ustrezno rezjo, s kemičnimi in drugimi ukrepi (Gvozdenović, 1989). Rast in rodnost posameznih sadnih vrst lahko uravnavamo tudi z rastlinskimi regulatorji. Rastlinski bioregulatorji delujejo na biosintezo in prenašanje rastlinskih hormonov, in sicer tako, da jih nadomestijo, jih dopolnijo ali pa delujejo antagonistično.

Včasih je bilo na trgu več regulatorjev rasti. Gvozdenović (1989) poroča, da je Luckwil (1976) v nasadu s 70000 drevesi na hektar dosegel zelo dobre uspehe pri uravnavanju rasti in rodnosti s sredstvom SADH. Poleg omenjenega sredstva poznamo še klormekvat, daminozid in paklobutrazol, kateri so vsi inhibitorji biosinteze giberelinov. Paklobutrazol se je med različnimi načini uravnavanja rasti (škropljenje s proheksadion-Ca, zmanjšanjem namakanja, rezjo korenin) izkazal za najučinkovitejšega pri zmanjšanju vegetativne rasti enoletnih poganjkov (Asín in sod., 2007). Klormekvat klorid (CCC) se je v tujini dolgo časa uporabljal kot kemični regulator vegetativne rasti in diferenciacije rodnih brstov pri hruškah. Po nekaj letih škropljenja s klormekvatom, so ostanki le tega v plodovih hrušk pogosto presegali mejne vrednosti ostankov. V letu 2001 se je uporaba klormekvata pri hruškah prepovedala in mejna vrednost ostankov je bila iz 3,0 mg/kg znižana na 0,05 mg/kg. Klormekvat je zelo obstojna kemikalija, ki se v mnogih letih apliciranja akumulira v škropljenih drevesih. Drevesa, ki so bila škropljena s klormekvatom v priporočljivih količinah, naj bi bila vsaj šest sezon brez aplikacije omenjenega sredstva, da bi dosegla mejno vrednost ostankov 0,05 mg/kg (Mass, 2006). Čeprav je v Sloveniji uporaba klormekvat klorida dovoljena le na žitih, se dogajajo zlorabe uporabe tega sredstva. Leta 2008 so odkrili primer takšne zlorabe, in sicer je pridelovalec to sredstvo vrsto let uporabljal za zmanjšanje vegetativne rasti dreves hruške. Danes imamo na razpolago samo regulator, ki je dovoljen za uporabo v integrirani pridelavi sadja z aktivno snovjo proheksadion-Ca (Štampar in sod., 2005).

Rastlina tudi sama uravnava procese rasti in rodnosti, in sicer s pomočjo hormonov, ki v zelo majhnih koncentracijah nastajajo v rastlini. Rastlinski rastni regulatorji oz. rastlinski hormoni, so najpomembnejši notranji dejavniki, ki uravnavajo rast in razvoj rastline. Njihov učinek je lahko stimulacija ali zaviranje določenih procesov (Vodnik, 2001). Učinkovito delujejo na mesto sinteze ali pa se premaknejo na druga mesta v rastlini in tam uravnavajo različne procese. Poznamo avksine, gibereline, citokinine, abscizinsko kislino in etilen. Različni rastlinski hormoni ne delujejo neodvisno drug od drugega, ampak nasprotujoče si, antagonistično, oziroma skladno, sinergistično. Rast in razvoj rastlin sta odvisna od razmerja posameznih hormonov (Štampar in sod., 2005).

Prvi odkriti fitohormoni so bili avksini. Avksini vplivajo na delitev in izdolževanje celic, na tvorbo floemskega in ksilemskega tkiva, razraščanje korenin ter na razvoj in rast plodov (Štampar in sod., 2005). V naravi se najpogosteje pojavljajo v obliki indol-3-ocetne kisline (Taiz in Zeiger, 2006). Nastajajo v rastnih vršičkih poganjkov in pospešujejo povečevanje celic.

Citokinine so odkrili med proučevanjem faktorjev, ki stimulirajo celično delitev. Sodelujejo pri regulaciji različnih celičnih procesov: pri celični delitvi, morfogenezi poganjkov in korenin, zorenju kloroplastov, povečanju celic, preprečevanju staranja. Skupaj z avksini nadzirajo celični cikel. Nujno potrebni so za delitev celic. Prav razmerje med citokinini in avksini je tisto, ki v tkivnih kulturah določa diferenciacijo rastlinskih tkiv v korenine ali brste. Kadar je koncentracija citokininov večja od koncentracije avksinov, gre diferenciacija v smeri brstov, v obratnem primeru pa v smeri korenin (Taiz in Zeiger, 2006). Pri okužbah rastlin s koreninskimi rakom, snetjo ali pri rjah aktivnost citokininov naraste. Citokinini pospešujejo predvsem delitev celic, zato se zadržujejo v mladih listih in plodovih. Vplivajo na zmanjšanje apikalne dominacije, preprečujejo staranje in odpadanje listov ter uravnavajo razporeditev hranil (Štampar in sod., 2005).

Giberelini so bili prvič izolirani iz filtrata kulture, na katerem je bila gojena gliva *Gibberella fujikuroi* (anamorf *Fusarium moniliforme*). Do danes so v različnih rastlinskih tkivih odkrili več kot 130 različnih oblik giberelinov (Taiz in Zeiger, 2006). V rastlinah najbolj razširjen giberelin je giberelinska kislina, GA₁. Veliko število preostalih giberelinov je predstopnja GA₁. Pri sadnih rastlinah se giberelini tvorijo v mladih listih, poganjkih, semenskih zasnovah in tudi v koreninskih vršičkih. Pomembno regulirajo kalitev in sodelujejo pri uravnavanju razvoja brstov (prekinitev dormance). Sodelujejo pri rasti poganjkov in plodov prek povečane celične delitve in večanja celic. Tako kot avksini, tudi giberelini spodbujajo tvorbo partenokarpnih plodov. Na trgu dobimo GA₃ in mešanico GA₄₊₇. Ta dva giberelina uporabljamo predvsem v pridelavi hrušk za tvorbo partenokarpnih plodov. Prevelika količina teh regulatorjev rasti vpliva zaviralno na tvorbo in diferenciacijo cvetov (Štampar in sod., 2005).

Etilen nastaja v vseh tkivih rastline (Taiz in Zeiger, 2006). Ima širok spekter fizioloških učinkov, med drugim aktivira različne obrambne reakcije. Spodbuja tvorbo cvetov, odpadanje listov in cvetov ter zrelost plodov (Štampar in sod., 2005). Etilen nadzira ekspresijo različnih genov, tudi tistih, odgovornih za zorenje plodov. Največ etilena se proizvede v starajočem tkivu in zrelih plodovih (Taiz in Zeiger, 2006). Pomembno vlogo igra tudi v patogenezi. Zanimivo je, da zavira razvoj bolezni, če je prisoten v času okužbe, če pa se začne sintetizirati po okužbi, spodbuja razvoj bolezni.

Eden najpomembnejših inhibitorjev rasti je abscizinska kislina. Na splošno velja, da abscizinska kislina deluje kot zaviralec rasti vegetativnih poganjkov. Slednje temelji na opazovanjih, ki so dokazala, da koncentracija abscizinske kisline naraste, kadar na primer rastlinam primanjkuje vode, kar sovпада z zmanjšanjem rasti, hkrati pa škropljenje z abscizinsko kislino rezultira v zmanjšani rasti (LeNoble in sod., 2003). Poleg tega, da povzroča zastoj rasti, vpliva tudi na celotno presnovo, metabolizem (Štampar in sod., 2005). Z njeno pomočjo se rastlina prilagodi na neugodne vremenske razmere.

Rastlinski rastni regulatorji oz. rastlinski hormoni so najpomembnejši notranji dejavniki, ki uravnavajo rast in razvoj rastline. Njihov učinek je lahko stimulacija ali zaviranje določenih procesov (Vodnik, 2001). Giberelini so povezani s podaljševanjem stebila (Owens in Stover, 1999), zato raziskovalci preučujejo uporabo GA inhibitorjev biosinteze za zmanjšanje vegetativne rasti (Elfing in Proctor, 1986; Unrath, 1999; Miller, 2002). Raziskave potekajo tudi na področju uporabe abscizinske kisline, saj se je le ta do sedaj pokazala za učinkovitega inhibitorja vegetativne rasti poganjkov (LeNoble in sod., 2003).

2.2 PROHEKSADION-Ca

Proheksadion-Ca deluje tako, da zmanjša koncentracijo visoko aktivnega giberelina GA₁ in poveča koncentracijo njegovega predhodnika, neaktivnega giberelina GA₂₀ (Evans in sod, 1999). Proheksadion-Ca blokira dioksigenazo, GA₂₀-3β-hidrolaza. Dioksigenaza inhibira hidroksilacijo GA₂₀ v GA₁ (Rademacher in Kober, 2003).

Premeščanje proheksadion-Ca v rastlini poteka skoraj izključno akropetalno iz nižje rastočih v višje rastoče dele rastline. To nam omogoča uporabo proheksadion-Ca za oblikovanje krošnje drevesa s škropljenjem samo določenih poganjkov (Rademacher in Kober, 2003).

Ena najpomembnejših lastnosti proheksadion-Ca je njegova hitra metabolična razgradnja (Evans in sod, 1997). Njegova toksičnost je neznatna in delovanje kratkotrajno (Owens in Stover, 1999), zaradi tega ne predstavlja tveganja niti za potrošnika niti za okolje (Rademacher in Kober, 2003).

Za uporabo pri sadnem drevju obstajata dva različna komercialna pripravka: REGALIS (močljiva zrna z 10% proheksadion-Ca - prodaja se v Evropi in drugih državah) in APOGEE (močljiva zrna z 27.5% proheksadion-Ca - prodaja se v Severni Ameriki). Aktivna sestavina obeh izdelkov je prosta kislina proheksadion, ki je izredno nestabilna in tako neprimerna za tvorbo pripravkov (Rademacher in Kober, 2003). Proheksadionu je dodana še stabilna kalcijeva sol in skupaj tvorita stabilno vodno raztopino.

Proheksadion-Ca se trenutno uvaja v številnih državah kot rastlinski bioregulator za pečkato sadje (Rademacher in Kober, 2003). Pri koščičastem sadju, agrumih in drugem sadju je registracija uporabe proheksadion-Ca trenutno v teku in v postopku ocenjevanja. Dosedanje raziskave so pokazale, da proheksadion-Ca pri hruški lahko zmanjša vegetativno rast (Costa in sod., 2002). Basak in Rademacher (2000) sta ob škropljenju hruške sorte `Conference` s proheksadion-Ca dokazala, da je ob višji koncentraciji apliciranega sredstva učinek večji in zato vegetativna rast manjša. Previsoka koncentracija pa lahko zmanjša diferenciacijo v naslednjih sezonah (Costa in sod., 2001).

Škropljenje s proheksadion-Ca se je pokazalo za učinkovito uravnavanje vegetativne rasti pri pečkatem (jablana, hruška) in koščičastem (sliva) sadju (Basak in Rademacher, 2000). Škropljenje s proheksadion-Ca je bistveno povečalo zgodnji pridelek jagod v primerjavi z neškropljenimi jagodami (Duval, 2002). Palonen in Mouhu (2008) sta ugotovila, da enkratno škropljenje malin v rastlinjaku s proheksadion-Ca zmanjša vegetativno rast za okoli 20%, dvakratno škropljenje pa za 39%, poleg tega pa škropljenje s proheksadion-Ca zmanjša diferenciacijo in število cvetov, zato ga ne priporočata za uporabo pri malinah. Ouzounidou in sod. (2008) poročajo, da škropljenje melon s proheksadion-Ca povzroči zmanjšanje vegetativne rasti rastlin in hkrati zmanjšanje koncentracije endogenih giberelinov. Poganjki v zgornjih delih orehovitih krošenj, ki so bili škropljeni s proheksadion-Ca, so ostali krajši kot neškropljeni poganjki (Solar in sod., 2008). Jordan in sod. (2001) so v svoji študiji ugotovili, da škropljenje zemeljskih oreščkov oz. arašidov s proheksadion-Ca povzroči zmanjšanje višine rastline.

Poganjki dreves, škropljeni s proheksadion-Ca, so se izkazali za manj okužene s hruševim ožigom (*Erwinia amylovora*) pri hruškah in jablanovim škrlupom (*Venturia inaequalis*) in jablanovo pepelasto plesnijo (*Podosphaera leucotricha*) pri jablanah. Novejša poročila kažejo, da je zmanjšan tudi pojav škodljivih žuželk, na primer listnih uši (Rademacher in Kober, 2003).

Poškodbe dreves zaradi toče lahko pospešijo nastanek in razvoj hruševega ožiga. Kadar takšna drevesa škropimo s proheksadion-Ca, zmanjšamo možnost okužbe s hruševim ožigom in hkrati preprečimo bujen vegetativen odziv drevesa. Tako ohranimo dobro diferenciacijo rodnih brstov za naslednjo sezono tako pri jablani kot pri hruški (Rademacher in Kober, 2003).

2.3 FENOLNE SNOVI

Včasih je veljalo prepričanje, da sekundarni metaboliti niso bistveni za preživetje določenega dela ali celotne rastline (Robards in sod., 1999). Danes vemo, da imajo sekundarni metaboliti pomembne ekološke funkcije, saj varujejo rastline pred patogeni, rastlinojedi, privabljajo oprasovalce, ščitijo pred ultravijolično svetlobo, ipd. (Taiz in Zeiger, 2006).

Fenolne spojine predstavljajo raznoliko skupino sekundarnih metabolitov. Najdemo jih v vsem sadju. Iste skupine fenolov najdemo tudi v sadju in zelenjavi. Vsebnost fenolnih spojin v sadju je določena z genetskimi in okoljskimi dejavniki, spreminja pa se z oksidativnimi reakcijami med pridelavo in skladiščenjem (Robards in sod., 1999).

Fenolne spojine (imenovane tudi rastlinski fenoli ali polifenoli ali polifenolne spojine), lahko razvrstimo na več načinov. Najpreglednejša razdelitev fenolnih spojin je razdelitev po številu C-atomov (Amram in Simčič, 1997).

Fenoli delujejo kot endogeni inhibitorji rasti za patogene in imajo obrambno funkcijo pred rastlinskimi patogeni. Njihova koncentracija ob infekciji naraste. Klorogenska kislina deluje kot obrambna spojina pri celjenju ran (Colarič in sod., 2006; Lattanzio in sod., 1994).

Največji del fenolnih spojin poleg fenolnih kislin in taninov predstavljajo flavonoidi (Robards in sod., 1999). Flavonoidi so spojine, ki imajo skupaj 15 C-atomov in osnovno strukturo (C6-C3-C6), ki se imenuje flavan oziroma 2-fenilbenzopiran (Amram in Simčič, 1997). Najbolj značilni predstavniki te skupine so antociani, katehini, procianidini, flavoni in flavonoli (Sastry in sod., 1993).

V plodovih žlahtne hruške so med fenolnimi snovmi izmerili največje vsebnosti klorogenske kisline, hruška pa vsebuje tudi epikatehin, katehin, arbutin, flavonol glikozide (kvarcetin in izoramnetin glikozide), procianidine, kavino kislino, *p*-kumarno kislino, ferulno kislino (Amiot in sod., 1995; Escarpa in Gonzalez, 1999, cit. po Colarič, 2007; Schieber in sod. 2001, cit. po Colarič, 2007; Ferreira in sod., 2002, cit. po Colarič, 2007; Leontowicz in sod., 2003, cit. po Colarič, 2007; Galvis-Sanchez in sod. 2003, cit. po Colarič, 2007).

Kožica hruške je bogatejša s fenolnimi snovmi kot pulpa, saj vsebuje večje količine več različnih fenolnih snovi (Lin in Harnly, 2008). Pulpa hruške je bogata s cimetno kislino in flavanoli, medtem ko v kožici hruške najdemo flavanole in flavonole (Amiot in sod., 1995).

Colarič in sod. (2006) so dokazali, da se količina fenolnih spojin v hruški sorte 'Viljamovka' spreminja tekom leta in sicer so opazovali koncentracijo fenolov med majem in oktobrom. Najmanjša koncentracija je bila določena maja, med sezono rasti je porastla, dosegla vrh v juliju, takšna ostala avgusta in septembra, nato pa postopoma upadala do oktobra.

2.4 OGLJIKOVI HIDRATI IN ORGANSKE KISLINE

Vsebnost primarnih metabolitov, tako ogljikovih hidratov kot tudi organskih kislin, v plodovih različnih sort evropske žlahtne hruške so z različnih vidikov proučili Hudina in Štampar (1999) ter Hudina in sod. (2003). Vsebnost sladkorjev in organskih kislin v plodovih je povezana tudi s tehnološkimi ukrepi, ki jih izvajamo v nasadu (gojitvena oblika, prehrana, asimilacijska površina, namakanje, rez) (Hudina, 1999).

2.4.1 Ogljikovi hidrati

Ogljikovi hidrati so neposreden produkt fotosinteze v listih, glavna skladiščna snov in osnovna organska snov, iz katere nastaja večina ostalih snovi v rastlini (Colarič, 2006). Pri fotosintezi je primarno nastali ogljikov hidrat gliceralaldehid 3-P, iz katerega nastanejo drugi monosaharidi (fruktoza, glukoza), disaharidi in polisaharidi (škrob, celuloza) (Hudina, 1999; Taiz in Zeiger, 2006).

Glavni sladkorji, ki jih vsebuje sadje, sta monosaharida fruktoza in glukoza, disaharid saharoza, nekatero sadje pa vsebuje še sladkorne alkohole. Skupna količina ogljikovih hidratov v svežih plodovih je od 2 do 65% sveže mase (Gvozdenović, 1989).

Plod hruške vsebuje največ vode (84% sveže mase), sledijo ogljikovi hidrati: fruktoza (54%), sorbitol (18%), saharoza (15%) in glukoza (13%) (Blattny, 2003). Vsebnost glukoze in sorbitola v plodovih hrušk sorte 'Viljamovka' od začetka junija pa do obiranja pada, medtem ko vsebnost saharoze in fruktoze narašča (Hudina in Štampar, 1999).

2.4.2 Organske kisline

Organske kisline se v sadju lahko nahajajo prosto raztopljene v celičnem soku, ali pa so vezane v obliki soli, estrov in glikozidov (Arfaioli in Bosetto, 1993 cit. po Hudina, 1999). Med organskimi kislinami pri večini sort hrušk prevladuje jabolčna kislina, sledi ji citronska kislina (Colarič, 2007). Slednji prispevata glavni delež k najbolj zeleni stopnji kislosti plodov, njuno razmerje pa je povezano s senzoričnimi ocenami okusa (Colarič in sod., 2005). V majhnih količinah najdemo v sadju tudi druge organske kisline, ki jih prištevamo med aromatične snovi (Štampar in sod., 2009). Vsebnost skupnih organskih

kislin se postopno zmanjšuje med razvojem plodov, zorenjem in skladiščenjem (Hudina, 1999).

Jabolčna in citronska kislina sta prisotni v citratnem ciklu, poleg tega pa sta pomembni za kelatizacijo kovinskih ionov, torej za redukcijo katalitične aktivnosti nekaterih kovin in varovanje vitamina C (askorbinske kisline) pred oksidacijo (Arfaoli in Bosetto, 1993 cit. po Hudina, 1999).

Vsebnost jabolčne kisline do konca junija narašča, nato pa se do obiranja zmanjšuje, kar je ravno nasprotno kot pri citronski kislini. Koncentracija slednje se do konca junija zmanjšuje, nato pa do obiranja narašča (Hudina, 1999).

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 RASTLINSKI MATERIAL

V raziskavo smo vključili 10 dreves hrušk sorte 'Viljamovka', cepljenih na podlago kutino BA 29. Drevesa rastejo v sadovnjaku v Hortikulturnem centru BF pri Novi Gorici.

3.1.1 Sorta 'Viljamovka'

Originalno ime sorte je 'William's Bon Chretien'. Drevo na sejancu raste bujno, na kutini pa srednje bujno (Sancin, 1988). S kutino se ne sklada dobro, zato je nujno potrebna posredovalka.

Zarodi kmalu po sajenju in v obdobju rodnosti rodi redno in obilno zlasti na brstikah in mešanih vejah na dvoletnem lesu. Pri vzgoji v rodnost zahteva dolgo rez in potrebuje redno pomlajevanje, sicer zaostane v rasti (Sancin, 1988). Uspeva na rodovitnih, humusnih in na ne pretežkih tleh.

Cveti srednje pozno, je diploidna sorta in dobra oprasevalka (Črnko in sod., 1990). Spada med samoneoplodne sorte in nagnjena je k partenokarpiji. Partenokarpni plodovi so vretenasto valjaste oblike. Oprasevalke so 'Fetelova', 'Košja', 'Trevuška', 'Kleržo', 'Žifardova', 'Klapova', 'Hardijeva', 'Konferans', 'Pakhamova', 'Društvenka', 'Zimska dekanka', 'Avraška', 'Boskova', 'Krasanka' (Črnko in sod., 1990).

Plodovi zorijo v drugi polovici avgusta in v začetku septembra. Obiramo jih v tehnološki zrelosti (Sancin, 1988).

3.1.2 Podlaga kutina BA 29

Podlago, na katero cepimo sorte hrušk, izbiramo glede na talne razmere in zeleno drevesno obliko. Prava kombinacija podlage in sorte je izredno pomembna, saj tako uravnavamo rast in bujnost, življenjsko dobo drevesa, odpornost proti suši in mrazu ter nekaterim boleznim, vplivamo na začetek rodnosti, količino in kakovost pridelka ter drugo (Črnko in sod., 1990).

Kutina BA 29 se zelo dobro prilagodi na glinasta in srednje težka tla. Občutljiva je na nizke zimske temperature, srednje občutljiva na viruse in nematode in manj občutljiva na sušo, kloroze in krvavo uš. Na hrušev ožig ni odporna. Skladnost s sortami hrušk je srednja do dobra. Rast dreves na tej podlagi je za 15 – 20% bolj bujna kot na podlagi kutina MA in debelina plodov je večja. Ukoreninjanje se zelo dobro, boljše kot druge podlage (Štampar in sod., 2005).

3.2 METODE DELA

3.2.1 Zasnova poskusa

V raziskavo smo vključili deset dreves hrušk sorte 'Viljamovka', ki rastejo v sadovnjaku v Hortikulturnem centru BF pri Novi Gorici. Pet dreves je bilo neškropljenih (kontrolna drevesa), ostalih pet dreves pa je bilo 24.4.2009 škropljenih (škropljena drevesa) s proheksadion-Ca.

3.2.2 Merjenje enoletnega prirasta na obravnavanih drevesih

Merjenje enoletnega prirasta na drevesih je potekalo konec rastne dobe, in sicer pred zimsko rezjo. Na vsakem drevesu smo merili enoletne poganjke, ki so bili dolgi vsaj 3 ali več centimetrov. Poleg teh meritev smo opravili še merjenje obsega debla na višini dvajset centimetrov nad cepljenim mestom. Na podlagi teh meritev smo dobili skupno prirast posameznih obravnavanih dreves. Skupno prirast smo s pomočjo izmerjenega obsega preračunali še glede na ploščino preseka debla.

3.2.3 Vzorčenje rastlinskega materiala

Liste smo vzorčili petkrat v rastni dobi, in sicer 30. aprila, 6. maja, 13. maja, 20. maja in 27. maja 2009. Iz vsakega drevesa smo na naključnih poganjkih nabrali po 10 mladih, fotosintetsko najbolj aktivnih listov. Liste smo liofilizirali ter jih do nadaljnjih analiz shranili pri -20 °C.

Plodove smo vzorčili v tehnološki zrelosti. Iz petih kontrolnih dreves smo iz srednjega pasu obrali 15 plodov. To smo ponovili tudi pri drevesih, škropljenih s proheksadion-Ca. Plodovom smo izmerili višino in širino in jih stehtali. S pomočjo penetrometra smo opravili analizo trdote plodov. Nato smo hruško olupili in narezali pulpo na koščke. Olupke in pulpo smo spravili v zamrzovalnik za kasnejšo analizo vsebnosti fenolov, sladkorjev in organskih kislin. Vsebnost topne suhe snovi smo določili z digitalnim refraktometrom ATAGO PR-1 v sveže iztisnjem soku plodu.

3.2.4 Meritve vsebnosti sladkorjev in organskih kislin v plodovih hruške

3.2.4.1 Ekstrakcija sladkorjev in organskih kislin

Pulpo in kožico vzorčnih hrušk smo zrezali na drobne kose in zatehtali 10g vzorce. Vsak vzorec smo prelili z 50 ml bidestilirane vode in ga še dodatno homogenizirali z Ultra-Turrax-om T-25 (Ika-Labortechnik). Vzorce smo ekstrahirali 30 minut pri sobni temperaturi in jih centrifugirali 7 minut na 4 °C pri 10000 obratih/minuto (Eppendorf

Centrifuge 5810 R, Hamburg, Nemčija). Supernatant smo prefiltrirali skozi 0,45 µm celulozni filter. Vzorce smo analizirali s pomočjo HPLC sistema.

3.2.4.2 HPLC analiza sladkorjev in organskih kislin

Analize vsebnosti fenolnih spojin, sladkorjev in organskih kislin so bile narejene na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Vzorce smo analizirali na sistemu visokoločljivostne tekočinske kromatografije (HPLC – High Performance Liquid Chromatography) proizvajalca TSP (Thermo Separation Products).

Vzorce smo analizirali po metodi Dolenc in Štampar (1997). Pri sladkorjih smo za mobilno fazo uporabili bi-destilirano vodo, pri organskih kislinah pa smo uporabili 4 mM H₂SO₄. Pretok obeh mobilnih faz je bil enak, in sicer 0,6 ml/min, volumen injiciranja vzorca pa je znašal 20 µl. Vzorec sladkorjev smo analizirali 60 minut, vzorce kislin pa 30 minut.

Koncentracijo sladkorjev (fruktoza, glukoza, saharoza in sorbitol) in organskih kislin (jabolčna, citronska,...) smo izračunali po metodi eksterne standarda.

3.2.5 Meritve vsebnosti fenolnih snovi v listih in plodovih hruške

3.2.5.1 Ekstrakcija fenolov iz listov

Liofilizirane liste smo strli v terilnicah s pomočjo tekočega dušika. Zatehtali smo dvakrat po 10 mg posameznega vzorca. Enega smo prelili z 10 ml metanola, ki je vseboval 1 % 2,6-di-*tert*-butil-4-metil-fenol (BHT), za analizo posameznih fenolov. Drugega pa smo prelili z 10 ml čistega metanola za analizo skupnih fenolov v vzorcu. Vzorce smo nato 60 minut ekstrahirali v ultrazvočni kopeli, v katero smo dodajali led za hlajenje vode. Ekstrakt smo prelili v centrifugirke in ga centrifugirali 7 minut na 4 °C pri 10000 obratih/minuto (Eppendorf Centrifuge 5810 R, Hamburg, Nemčija). Supernatant smo prefiltrirali skozi 0,45 µm poliamidni filter in jih nato analizirali s pomočjo HPLC sistema. Metoda je povzeta po Escarpa in Gonzales (2000).

3.2.5.2 Ekstrakcija fenolov iz kože

Kožico smo v terilnicah strli s pomočjo tekočega dušika. Zatehtali smo dvakrat po 5 mg posameznega vzorca. Vzorec smo prelili s 7 ml metanola, ki je vseboval 1 % BHT, za analizo posameznih fenolov. Drugega pa smo prelili s 7 ml čistega metanola za analizo skupnih fenolov v vzorcu. Vzorce smo nato centrifugirali 7 minut na 4 °C pri 10000 obratih/minuto (Eppendorf Centrifuge 5810 R, Hamburg, Nemčija). Supernatante smo prefiltrirali skozi 0,45 µm poliamidni filter in jih nato analizirali s pomočjo HPLC sistema.

3.2.5.3 Ekstrakcija fenolov iz pulpe

Pulpo smo narezali na drobne koščke. Zatehtali smo dvakrat po 10 g posameznega vzorca. Enega smo prelili s 7 ml metanola, ki je vseboval 1 % BHT, za analizo posameznih fenolov. Drugega pa smo prelili s 7 ml čistega metanola za analizo skupnih fenolov v vzorcu. Vzorce smo nato centrifugirali 7 minut na 4 °C pri 10000 obratih/minuto (Eppendorf Centrifuge 5810 R, Hamburg, Nemčija). Supernatante smo prefiltrirali skozi 0,45 µm poliamidni filter in jih nato analizirali s pomočjo HPLC sistema.

3.2.5.4 HPLC analiza fenolnih snovi

Analize vsebnosti fenolnih spojin, sladkorjev in organskih kislin so bile narejene na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Vzorce smo analizirali s HPLC sistemom Thermo Finnigan Surveyor s kvartetno črpalko (San Jose, USA). Uporabljena je bila kolona Phenomenex Gemini C18 (150 x 4,60 mm 3 µm) pri temperaturi 25 °C.

Vzorce smo analizirali v kromatografskih razmerah po Marks in sod. (2008). Za mobilno fazo smo uporabili 100% acetonitril in 3% mravljično kislino. Hitrost pretoka je bila 1 ml/minuto, volumen injeciranja vzorca pa 20 µl.

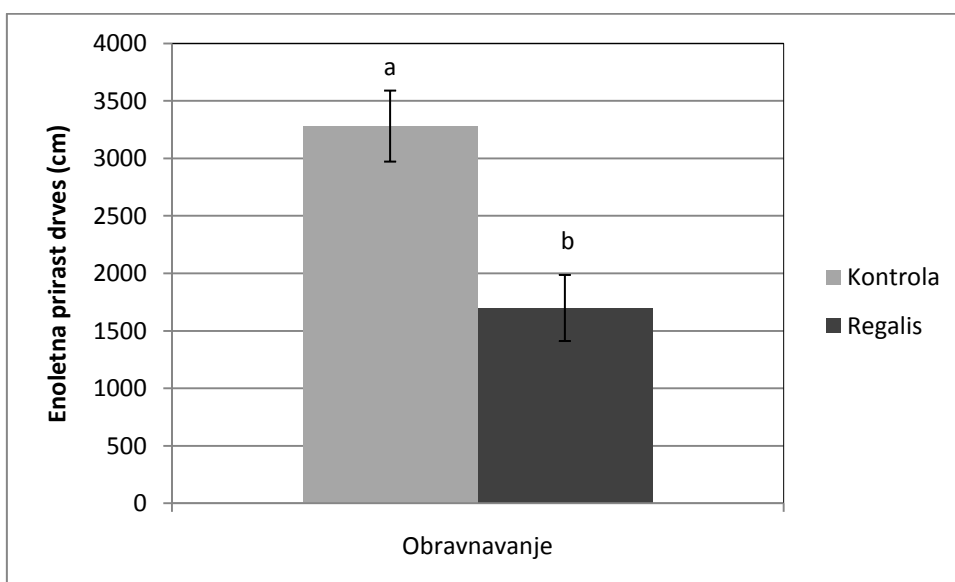
3.2.6 Statistična analiza

Zbrane podatke naših analiz smo tabelarično uredili in obdelali v programu MS Excel 2007 in jih nato statistično obdelali z enosmerno analizo variance (ANOVA) s pomočjo programa Statgraphics plus 4.0. Razlike med obravnavanji smo ugotavljali s pomočjo testa mnogoterih primerjav (LSD test) pri tveganju $p \leq 0,05$. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike, so označena z isto črko.

4 REZULTATI

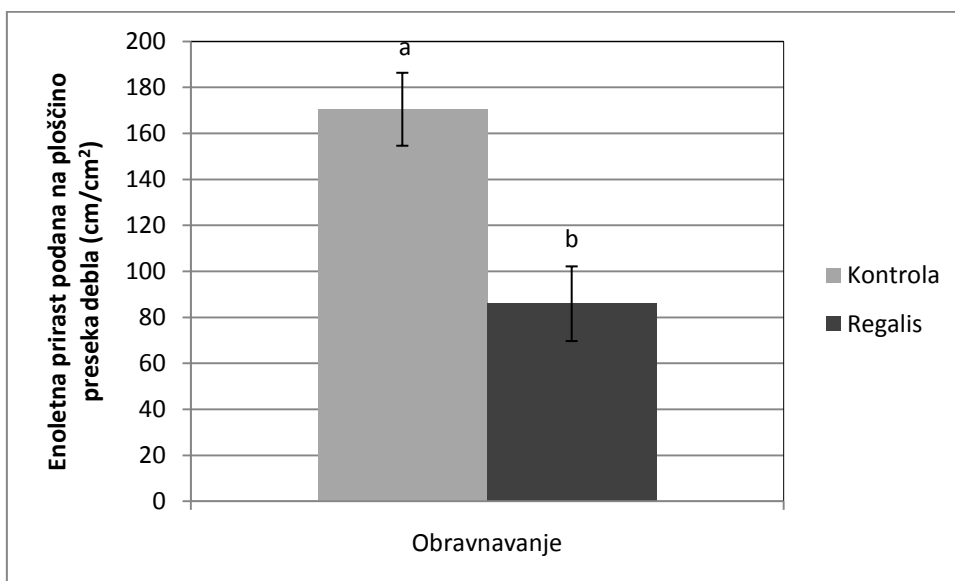
4.1 ENOLETNA PRIRAST

V sezoni 2008/2009 smo konec rastne dobe merili enoletno prirast na drevesih hruške, sorte 'Viljamovka'. Skupna enoletna prirast dreves, škropljenih s proheksadion-Ca in kontrolnih dreves je prikazan na sliki 1. Na sliki 2 je prikazana skupna enoletna prirast dreves glede na površino preseka debla. Povprečno število enoletnih poganjkov dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, in kontrolnih dreves smo razdelili po različnih velikostnih razredih, kar je prikazano na sliki 3.



Slika 1: Enoletna skupna prirast (cm) dreves hrušk (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.

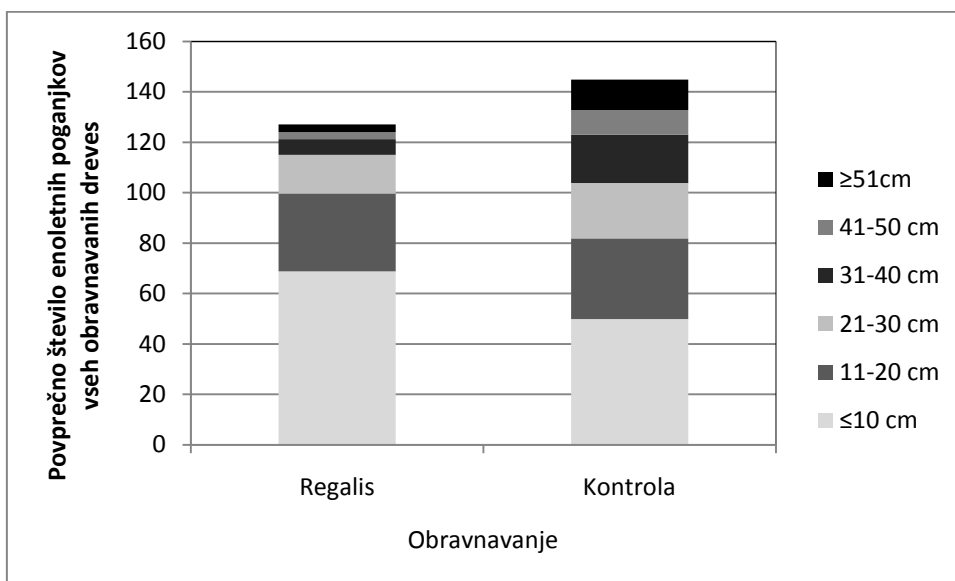
V naši raziskavi se je pripravek regalis izkazal za izredno učinkovitega. Skupna enoletna prirast dreves škropljenih s proheksadion-Ca (1699 cm), je kar 1,9-krat manjša od skupne enoletne prirasti kontrolnih dreves (3281 cm). Povedano drugače: skupna enoletna prirast škropljenih dreves znaša 52% enoletnega prirasta kontrolnih dreves. Razlike med obravnavanjema so se izkazale za statistično značilne.



Slika 2: Enoletna prirast na ploščino debla (cm/cm²) dreves hrušk (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.

Tudi enoletni prirasti škropljenih in neškropljenih dreves, podana na ploščino preseka debla, se statistično razlikujeta.

Skupna enoletna prirast dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, podan na ploščino preseka debla, znaša 86 cm. Skupna enoletna prirast kontrolnih dreves podan na ploščino preseka debla pa znaša 171 cm. Škropljena drevesa imajo v primerjavi s kontrolnimi drevesi zmanjšano enoletno prirast podano na ploščino preseka debla kar 2-krat oziroma za 50 %.

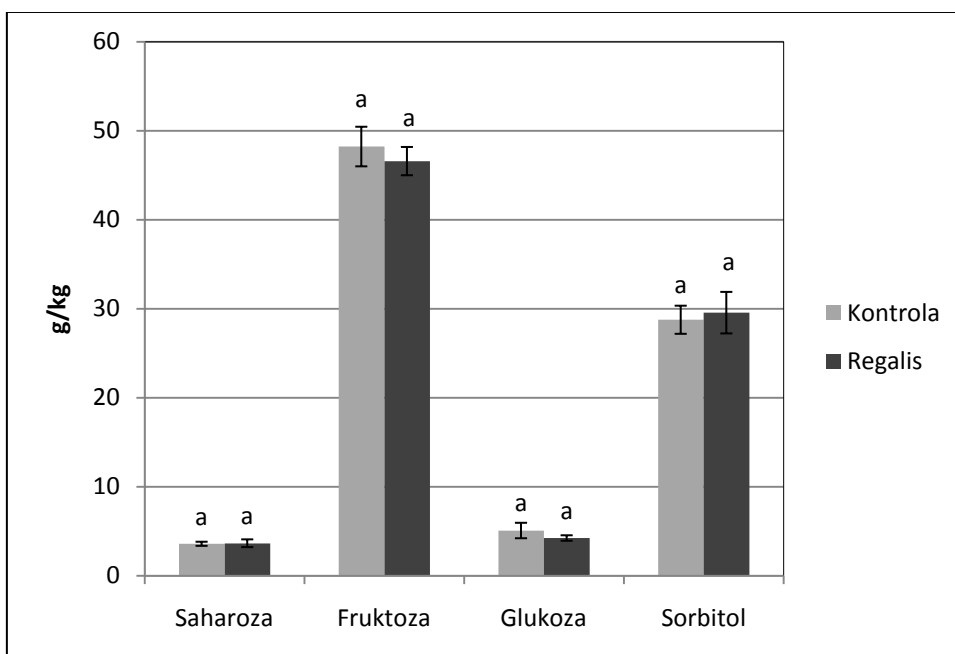


Slika 3: Povprečno število enoletnih poganjkov vseh dreves škropljenih s proheksadion-Ca in kontrolnih dreves hrušk (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka' razvrščenih v 6 velikostnih razredov. Polovica dreves je bila škropljenju z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.

Iz grafa lahko razberemo, da so imela drevesa, škropljena s proheksadion-Ca, manjše skupno število enoletnih poganjkov (127) kot pa kontrolna drevesa (145). Škropljena drevesa so povprečno imela večje število poganjkov, krajših od 10 centimetrov (69) kot pa kontrolna drevesa (50). Drevesa, škropljena s proheksadion-Ca, so imela manjše število enoletnih poganjkov v skupinah od 31 do 40 cm (6), od 41 do 50 cm (3) in poganjkov, daljših od 51 cm (3). Kontrolna drevesa pa so v primerjavi s škropljenimi drevesi imela večje število enoletnih poganjkov v skupinah od 31 do 40 cm (19), od 41 do 50 cm (10) in poganjkov, daljših od 51 cm (12).

4.2 PLODOVI

4.2.1 Sladkorji v pulpi

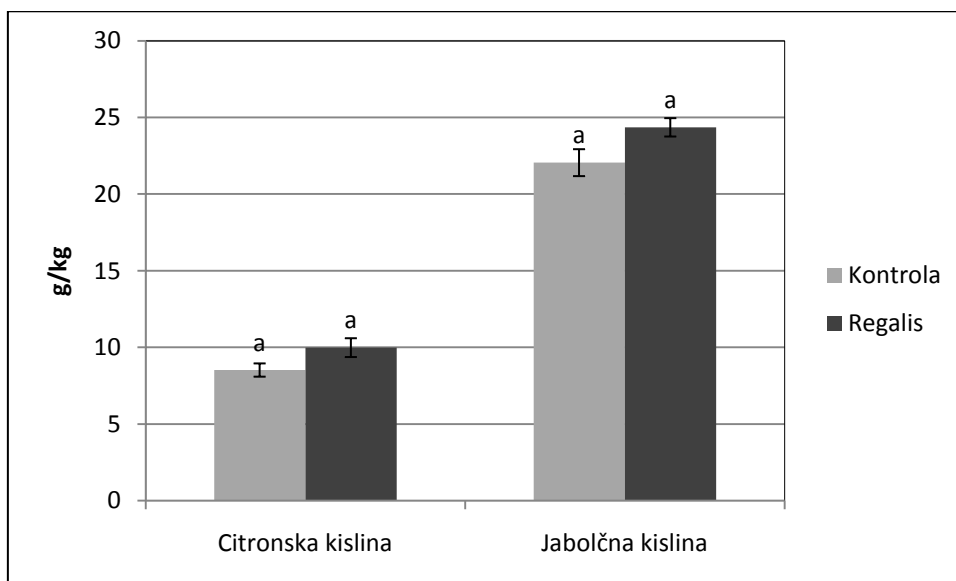


Slika 4: Vsebnost sladkorjev (g/kg) v pulpi plodov hruške (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.

Pulpa analiziranih plodov hrušk vsebuje največ fruktoze, in sicer od 46,6 g/kg (Regalis) do 48,2 g/kg (kontrola), sledijo pa ji sorbitol z vrednostjo od 28,7 g/kg (kontrola) do 29,5 g/kg (Regalis), glukoza z vrednostjo od 4,2 g/kg (Regalis) do 5,1 g/kg (kontrola) in saharoza z vrednostjo od 3,4 g/kg (Regalis) do 3,6 g/kg (kontrola).

V našem poskusu se vsebnosti sladkorjev v pulpi plodov kontrolnih dreves in dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, nista statistično razlikovali.

4.2.2 Organske kisline v pulpi



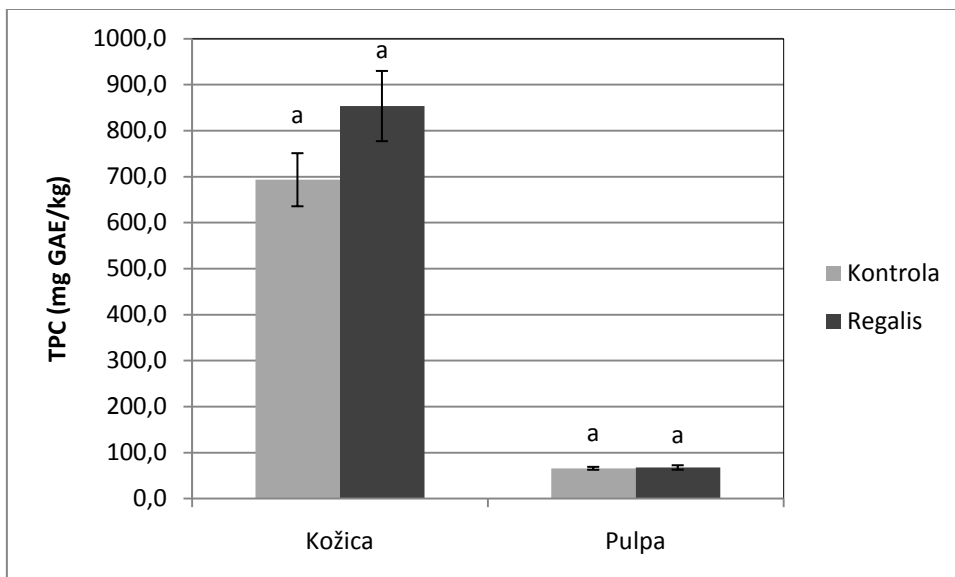
Slika 5: Vsebnost organskih kislin (g/kg) v pulpi plodov hruške (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.

Pulpa plodov hrušk vsebuje največ jabolčne kisline (od 22,1 g/kg (kontrola) do 24,4 g/kg (Regalis)), sledi ji citronska kislina (od 8,5 g/kg (kontrola) do 10,0 g/kg (Regalis)).

V našem poskusu se vsebnosti organskih kislin (niti vsebnosti jabolčne niti citronske kisline) v pulpi plodov kontrolnih dreves in dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, nista statistično razlikovali.

4.2.3 Fenolne snovi v kožici in pulpi

4.2.3.1 Skupni fenoli (TPC)

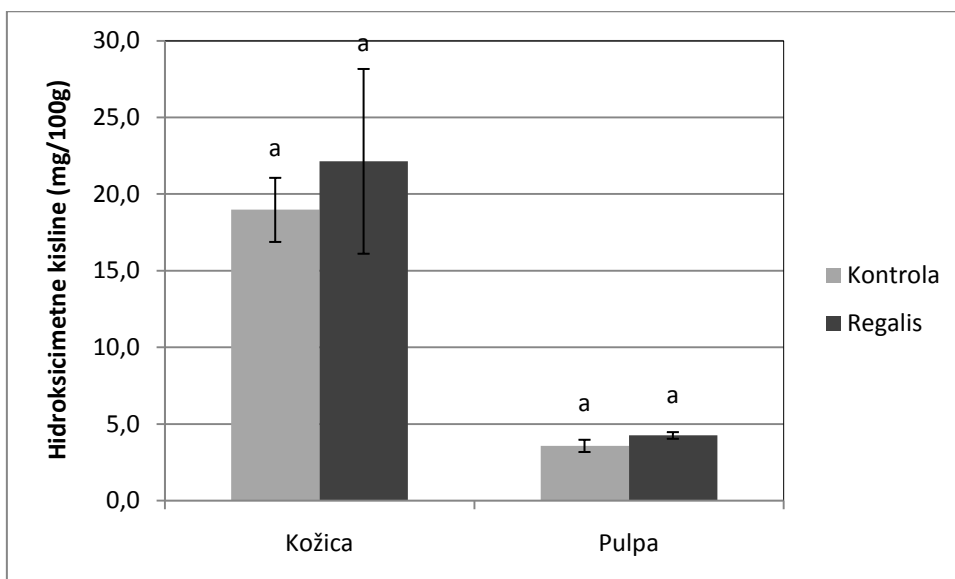


Slika 6: Vsebnost skupnih fenolov (mg GAE/kg) v kožici in pulpi plodov hruške (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.

V našem poskusu smo ugotovili, da kožica plodov hruške sorte 'Viljamovka' vsebuje več kot desetkrat več skupnih fenolov kot pulpa plodov. Kožica plodov škropljenih dreves hruške vsebuje 853,3 mg GAE/kg skupnih fenolov. Kožica plodov kontrolnih dreves hruške pa vsebuje 693,1 mg GAE/kg skupnih fenolov. Pulpa plodov analiziranih dreves hrušk vsebuje od 65,7 mg GAE/kg (kontrola) do 67,5 mg GAE/kg (Regalis) skupnih fenolov.

V našem poskusu se vsebnosti skupnih fenolov v kožici in pulpi plodov škropljenih in kontrolnih dreves niso statistično značilno razlikovale.

4.2.3.2 Hidroksicimetne kisline

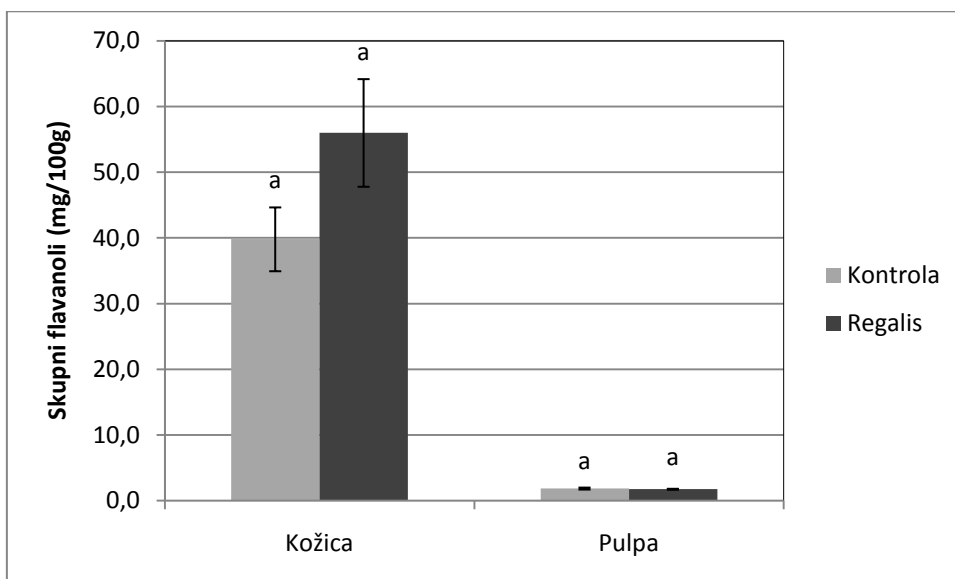


Slika 7: Vsebnost hidroksicimetnih kislin (mg/100g) v kožici in pulpi plodov hruške (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.

Analizirali smo naslednje hidroksicimetne kisline: klorogensko, neoklorogensko in kriptoklorogensko kislino. Iz grafa je razvidno, da smo pri vzorcih kožice izmerili večje vsebnosti hidroksicimetnih kislin (od 19,0 mg/100g (kontrola) do 22,1 mg/100g (regalis)) kot pri vzorcih pulpe (od 3,6 mg/100g (kontrola) do 4,3 mg/100g (regalis)).

V našem poskusu se vsebnosti hidroksicimetnih kislin v kožici in pulpi plodov škropljenih in kontrolnih dreves niso statistično značilno razlikovale.

4.2.3.3 Skupni flavanoli

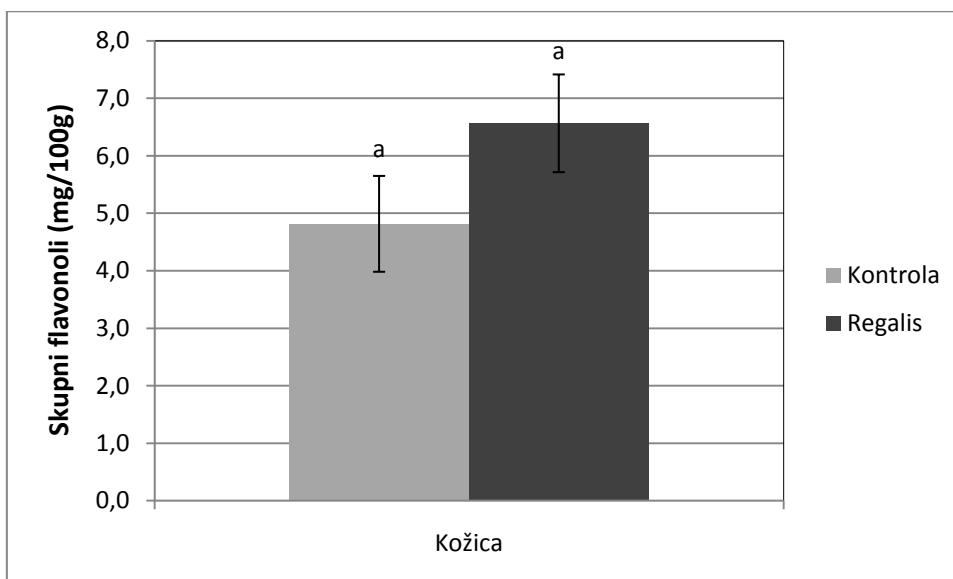


Slika 8: Vsebnost skupnih flavanolorov (mg/100g) v kožici in pulpi plodov hruške (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.

Skupni flavanoli, ki smo jih zajeli v analizo, so bili katehin, epikatehin, procianidin dimer in procianidin trimer. Kožica plodov hrušk vsebuje od 39,8 mg/100g (kontrola) do 56,0 mg/100g (Regalis) skupnih flavanolorov. V pulpi dreves hruške smo izmerili od 1,8 mg/100g (Regalis) do 1,9 mg/100g (kontrola) skupnih flavanolorov, kar je dosti manj kot pa v kožici plodov hruške.

V našem poskusu se vsebnosti skupnih flavanolorov v kožici in pulpi plodov škropljenih in kontrolnih dreves niso statistično značilno razlikovale.

4.2.3.4 Skupni flavonoli



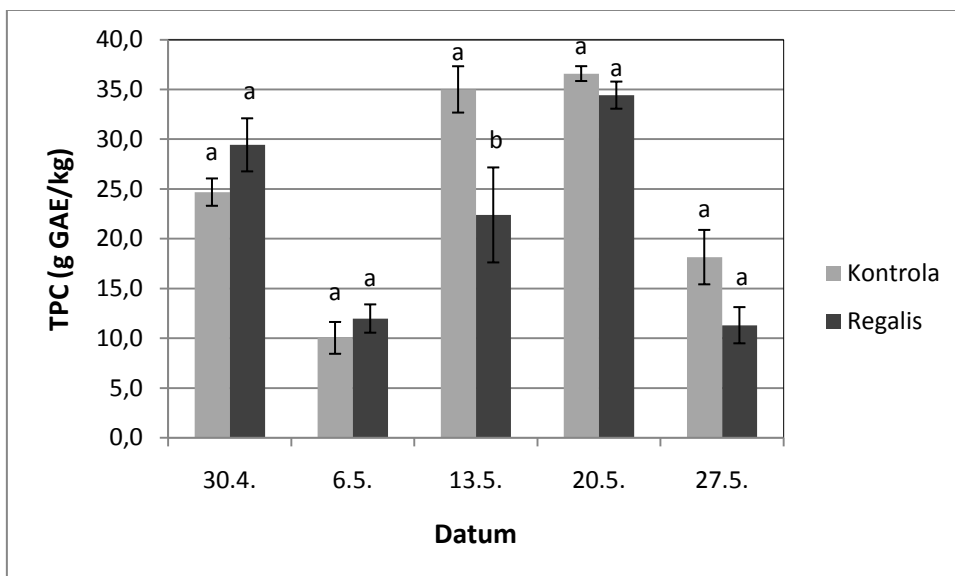
Slika 9: Vsebnost skupnih flavonolov (mg/100g) v kožici plodov hruške (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka'. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.

Skupni flavonoli, ki smo jih analizirali, so bili kvercetin-3-O-rutinozid (rutin), Q-galaktozid, Q-glukozid in kampferol-3-O-rutinozid. Kožica plodov hrušk, škropljenih s proheksadion-Ca, vsebuje 853,3 mg GAE/kg skupnih fenolov. Vsebnost skupnih fenolov v kožici plodov kontrolnih dreves pa znaša 693,1 mg GAE/kg.

V našem poskusu se vsebnosti skupnih flavonolov v kožici plodov škropljenih in kontrolnih dreves niso statistično značilno razlikovale.

4.3 LISTI

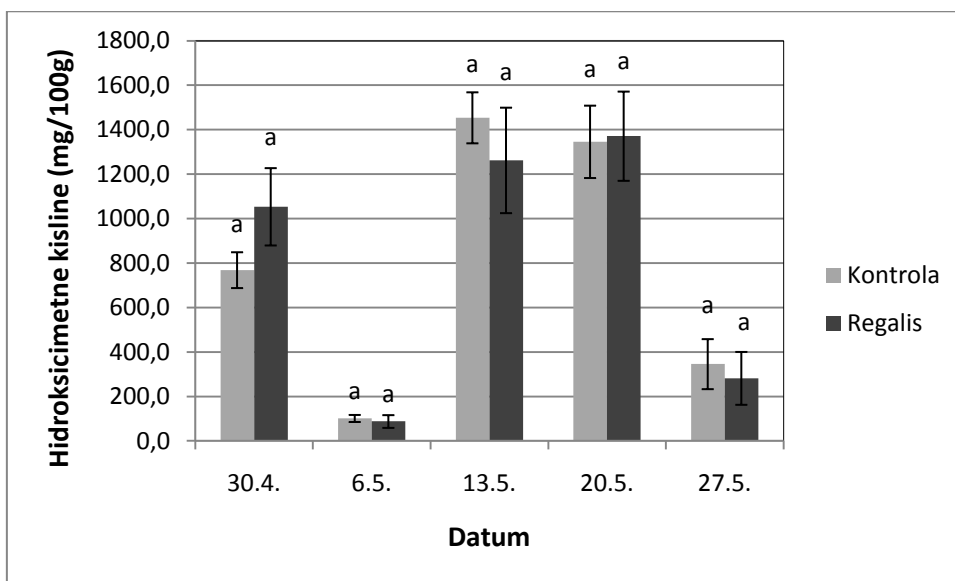
4.3.1 Skupni fenoli v listih (TPC)



Slika 10: Vsebnost skupnih fenolov (mg GAE/kg) v listih hrušk (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka' v petih terminih vzorčenja. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.

Meritve so pokazale, da se vsebnost skupnih fenolov v listih dreves hruške, škropljene s proheksadion-Ca, razlikuje od kontrolnih dreves. Razlike pa so statistično značilne le v terminu 13.5.2009. Listi škropljenih dreves so takrat vsebovali občutno manj skupnih fenolov (22,4 mg GAE/kg) kot pa listi kontrolnih dreves (35,0 mg GAE/kg). Največja vsebnost skupnih fenolov je bila izmerjena v terminu 20.5.2009 (od 34,4 mg GAE/kg (Regalis) do 36,6 mg GAE/kg (kontrola)). Najmanjša vsebnost skupnih fenolov v listih škropljenih dreves je bila izmerjena dne 27.5.2009 (11,3 mg GAE/kg). Najmanjša vrednost skupnih fenolov v listih kontrolnih dreves je bila izmerjena dne 6.5.2009 (10,0 mg GAE/kg).

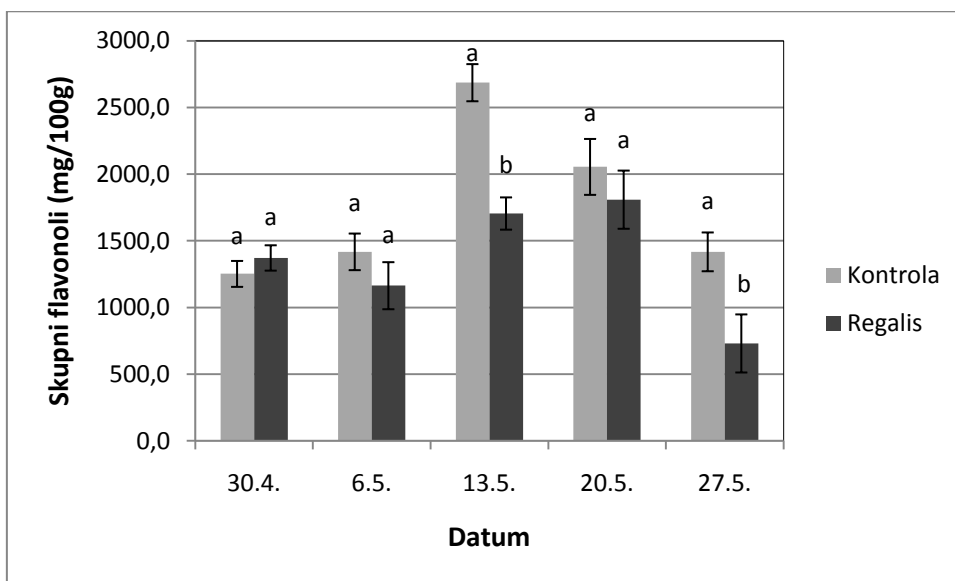
4.3.2 Hidroksicimetne kisline v listih



Slika 11: Vsebnost hidroksicimetnih kislin (mg/100g) v listih hrušk (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka' v petih terminih vzorčenja. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.

Analizirali smo naslednje hidroksicimetne kisline: klorogensko, neoklorogensko in kriptoklorogensko kislino. 30.4.2009 je bila vsebnost hidroksicimetnih kislin v listih obravnavanih dreves od 768,6 mg/100g (kontrola) do 1053,6 mg/100g (Regalis). Največja vsebnost hidroksicimetnih kislin v listih obravnavanih dreves je bila izmerjena v dveh terminih, in sicer 20.5. (od 1345,9 mg/100g (kontrola) do 1371,2 mg/100g (Regalis)) in 13.5.2009 (od 1262,3 mg/100g (Regalis) do 1454,0 mg/100g (kontrola)). Najmanjša vsebnosti hidroksicimetnih kislin v listih obravnavanih dreves so bile od 87,7 mg/100g (Regalis) do 101,4 mg/100g (kontrola), in sicer dne 6.5.2009. Vsebnost hidroksicimetnih kislin se med obravnavanjema ob različnih terminih statistično značilno ne razlikuje.

4.3.3 Skupni flavonoli v listih



Slika 12: Vsebnost skupnih flavonolov (mg/100g) v listih hrušk (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka' v petih terminih vzorčenja. Polovica dreves je bila škropljena z zaviralcem vegetativne rasti, ki vsebuje proheksadion-Ca (Regalis). N=5. Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike (ANOVA, LSD test), so označena z isto črko.

Skupni flavonoli, ki smo jih analizirali, so bili kvercetin-3-O-rutinozid (rutin), Q-galaktozid, Q-glukozid in kampferol-3-O-rutinozid. Meritve so pokazale, da se vsebnost skupnih fenolov v listih dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, razlikuje od kontrolnih dreves. Statistično značilne razlike so se pokazale v dveh terminih. V terminu 13.5.2009 smo v listih dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, izmerili 1705,6 mg/100g skupnih fenolov, v listih kontrolnih dreves pa 2686,7 mg/100g, kar je 1,6 krat več. V terminu 27.5.2009 smo v listih škropljenih dreves izmerili 731,5 mg/100g, v listih kontrolnih dreves pa 1418,3 mg/100g, kar je 1,9 krat več od obravnavanja s proheksadion-Ca.

5 RAZPRAVA

V poskus smo vključili 10 dreves hruške (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka'. Polovico od desetih dreves smo škropili z Regalisom (učinkovina proheksadion-Ca), ostalih pet pa je predstavljalo kontrolna drevesa. Poskus je potekal v sadovnjaku v Hortikulturnem centru BF pri Novi Gorici.

Zanimalo nas je, ali proheksadion-Ca deluje zaviralno na vegetativno rast hruške, oziroma če se enoletna prirast na škropljenih drevesih zmanjša ter kako se spremeni metabolizem sladkorjev in organskih kislin v plodovih hruške ter fenolnih snovi v listih, pulpi in kožici plodov hruške.

5.1 PRIRAST

V raziskavi smo ugotovili, da se je škropljenje dreves s proheksadion-Ca izkazalo za izjemno učinkovito. Skupna enoletna prirast škropljenih dreves je bila za 1,9-krat manjša od skupne enoletne prirasti kontrolnih dreves. Tudi skupni enoletni prirast dreves glede na kvadratni centimeter debla je bil pri škropljenih drevesih bistveno manjši. V primerjavi s kontrolnimi drevesi je bila enoletna prirast glede na kvadratni centimeter debla kar 2-krat manjša. V našem primeru se je škropljenje dreves s proheksadion-Ca izkazalo kot učinkovita metoda za zmanjšanje vegetativne rasti hruške sorte 'Viljamovka'.

Smit in sod. (2005) so raziskovali vpliv proheksadion-Ca na vegetativno rast različnih sort hrušk. Na obravnavanih drevesih so označili deset najznačilnejših enoletnih vegetativnih poganjkov. Merili so njihovo dolžino, in sicer prvič ob škropljenju s proheksadion-Ca in nato v tedenskih intervalih do konca vegetativne rasti. Ugotovili so, da proheksadion-Ca zmanjša vegetativno rast hrušk sort 'Rosemarie', 'Forelle', 'Packham's Triumph', 'Flamingo', 'Early Bon Chretien' in 'Golden Russet Bosc'. Odziv dreves na različne koncentracije proheksadion-Ca in različno število škropljenj je odvisen od sorte hruške. Obravnavane sorte so poskušali razdeliti v kategorije glede na občutljivost na škropljenje s proheksadion-Ca. V skupino, ki se je močno odzvala na nizke koncentracije proheksadion-Ca, sodijo sorte 'Rosemarie', 'Golden Russet Bosc', v skupino, ki se je bolj odzvala na višje koncentracije proheksadion-Ca sodijo sorte 'Flamingo', 'Early Bon Chretien' in 'Packham's Triumph'. Sorta 'Forelle' sodi v skupino, ki se je slabo ali pa sploh ni odzivala na škropljenje z visokimi koncentracijami proheksadion-Ca.

Asín in sod. (2007) so primerjali letno prirast hrušk sorte 'Blanquilla' glede na različna obravnavanja. Primerjali so učinek škropljenja s paklobutrazolom, proheksadion-Ca, poletno rezjo, zmanjšanim namakanjem in rezjo korenin. Kot najučinkovitejši metodi za uravnavanje rasti sta se izkazali poletna rez in škropljenje s paklobutrazolom, sledi pa jima škropljenje s proheksadion-Ca, ki je zmanjšal prirast škropljenih dreves v primerjavi s

kontrolnimi za 20%. Škropljenje hrušk sorte 'Blanguilla' s proheksadion-Ca je ne samo zmanjšalo enoletno prirast obravnavanih dreves, ampak tudi število poganjkov na drevo. O takšnih učinkih so poročali tudi pri številni drugi avtorji za različne sorte hruške (Elfving in sod., 2003; Warnier, 2003, cit. po Asín in sod., 2007; Costa in sod., 2001, 2002; Moran in sod., 2000, cit. po Asín in sod., 2007; Vilardell in sod., 2000, cit. po Asín in sod., 2007).

Tudi v naši raziskavi smo ugotovili zmanjšanje povprečnega števila poganjkov na posamezno drevo. Najbolj so se zmanjšali zgornji trije velikostni razredi, in sicer število poganjkov, dolgih od 31 do 40 cm, od 41 do 50 cm in razred poganjkov, daljših od 51 cm. V razredu 31 do 40 cm se je število poganjkov dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, zmanjšalo za 13, v razredu od 41 do 50 cm za 7 in v razredu poganjkov, daljših od 51 cm, pa za 9 poganjkov. V razredu poganjkov dolgih do 10 cm je bilo število le-teh pri drevesih, škropljenih s proheksadion-Ca, za 19 večja kot pri kontrolnih drevesih. Posledica škropljenja s proheksadion-Ca je manj daljših in več krajših poganjkov.

Proheksadion-Ca se je izkazal za učinkovitega zaviralca vegetativne rasti pri jablani sorte 'Zlati Delišeš Smothee M9'. Škropljenje s proheksadion-Ca, ki je uspešno uravnal vegetativno rast, ni imelo nobenega učinka na kvaliteto sadja v primerjavi z drugimi rastnimi regulatorji, na primer paklobutrazolom in daminozidom (Medjdoub in sod., 2003). Tudi Elfving in sod. (2003) poročajo, da proheksadion-Ca učinkuje hitro pri zmanjšanju stopnje vegetativne rasti.

5.2 PLODOVI

V našem poskusu smo v pulpi plodov merili vsebnost sladkorjev in organskih kislin, skupnih fenolov, hidroksicimetnih kislin in skupnih flavanolov. V kožici plodov smo merili vsebnosti skupnih fenolov, hidroksicimetnih kislin, skupnih flavanolov in skupnih flavonolov. Primerjali smo količino naštetih snovi v plodovih dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, in v kontrolnih, neškropljenih drevesih. Ugotovili smo, da ostajajo količina in razmerje sladkorjev, organskih kislin in fenolnih snovi (skupnih fenolov, hidroksicimetnih kislin, skupnih flavanolov in skupnih flavonolov) tako v pulpi kot v kožici plodov škropljenih in kontrolnih drevesih primerljive, oziroma da med količinami ni statistično značilnih razlik. Vzrok za to je morda tudi dejstvo, da smo drevesa s proheksadion-Ca škropili zgodaj spomladi, plodove pa smo obirali pozno poleti v tehnološki zrelosti.

Organske kisline in sladkorji imajo pomembno vlogo pri okusu, aromi, videzu in vsebnosti hranilnih snovi v plodu. Spremembe okusa, trdote in videza plodov so lahko posledica sprememb v vsebnosti in razmerju organskih kislin, sladkorjev in alkoholov (Hudina, 1999). Kakovost plodov hrušk je odvisna od teksture mesa, sladkosti, kislosti, okusa in barve plodov (Vangdal, 1985, cit. po Hudina, 1999). V našem poskusu vsebnost in

razmerje sladkorjev in organskih kislin v pulpi in kožici ostajajo tudi po škropljenju s proheksadion-Ca primerljive kontroli, zato naj bi plodovi škropljenih dreves ohranili okus, videz, aromo in ne nazadnje tudi kakovost.

V plodu imajo fenolne snovi pomembno fiziološko vlogo, med drugim tudi v njegovi odpornosti na mehanski in biološki stres. Poleg tega fenolne snovi prispevajo k aromi, trpkosti, grenkosti in obarvanosti ploda in imajo obrambno funkcijo pred rastlinskimi patogeni. V našem poskusu se vsebnosti fenolnih snovi (skupnih fenolov, hidroksicimetnih kislin, skupnih flavanolov in skupnih flavonolov) v pulpi in kožici plodov škropljenih in kontrolnih dreves statistično ne razlikujejo. Lastnosti plodov, h katerim prispevajo fenolne snovi, naj bi tudi po škropljenju s proheksadion-Ca ostale nespremenjene.

Mikulič Petkovšek in sod. (2009) so v raziskavi vpliva škropljenja jablane sort 'Florina' in 'Jonagold' s proheksadion-Ca ugotovili, da je vsebnost skupnih fenolnih snovi (TPC) v plodovih škropljenih dreves manjša kot pri kontrolnih drevesih, vsebnost hidroksicimetnih kislin pa je v plodovih škropljenih dreves večja kot v plodovih kontrolnih dreves. V tehnološki zrelosti plodov pa razlik v vsebnosti hidroksicimetnih kislin pri škropljenih in kontrolnih drevesih ni bilo. Poročajo še, da kožica plodov škropljenih dreves vsebuje statistično manjše vsebnosti epikatehina, katehina in rutina.

V našem poskusu smo merili vsebnosti skupnih fenolov, hidroksicimetnih kislin, skupnih flavanolov (katehin, epikatehin, procyanidin dimer, procianidin trimer) v pulpi. V kožici pa smo merili poleg vseh ostalih fenolnih snovi še vsebnosti skupnih flavonolov (rutin, Q-galaktozid, Q-glukozid, kampferol-3-O-rutinozid). Meritve so potekale na plodovih škropljenih in kontrolnih dreves, ki so bili obrani v tehnološki zrelosti. Rezultati teh meritev so pokazali, da med vsebnostmi vseh fenolnih snovi v plodovih škropljenih in neškropljenih dreves ni bilo statistično značilnih razlik, kar potrjuje tudi ugotovitve Mikulič Petkovšek in sod. (2009) na primeru jablane.

5.3 LISTI

V poskusu smo v listih dreves škropljenih s proheksadion-Ca in kontrolnih dreves merili vsebnosti skupnih fenolov, hidroksicimetnih kislin in skupnih flavonolov. Ugotavljali smo spreminjanje fenolnih snovi v listih kontrolnih in škropljenih dreves in jih primerjali v vsakem terminu posebej.

Ugotovili smo tudi, da se je vsebnost skupnih fenolov (TPC) v listih dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, statistično značilno razlikovala le v enem terminu, 19 dni po škropljenju, in sicer je bila vsebnost manjša od vsebnosti v listih kontrolnih dreves. V drugih terminih statistično značilnih razlik med vsebnostmi skupnih fenolov nismo opazili. Za razliko od naših rezultatov pa Mikulič Petkovšek in sod. (2009) navajajo, da je škropljenje dreves s

proheksadion-Ca povzročilo znatno povečanje vsebnosti skupnih fenolnih snovi v listih dreves jablane sorte 'Jonagold' in 'Florina' v primerjavi z vsebnostjo skupnih fenolov v listih kontrolnih dreves. To povečanje je bilo statistično značilno in opaženo pri skoraj vseh terminih vzorčenja.

Pri našem poskusu smo ugotovili, da se vsebnosti hidroksicimetnih kislin po pričakovanjih niso spremenile. Proheksadion-Ca namreč deluje tako, da blokira encime kasneje v sintezni poti fenolnih snovi, zato se vsebnost hidroksicimetnih kislin naj ne bi spreminjala. Mikulič Petkovšek in sod. (2009) pa poročajo, da so listi dreves jablane sorte 'Jonagold' in 'Florina', škropljenih s proheksadion-Ca, v primerjavi z listi kontrolnih dreves vsebovali večje količine hidroksicimetnih kislin tudi 21. dan po drugem škropljenju s proheksadion-Ca. Vsebnost kavne kisline je na primer zrasla med 5 in 30 %.

Razlika med vsebnostmi skupnih flavonolov v listih dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, in vsebnostmi v kontrolnih drevesih, se je v dveh terminih, in sicer 19 in 33 dni po škropljenju izkazala za statistično značilno. Vsebnosti skupnih flavonolov so bile precej večje v listih kontrolnih dreves v primerjavi z listi dreves, škropljenih s proheksadion-Ca. Spremenjen metabolizem flavonolov je posledica škropljenja s proheksadion-Ca, saj le ta blokira encime, ki inhibirajo sintezo flavonolov. Mikulič Petkovšek in sod. (2009) so ugotovili, da se je vsebnost rutina v listih dreves jablane sorte 'Jonagold' in 'Florina', škropljenih s proheksadion-Ca, zmanjšala za 25 % glede na vsebnost rutina v listih kontrolnih dreves.

Škropljenje s proheksadion-Ca lahko v mladih listih jablane in hruške spremeni metabolizem flavonoidov, posledično pa se tvorijo drugačni flavonoidi (Puhl in sod., 2008). Proheksadion-Ca inhibira flavanon-3-hidrolazo, ki sodeluje pri sintezi flavonoidov (Rademacher in Kober, 2003). Zaviranje sinteze flavonolov s pomočjo škropljenja dreves jablane s proheksadion-Ca, povzroči akumulacijo 3-flavanon eriodictiola (Mikulič Petkovšek in sod., 2009).

5.4 SKLEPI

V diplomski nalogi smo raziskovali vpliv škropljenja hrušk sorte 'Viljamovka' s proheksadion-Ca. Opazovali smo, kako proheksadion-Ca vpliva na vegetativno rast, vsebnost in razmerje sladkorjev in organskih kislin v pulpi in kožici plodov, vsebnosti fenolnih snovi (skupnih fenolov, hidroksicimetnih kislin, skupnih flavanolov in skupnih flavonolov) v pulpi in kožici plodov in vsebnosti fenolnih snovi (skupnih fenolov, hidroksicimetnih kislin in skupnih flavanolov) v listih ob različnih terminih vzorčenja. Ugotovili smo sledeče:

- škropljenje dreves s proheksadion-Ca se je izkazalo kot učinkovita metoda za zmanjšanje vegetativne rasti hruške sorte 'Viljamovka',
- vsebnost in razmerje sladkorjev in organskih kislin v pulpi in kožici plodov ostajajo tudi po škropljenju s proheksadion-Ca primerljive kontroli, zato naj bi plodovi škropljenih dreves ohranili okus, videz in s tem tudi kakovost,
- vsebnosti fenolnih snovi v pulpi in kožici plodov škropljenih dreves in kontrolnih dreves se statistično ne razlikujejo. Lastnosti plodov, h katerim prispevajo fenolne snovi, naj bi tudi po škropljenju s proheksadion-Ca ostale nespremenjene,
- vsebnosti skupnih fenolov v listih dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, se v enem terminu statistično razlikujejo od vsebnosti skupnih fenolov listov kontrolnih dreves, vsebnosti skupnih flavanolov obravnavanih in kontrolnih dreves pa se statistično razlikujeta v dveh terminih. Vsebnosti hidroksicimetnih kislin v listih dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, in listih kontrolnih drevesih so brez statistično značilnih razlik,
- vsebnost nekaterih fenolnih snovi v listih dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, je spremenjena.

Priporočamo, da se raziskave izvedejo tudi na drugih sortah hrušk. Do sedaj so bili napravljeni predvsem poskusi raziskovalcev v zvezi z vplivom proheksadion-Ca na vegetativno rast pri jablanah. Redke so tudi raziskave o vplivu proheksadion-Ca na vsebnost sladkorjev, organskih kislin in fenolnih spojin v plodovih in listih različnih sadnih vrst, predvsem pa hrušk.

6 POVZETEK

V diplomski nalogi smo raziskovali vpliv škropljenja hrušk sorte 'Viljamovka' s proheksadion-Ca. Poskus smo izvedli v sadovnjaku v Hortikulturnem centru BF pri Novi Gorici. Vključeval je 10 dreves hrušk sorte 'Viljamovka'. Polovico od desetih dreves smo škropili s proheksadion-Ca, ostalih pet dreves je predstavljalo kontrolna drevesa, ki smo jih med škropljenjem prekrili s folijo. Zanimalo nas je, ali proheksadion-Ca deluje zaviralno na vegetativno rast hruške sorte 'Viljamovka' in kako vpliva na vsebnost sladkorjev, organskih kislin in fenolnih snovi v plodovih in vsebnost fenolnih snovi v listih škropljenih dreves. Za raziskavo smo se odločili ker so regulatorji rasti, kamor sodi tudi pripravek Regalis, ki vsebuje aktivno snov proheksadion-Ca, med manj uveljavljenimi načini uravnavanja rasti in rodnosti.

Merjenje enoletne prirasti na drevesih je potekalo konec rastne dobe, in sicer pred zimsko rezjo. Na vsakem drevesu smo merili enoletne poganjke, ki so bili dolgi vsaj 3 ali več centimetrov. Liste smo vzorčili petkrat v času rastne dobe, plodove pa smo obrali v času tehnološke zrelosti.

Poskus smo nadaljevali v laboratoriju Katedre za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo na Biotehniški fakulteti, Oddelek za agronomijo. Vzorce plodov in listov smo analizirali s pomočjo HPLC sistema in sicer smo analizirali sladkorje, organske kisline in fenolne snovi.

Preveriti smo želeli, ali škropljenje hrušk sorte 'Viljamovka' s proheksadion-Ca zmanjša enoletno prirast in ali škropljenje dreves s proheksadion-Ca vpliva na vsebnosti sladkorjev in organskih kislin v plodovih hruške ter na vsebnost fenolnih snovi v listih, pulpi in kožici plodov hruške.

V našem primeru se je izkazalo, da je škropljenje hrušk sorte 'Viljamovka' s proheksadion-Ca učinkovita metoda za zmanjšanje vegetativne rasti. Vsebnosti in razmerja sladkorjev in organskih kislin v pulpi in kožici plodov ostajajo tudi po škropljenju s proheksadion-Ca primerljive kontroli, vsebnosti fenolnih snovi v pulpi in kožici plodov škropljenih dreves in kontrolnih dreves se statistično ne razlikujejo. Vsebnosti skupnih fenolov v listih dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, se v enem terminu statistično razlikujejo od vsebnosti skupnih fenolov listov kontrolnih dreves, vsebnosti skupnih flavonolov obravnavanih in kontrolnih dreves pa se statistično razlikujeta v dveh terminih. Vsebnosti hidroksicimetnih kislin v listih dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, in listih kontrolnih drevesih pa so brez statistično značilnih razlik. Vsebnost merjenih fenolnih snovi v listih dreves, škropljenih s proheksadion-Ca, je spremenjena.

V našem poskusu se je proheksadion-Ca izkazal kot učinkovit zaviralec vegetativne rasti, ki značilno zmanjša enoletno prirast pri škropljenih drevesih. Poleg tega ne vpliva na vsebnost sladkorjev, organskih kislin in fenolnih snovi niti v pulpi niti v kožici plodov, spremeni pa se metabolizem fenolnih snovi v listih dreves, ki smo jih škropili s proheksadion-Ca.

7 VIRI

- Abram V., Simčič M. 1997. Fenolne spojine kot antioksidanti. *Farmakološki vestnik*, 48: 573-589
- Amiot M.J., Tacchini M., Aubert S.Y., Oleszek W. 1995. Influence of cultivar, maturity stage, and storage conditions on phenolic composition and enzymatic browning of pear fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43: 1132-1137
- Asín L., Alegre S., Montserrat R. 2007. Effect of paclobutrazol, prohexadione-Ca, deficit irrigation, summer pruning and root pruning on shoot growth, yield, and return bloom, in a 'Blanquilla' pear orchard. *Scientia Horticulturae*, 113: 142-148
- Basak A., Rademacher W. 2000. Growth regulation of pome and stone fruit trees by use of prohexadione-Ca. *Acta Horticulturae*, 514: 41-51
- Blattny C. 2003. Pears. V: *Encyclopedia of Food Sciences and nutrition*. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (eds.). London, Academic Press: 4428-4433
- Colarič M., Veberič R., Štampar F., Hudina M. 2005. Evaluation of peach and nectarine fruit quality and correlations between sensory and chemical attributes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 2611-2616
- Colarič M., Štampar F., Hudina M. 2006. Changes in sugar and phenolics concentrations of Williams pear leaves during the growing season. *Canadian Journal of Plant Science*, 86: 1203-1208
- Colarič M. 2007. Vsebnost izbranih metabolitov v listih in plodovih hruške (*Pyrus communis* L.) sort 'Williams' in 'Conference' glede na arhitektonsko zgradbo rodne veje. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo: 59 str.

- Costa G., Andreotti C., Bucchi F., Sabatini E., Bazzi C., Malaguti S. 2001. Prohexadione-Ca (Apogee): growth regulation and reduced fire blight incidence in pear. *Horticultural Science*, 36, 5: 931-933
- Costa G., Andreotti C., Sabatini E., Bregoli A.M., Bucchi F., Spada G., Mazzini F. 2002. The effect of prohexadione-Ca on vegetative and cropping performance and fire blight control of pear trees. *Acta Horticulturae*, 596: 531-534
- Črnko J., Lekšan M., Smole J., Oblak M., Peric V., Solar A., Modic D., Vesel V., Adamič F. 1990. Naš sadni izbor. Ljubljana, Kmečki glas: 244 str.
- Dolenc K., Štampar F. 1997. An investigation of the application and conditions of analyses of HPLC methods for determining sugars and organic acid in fruits. *Research Reports Biotechnical Faculty University of Ljubljana*, 69: 99-106
- Duval J.R. 2002. Use of prohexadione-Ca to increase early yield and reduce establishment irrigation of strawberry (*Fragaria Xananassa*). *Proceedings Florida State Horticultural Society*, 115: 220-222
- Elfving D.C., Proctor J.T.A. 1986. Long-term effects of paclobutrazol (Cultar) on apple-tree shoot growth, cropping and fruit-leaf relations. *Acta Horticulturae*, 179: 473-480.
- Elfving D.C., Lombardini L., McFerson J.R., Drake S.R., Faubion D.F., Auvil T.D., Van Ee G., Visser D.B. 2003. Effects of directed applications of prohexadione-calcium to tops of mature pear trees on shoot growth, light penetration, pruning and fruit quality. *Journal of American Pomological Society*, 57, 2: 45-57.
- Escarpa A., Gonzales M.C. 2000. Optimization strategy and validation of one chromatographic method as approach to determine the phenolic compounds from different sources. *Journal of Chromatography*, 897: 161-170
- Evans R.R., Evans J.R., Rademacher B.H., Kappel F. 1997. Prohexadione calcium for suppression of vegetative growth in eastern apples. *Acta Horticulturae*, 451: 663-666

Evans R.R., Evans J.R., Regusci C.L., Rademacher B.H. 1999. Mode of action, metabolism, and uptake of BAS 125W, prohexadione-calcium. *Horticultural Science*, 34: 1200-1201

Greene D.W. 1999. Tree growth management and fruit quality of apple trees treated with prohexadione-calcium (BAS 125). *Horticultural Science*, 34: 1209-1212

Gvozdenović D., Dulić K., Lombergar F. 1988. Gosti sadni nasadi. Ljubljana, Kmečki glas: 255 str.

Gvozdenović D. 1989. Od obiranja sadja do prodaje. Ljubljana, Kmečki glas: 291 str.

Hudina M. 1999. Vpliv vodnega režima, prehrane, listne površine in rastne dobe na vsebnost sladkorjev in organskih kislin v hruškah (*Pyrus communis* L.) cv. 'Viljamovka'. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 155 str.

Hudina M., Štampar F. 1999. Influence of water stress and assimilation area on the sugar content and organic acid during the growth period in the pear fruits (*Pyrus communis* L.) cv. 'Williams'. *Phyton*, 39, 3: 107-111

Hudina M., Solar A., Štampar F. 2003. Does foliar nutrition influence the pear fruit quality? *International Journal of Horticultural Science*, 9: 25-28

Jordan D.L., Beam J.B., Johnson D., Spears J.F. 2001. Peanut response to prohexadione-Ca in three seeding rate-row pattern planting systems. *Agronomy Journal*, 93: 232-236

Lattanzio V., De Cicco V., Di Venere D., Lima G., Salerno M. 1994. Antifungal activity of phenolics against fungi commonly encountered during storage. *Italian Journal of Food Science*, 1: 23-30

- LeNoble M.E., Spollen W.G., Sharp R.E. 2003. Maintenance of shoot growth by endogenous ABA: genetic assessment of the involvement of ethylene suppression. *Journal of Experimental Botany*, 55, 395: 237-245
- Lin L.-Z., Harnly J.M. 2008. Phenolic compounds and Chromatographic Profiles of Pear Skins (*Pyrus* spp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 9094-9101
- Marks S.C., Mullen W., Croizer A. 2008. Flavonoid and chlorogenic acid profiles of english cider apples. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 87, 4: 719-728
- Mass F. 2006. Carry-over effects of CCC-applications in pear orchards. *Acta Horticulturae*, 727: 125-132
- Mikulič Petkovšek M., Štampar F., Veberič R. 2009. The effect of prohexadione-calcium on the phenolic content in developing fruits and leaves of apple trees. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7, 3&4: 369-375
- Miller S.S. 1995. Root pruning and trunk scoring have limited effect on young bearing apple trees. *Horticultural Science*, 30: 981-984
- Miller S.S. 2002. Prohexadione-calcium controls vegetative shoot growth in apple. *Journal of Fruit Tree Production*, 3: 11-28
- Miller S.S., Tworkoski T. 2003. Regulating vegetative growth in deciduous fruit trees. *Plant Growth Regulation Society of America Quarterly*, 31: 8-46
- Medjdoub R., Val J., Blanco A. 2003. Prohexadione-Ca inhibits vegetative growth of 'Smoothie Golden Delicious' apple trees. *Scientia Horticulturae*, 101: 243-253
- Ouzounidou G., Papadopoulou P., Giannakoula A., Ilias I. 2008. Plant growth regulators treatments modulate growth, physiology and quality characteristics of *Cucumis melo* L. plants. *Pakistan Journal of Botany*, 40, 3: 1185-1193

- Owens C.L., Stover E. 1999. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. *Horticultural Science*, 34, 7: 1994-1996
- Palonen P., Mouhu K., 2008. Prohexadione-calcium treatments reduce vegetative growth of primocane fruiting raspberry "Ariadne". *Acta Horticulturae*, 777: 257-261
- Puhl I., Stadler F., Treutter D. 2008. Alterations of flavonoid biosynthesis in young grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaves, flowers and berries induced by the dioxygenase inhibitor prohexadione-Ca. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 2498-2504
- Rademacher W., Kober R. 2003. Efficient use of prohexadione-CA in pome fruits. *European Journal of Horticultural Science*, 68: 101-107
- Robards K., Prenzler P.D., Tucker G., Swatsitang P., Glover W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*, 66: 401-436
- Sancin V. 1988. Sadje z našega vrta. Trst, Založništvo tržaškega tiska: 376 str.
- Sastry C.S.P., Sastry B.S. 1993. Phenolic compounds. *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*, 7: 3548-3553
- Solar A., Jakopič A., Veberič R., Štampar F. 2008. Prohexadione-Ca affects vegetative growth of the rejuvenated shoots in walnut trees. *Horticultural Science*, 43: 558-561
- Smit M., Meintjes J.J., Jacobs G., Stassen P.J.C., Theron K.I. 2005. Shoot growth control of pear trees (*Pyrus communis* L.) with prohexadione-calcium. *Scientia Horticulturae*, 106: 515-529
- Štampar F., Lešnik M., Veberič R., Solar A., Koron D., Usenik V., Hudina M., Osterc G. 2005. Sadjarstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 416 str.
- Taiz L., Zaiger E. 2006. *Plant physiology*. 4th edition. USA, Sunderland (Massachusetts), Sinauer Associates: 764 str.

Unrath C.R. 1999. Prohexadione-Ca: a promising chemical for controlling vegetative growth of apples. *Horticultural Science*, 34: 1197–1200

Vodnik D. 2001. Fiziologija rastlin. Praktične vaje. Ljubljana. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. 56 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Robertu VEBERIČU za vodenje, strokovne nasvete in pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se staršem za spodbudo in predvsem finančno podporo skozi študij.

Najbolj pa se zahvaljujem Teji in Sofiji za spodbudo, pomoč, razvedrilo, skratka za VSE.