

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Милена М. Поледица

УТИЦАЈ *PROHEXADIONE-Ca* И ЗАКИДАЊА
ПРВИХ СЕРИЈА ИЗДАНАКА НА БИОЛОШКО-
ПРОИЗВОДНЕ ОСОБИНЕ СОРТЕ МАЛИНЕ
“WILLAMETTE” (*Rubus idaeus* L.)

докторска дисертација

Београд, 2014.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF AGRICULTURE

Milena M. Poledica

THE INFLUENCE OF *PROHEXADIONE-Ca* AND
YOUNG CANES REMOVAL ON BIOLOGICAL-
PRODUCTION TRAITS OF RASPBERRY CULTIVAR
“WILLAMETTE” (*Rubus idaeus* L.)

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2014.

Пољопривредни факултет-Београд

Ментор:

др Јасминка Миливојевић, доцент, Универзитет у Београду,
Пољопривредни факултет

Чланови комисије:

др Михаило Николић, редовни професор, Универзитет у Београду,
Пољопривредни факултет

др Јелена Драгишић Максимовић, научни сарадник, Универзитет у
Београду, Институт за Мултидисциплинарна истраживања

др Роберт Веберич, ванредни професор, Универзитет у Љубљани,
Биотехнички факултет

др Драган Радивојевић, доцент, Универзитет у Београду,
Пољопривредни факултет

Датум одбране: _____

ЗАХВАЛНИЦА

Овај рад је реализован у оквиру пројекта „Истраживање климатских промена на животну средину: праћење утицаја, адаптација и ублажавање“ (43007), који финансира Министарство за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије у оквиру програма Интегрисаних и интердисциплинарних истраживања за период 2011-2014. године.

Захваљујем се мојој менторки др Јасминки Миливојевић на интелектуалном ангажовању, корисним сугестијама, помоћи на различитим сегментима израде ове докторске дисертације, али и на великодушној помоћи сваке друге врсте и указаном поверењу.

Биохемијски експерименти из ове докторске дисертације су изведени под директним руководством др Јелене Драгишић Максимовић, на Институту за мултидисциплинарна истраживања (*ИМСИ*), Универзитета у Београду, у оквиру пројекта 173040, на чему јој се захваљујем као и на дивној сарадњи и подједнаком ангажовању како у експерименталној фази рада тако и на стручним смерницама и помоћи током финализације докторске дисертације.

Својим искуством у раду са биљним регулаторима растења и корисним сугестијама др Драган Радивојевић допринео је коначном изгледу ове докторске дисертације.

За *HPLC* анализе садржаја индивидуалних фенолних компоненти у плодовима малине дугујем захвалност Биотехничком факултету у Љубљани и др Роберту Веберичу за корисне савете и успешну сарадњу.

Такође, професору др Михаилу Николићу захваљујем се за подршку и стручне сугестије које су допринеле финализацији ове докторске дисертације.

Посебну захвалност дугујем породици Тодоровић, која је уступила своје производне површине за реализацију овог експеримента, као и општини Ивањица за материјалну подршку током школовања.

Захваљујем се мојој породици и Бранку на пруженој љубави, бескрајној подршци и разумевању.

**УТИЦАЈ *PROHEXADIONE-Ca* И ЗАКИДАЊА ПРВИХ СЕРИЈА ИЗДАНАКА
НА БИОЛОШКО-ПРОИЗВОДНЕ ОСОБИНЕ СОРТЕ МАЛИНЕ
“WILLAMETTE” (*Rubus idaeus* L.)**

-Резиме-

Црвена малина је најзначајнија јагодаста воћка у нашој земљи узимајући у обзир укупне производне површине и остварене приносе. Сорта “Willamette” је доминантно заступљена у производним засадима захваљујући превасходно богатом биохемијском саставу и изузетном квалитету њених плодова. У последњих неколико година површине под малином се константно повећавају због релативно добрих цена и лаког пласмана плодова, међутим количина произведених плодова се не увећава, јер просечан принос по *ha* опада. У циљу одржања високе позиције на светском тржишту малине, наша земља мора да обезбеди константно добре приносе и беспрекоран квалитет свежег и смрзнутог плода. Стога се намеће потреба за сталним унапређењем и интензивирањем технологије гајења. Један од основних елемената интензивирања производње малине, поред интродукције нових сорти и модификације постојећих система гајења, је и контрола вегетативног пораста биљака. Мера закидања првих серија младих изданака је традиционални начин контроле раста биљака малине, који омогућава да касније развијени изданци имају довољно простора, светлости и хранљивих материја за свој развој. Међутим, регулисање вегетативног пораста закидањем прве серије младих изданака је скупа помотехничка мера у комерцијалној производњи малине, која захтева ангажовање радне снаге. Последњих година, биљни регулатори раста нашли су широку примену у регулисању вегетативног пораста, смањењу производних трошкова и повећању продуктивности. *Prohexadione-Ca* је инхибитор биосинтезе гибберелина нове генерације са ниском токсичношћу и ограниченим деловањем, чије је ефикасно дејство на смањење вегетативног пораста испитано код различитих врста воћака.

Основни циљ ових истраживања био је да се испита утицај ретарданта раста *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и помотехничке мере закидања прве серије младих изданака на контролу вегетативног раста, промене у садржају фотосинтетских пигмената, модификацију активности ензима антиоксидационог заштитног

система у листовима и плодовима, висину приноса и квалитет плода сорте малине “Willamette”.

Истраживање је обављено у комерцијалном засаду малине сорте “Willamette”, који се налази у селу Толисавац близу Крупња (Мачвански округ). Засад је подигнут 2000. године у форми вертикалног шпалира са два реда једноструке жице. Примењено растојање садње између редова је 2,5 m и у реду 0,25 m. Оглед је постављен по потпуно случајном плану и испитиван је утицај два фактора: закидање тј. кошење прве серије младих изданака и фолијарни третман ретардантом раста *Prohexadione-Ca* ('*Regalis*[®]'). Експеримент је изведен у периоду 2010-2012. година и обухватио је 6 третмана: контрола - без третмана; *2ProCa* - са два третирања *ProCa*; *Z* - са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* - са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *Prohexadione-Ca*, и непосредно затим гиберелинском киселином. Прво закидање младих изданака је обављено средином априла, а друго крајем априла сваке испитиване године. У *2ProCa*, *Z+2ProCa* и *2ProCa+2GA₃* третману фолијарна апликација са *ProCa* вршена је два пута у периоду април-мај у интервалу од три недеље сразмерно динамици пораста нових изданака тј. у моменту када они достигну висину од 30 cm. Примењене су следеће концентрације *ProCa*: 125 ppm (код првог третирања) и 200 ppm (код другог третирања). Третирање гиберелинском киселином (*GA₃*) је извршено два пута непосредно након примене *Prohexadione-Ca* у концентрацији од 250 ppm.

Примена *ProCa* резултирала је инхибицијом пораста младих изданака малине, која је била праћена скраћивањем дужине интернодија, повећањем бројем нодуса по дужном метру изданка и смањењем пречника изданака. Самостално закидање прве серије младих изданака, изведено једом или два пута, није утицало на значајне промене поменутих параметара вегетативног потенцијала.

Просечне вредности добијене за трогодишњи период испитивања на подручју Општине Крупањ, где је експеримент реализован, указују да фенофаза цветања код сорте “Willamette” почиње 11.05., а фенофаза зрења 09.06. Испитиване мере нису утицале на одступања у почетку фенофаза цветања и зрења двогодишњих изданака у односу на контролни третман, било примењене појединачно или у комбинацији.

Ниједан од третмана није утицао на промену концентрације хлорофила *a* и каротеноида, док је примена *ProCa* знатно повећала концентрацију хлорофила *b*. Закидања прве серије младих изданака и примена регулатора раста *ProCa* води до одређених промена у физиолошким и метаболичким путевима, што је резултирало модификацијом активности ензима антиоксидационог заштитног система (пероксидазе, каталазе, полифенол оксидазе и супероксид дисмутазе) у листовима и плодовима сорте малине “Willamette”.

Повећање броја нодуса по дужном метру изданка у свим третманима у којима је примењен *ProCa* на једногодишњим изданцима у претходној години, резултирало је већим број родних гранчица, што је позитивно утицало на принос по изданку и дужном метру шпалира, а највеће вредности регистроване су након комбиноване примене закидања изданака и апликације *ProCa*.

Закидање прве серије младих изданака и примена *ProCa* на једногодишњим изданцима малине, изведени појединачно или у комбинацији, позитивно су утицали на хемијска својства плодова испитиване сорте. Изузетак чини витамин Ц, чији садржај се није значајно мењао у зависности од примењених третмана. У свим експерименталним годинама забележено је повећање садржаја растворљиве суве материје у свим третманима у поређењу са контролом. *ProCa* је утицао на смањење садржаја укупних киселина, које је било праћено повећањем садржаја шећера, што је позитивно утицало на конзумне карактеристике плода. Садржај индивидуалних фенолних компоненти у плоду испитиване сорте остао је непромењен (4-*O*-ацетоксилозид елагинске киселине, галоил-бис-*HHDP*-глукоза, кверцетин-3-ксилозилглукоронид, кверцетин-арабинопиранозид, изорамнетин глукозид 1) или је значајно варирао у зависности од примењене мере (деривати хидроксицинамичних киселина, флаваноли, пентозиди елагинске киселине, елагинска киселина, кверцетин-дихексозид, кверцетин-3-вицианозид, кверцетин-3-галактозид, кверцетин-3-глукоронид, кампферол-3-глукоронид и изорамнетин глукозид 2, антоцијани). Добијени резултати су потврдили доминантно присуство гликозида кверцетина и антоцијана цијанидин-3-софорозида и цијанидин-3-глукозида у плоду малине. Међу бројним фенолним компонентама, у плоду испитиване сорте детектована је и висока концентрација слободне елагинске киселине и деривата елагинске

киселине галоил-бис-*HHDP*-глукозе. *ProCa* третман условио је повећање садржаја укупних фенола и антоцијана у плодовима испитиване сорте, а сагласно томе регистроване су највеће вредности укупног антоксидационог капацитета. Ови ефекти се могу објаснити побољшаним условима раста насталих услед смањења бујности биљака, што је вероватно допринело унапређењу њиховог физиолошког статуса.

Свеобухватном анализом биолошко-производних особина сорте малине “Willamette” након примене испитиваних мера може се закључити да је једно закидање изданака комбиновано са применом *ProCa* у концентрацијама од 125 и 200 *ppm* адекватна мера за успостављање избалансираног односа вегетативног пораста и генеративног потенцијала, и побољшање квалитета плода у комерцијалној производњи малине.

Кључне речи: малина, хемијски регулатор раста, резидба, фотосинтетски пигменти, антиоксидациони заштитни ензими, генеративни потенцијал, квалитет плода.

Научна област: Биотехнологија

Ужа научна област: Воћарство

УДК: 631.811.98:631.547:634.711(043.3)

**THE INFLUENCE OF *PROHEXADIONE-Ca* AND YOUNG CANES REMOVAL
ON BIOLOGICAL-PRODUCTION TRAITS OF RASPBERRY CULTIVAR
“WILLAMETTE” (*Rubus idaeus* L.)**

-Summary-

Red raspberry is the most important berry fruit in our country considering total production area and achieved yields. “Willamette” is predominant cultivar in raspberry plantings due to rich biochemical composition and exceptional fruit quality. In recent years, owing to relatively good price and ensured market, area under raspberry plantings is constantly increasing. However, the quantity of produced fruit does not increase, since the average yield per *ha* is decreasing. In order to maintain a high position in the raspberry world market, our country has to provide consistently good yields and impeccable quality of both fresh and frozen fruit. Therefore, there is a need for continuous improvement and intensification of agricultural practices. One of the main elements of raspberry production intensification, besides introducing new cultivars and modification of existing cultivation systems, is control of vegetative growth. Removal of young canes is traditional cultural practice for managing raspberry plant growth, which provides enough space, light and nutrients for the later developed canes. However, managing the vegetative growth by removing first series of primocanes is a very labor-intensive and expensive management practice in commercial raspberry production. In recent years, plant growth regulators have widely used in the regulation of vegetative growth, reducing production costs and improving productivity. *Prohexadione-Ca* is a new-generation gibberellin biosynthesis inhibitor with low toxicity and limited persistence, and so far its effective impact on reducing vegetative growth was tested in different fruit crops.

The aim of this study was to evaluate the effects of growth regulator *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) and young canes removal on vegetative growth, the changes in the content of photosynthetic pigments, modification activities of antioxidant enzymes defense system in leaves and fruits, yield quantity and fruit quality of raspberry cultivar “Willamette”.

Studies were conducted in a commercial raspberry plantation of the cultivar “Willamette” located in Tolisavac village near Krupanj (Mačva district). The orchard was established in 2000 in the form of a vertical trellis system with 2 lines of single

wire. The planting distance was 0.25 m in the row and 3 m between the rows. The experimental design was completely randomized and examined the influence of two factors: young canes removal and foliar treatment with growth retardant *Prohexadione-Ca* ('Regalis ®'). The experiment performed in the period of 2010-2012 was consisted of 6 treatments, as follows: control - no treatment; 2*ProCa* - with 2 *ProCa* applications; Z - one removal of young canes; Z+2*ProCa* - young canes removal with 2 *ProCa* applications; 2Z - two removals of young canes; 2*ProCa*+2GA₃- with 2 *ProCa* applications, and subsequently with gibberellic acid. The first series of young canes were removed for the first time in mid-April and for the second time at the beginning of May. In 2*ProCa*, Z+2*ProCa* and 2*ProCa*+2GA₃ treatments foliar application of *ProCa* was carried out twice during the period of April-May in three weeks interval, i.e. when the primocane growth reached 30 cm in height. The following concentrations of *ProCa*: 125 ppm (first application) and 200 ppm (second application) were applied. The application of gibberellic acid (GA₃) was carried out two times shortly after application of *Prohexadione-Ca* in a concentration of 250 ppm.

Application of *ProCa* inhibited growth of young canes, which was accompanied by shortening the length of internodes and increasing the nodes number per meter of cane length. Additionally, cane diameter was also reduced by *ProCa* application. No differences were observed in parameters of vegetative potential when young canes removal was applied alone.

The average values obtained for the three-year period of studies in the area of Krupanj municipality, where the experiment was carried out, indicated that cultivar "Willamette" starts with flowering in May, 5 and ripening in June, 6. The tested measures did not cause any deviation in the flowering and ripening time compared to the control treatment, either applied individually or in combination.

All applied treatments had no effect on the concentrations of chlorophyll *a* and carotenoids, while the application of *ProCa* significantly increased concentration of chlorophyll *b*. Young canes removal combined with application of growth regulator *ProCa* leads to certain changes in physiological and metabolic pathways, which resulted in modification the enzyme activity of antioxidant defense system (peroxidase, catalase, polyphenol oxidase and superoxide dismutase) in the leaves and fruits of raspberry cultivar "Willamette".

An increase in node number per meter of cane length in *ProCa* treatments resulted in a greater number of fruiting laterals, which had a positive impact on yield per cane and meter of hedgerow. The highest values were registered when *ProCa* was combined with cane removal.

Removal of young canes and *ProCa* application, performed independently or in combination, positively affected the chemical fruit properties of examined cultivar. No differences were only observed in vitamin C content among the tested treatments. In each experimental year soluble solids content was higher in all treatments compared with control. *ProCa* treatment reduced total acids content, which was accompanied by higher amounts of sugars, contributing to better taste of raspberry fruit. Content of individual phenolic compounds was not varied (ellagic acid-4-*O*-acetylxyloside, galloyl-bis-*HHDP*-glucose, quercetin-3-xylosylglucuronide, quercetin-3-arabinopyranoside, isorhamnetin glycoside 1) or varied significantly (derivatives of hydroxycinnamic acids, flavanols, pentosides of ellagic acid, ellagic acid, quercetin-dihexoside, quercetin-3-vicianoside, quercetin-3-galactoside, quercetin-3-glucuronide, kaempferol-3-glucuronide and isorhamnetin glycoside 2, anthocyanins) depending on the applied treatment. The most prominent flavonols were quercetin glycosides, whereas cyanidin-3-soforozid and cyanidin-3-glucoside were predominant anthocyanins detected in raspberry fruit. A very high content of free ellagic acid and its derivate galolil-bis-*HHDP*-glucose were also detected. *ProCa* treatment promoted an increase in total phenolic and anthocyanin content in the fruit of examined cultivar, and consequently the highest level of total antioxidant capacity was obtained. These effects could be explained by better growth conditions created by reduction in vegetative growth which probably contribute to improving physiological status of the plants.

In conclusion, one removal of young canes combined with the application of *ProCa* in the concentrations of 125 and 200 ppm can be recommended as adequate measure for establishing a balanced ratio of vegetative growth and generative potential, and improving fruit quality in commercial raspberry production.

Key words: raspberry, chemical growth regulator, pruning, photosynthetic pigments, antioxidative enzymes, generative potential, fruit quality

Scientific field: Biotechnology

Scientific discipline: Fruit science

UDC: 631.811.98:631.547:634.711(043.3)

Садржај

1. УВОД	1
1.1. Циљ истраживања	4
2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ	6
2.1. Вегетативни потенцијал малине и методе његове регулације	6
2.2. Физиолошке особине малине	11
2.3. Генеративни потенцијал малине	17
2.4. Физичка својства плода малине	18
2.5. Хемијска својства плода малине	18
2.6. Сензоричка оцена квалитета плода малине	24
3. ОБЈЕКАТ, МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА	26
3.1. Објекат	26
3.2. Материјал	27
3.2.1. Основне карактеристике испитиване сорте малине	27
3.2.2. Основне карактеристике испитиваног хемијског регулатора раста	27
3.3. Методе	28
3.3.1. Експериментални дизајн	28
3.3.2. Вегетативни потенцијал малине	29
3.3.3. Физиолошке особине малине	30
3.3.3.1. Фенолошке особине	30
3.3.3.2. Екстракција узорака и одређивање садржаја хлорофила <i>a</i> и <i>b</i> и укупних каротеноида у листовима сорте малине “Willamette” ...	30
3.3.3.3. Промена ензимских активности у листовима и плодовима сорте малине “Willamette”	30
3.3.3.3.1. Екстракција узорака за одређивање ензимске активности у листовима	31
3.3.3.3.2. Екстракција узорака за одређивање ензимске активности у плодовима	32
3.3.3.3.3. Одређивање садржаја протеина	32

3.3.3.3.4. Одређивање активности гвајакол пероксидазе (<i>POD</i>)	32
3.3.3.3.5. Одређивање активности полифенол оксидаза (<i>PPO</i>)	32
3.3.3.3.6. Одређивање активности каталаза (<i>CAT</i>)	33
3.3.3.3.7. Одређивање активности супероксид дисмутаза (<i>SOD</i>)	33
3.3.3.3.8. Изоелектрично фокусирање (ИЕФ)	33
3.3.3.3.8.1. Припрема гела.....	33
3.3.3.3.8.2. Бојење пероксидазних изоформи на гелу за ИЕФ.....	34
3.3.4. Генеративни потенцијал малине	34
3.3.5. Физичка својства плода малине	36
3.3.6. Хемијска својства плода малине	36
3.3.6.1. Одређивање садржаја растворљиве суве материје у плоду малине	36
3.3.6.2. Одређивање садржаја укупних, инвертних шећера и сахарозе у плоду малине.....	37
3.3.6.2.1. Одређивање садржаја инвертних шећера	37
3.3.6.2.2. Одређивање садржаја укупних шећера.....	38
3.3.6.2.3. Одређивање садржаја сахарозе.....	38
3.3.6.3. Одређивање садржаја укупних киселина у плоду малине.....	39
3.3.6.4. Одређивање садржаја витамина Ц у плоду малине	39
3.3.6.5. Одређивање садржаја индивидуалних фенолних компоненти у плоду малине.....	39
3.3.6.6. Одређивање садржаја укупних антоцијана у плоду малине	41
3.3.6.7. Одређивање садржаја укупних фенола у листу и плоду малине	41
3.3.6.8. Антиоксидациони капацитет плода малине	42
3.3.7. Сензоричка оцена квалитета плода малине	43
3.3.8. Статистичка анализа	43
4. АГРОЕКОЛОШКИ УСЛОВИ	44
4.1. Климатски услови Крупња	45
4.1.1. Температура ваздуха	45
4.1.2. Падавине	47
4.1.3. Облачност	48

4.2. Земљишни услови у огледном засаду	50
5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА.....	52
5.1. Вегетативни потенцијал малине.....	52
5.1.1. Дужина, број нодуса и пречник изданака сорте малине “Willamette”	52
5.1.2. Дужина интернодија изданака сорте малине “Willamette”	54
5.2. Физиолошке особине малине	57
5.2.1. Фенолошке особине сорте малине “Willamette”	57
5.2.2. Садржај хлорофила <i>a</i> и <i>b</i> и укупних каротеноида у листовима сорте малине “Willamette”	58
5.2.3. Активност ензима у листовима сорте малине “Willamette”	61
5.2.4. Активност ензима полифенол оксидазе и садржај укупних фенола у листовима сорте малине “Willamette”	63
5.2.5. Активност ензима у плодовима сорте малине “Willamette”	65
5.2.6. Пероксидазне (<i>POD</i>) изоформе у листовима сорте малине “Willamette” раздвојене изоелектричним фокусирањем	68
5.3. Генеративни потенцијал малине.....	69
5.3.1. Број родних гранчица, цвасти и плодова по изданаку сорте малине “Willamette”	69
5.3.2. Принос сорте малине “Willamette”	72
5.4. Физичка својства плода малине	74
5.5. Хемијска својства плода малине	78
5.5.1. Садржај растворљиве суве материје у плоду сорте малине “Willamette”	78
5.5.2. Садржај шећера, киселина и витамина Ц у плоду сорте малине “Willamette”	80
5.5.3. Садржај индивидуалних фенолних компоненти у плоду сорте малине “Willamette”	84
5.5.3.1. Деривати хидроксицинамичких киселина	84
5.5.3.2. Флаваноли	84
5.5.3.3. Деривати елагинске киселине	85

5.5.3.4. Флавоноли	85
5.5.3.5. Антоцијани	89
5.5.4. Садржај укупних антоцијана у плоду сорте малине “Willamette”	90
5.5.5. Садржај укупних фенола и антиоксидациони капацитет плода сорте малине “Willamette”	93
5.5.6. Корелациона зависност између садржаја укупних фенола, укупних антоцијана и антиоксидационог капацитета плода сорте малине “Willamette”	96
5.6. Сензоричка оцена квалитета плода	97
6. ДИСКУСИЈА.....	101
6.1. Вегетативни потенцијал малине.....	101
6.2. Физиолошке особине малине.....	102
6.3. Генеративни потенцијал малине.....	110
6.4. Физичка својства плода малине	113
6.5. Хемијска својства плода малине	114
6.6. Сензоричка оцена квалитета плода малине	121
7. ЗАКЉУЧАК.....	123
8. ЛИТЕРАТУРА	129
9. БИОГРАФИЈА.....	152
10. ПРИЛОЗИ.....	153
10.1. Прилог 1.	153
10.2. Прилог 2.	154
10.3. Прилог 3.	155

1. УВОД

Црвена малина је после јагоде и црне рибизле најзначајнија јагодаста воћка у свету, а по количини и вредности производње најважнија јагодаста воћка у нашој земљи. У свету се годишње произведе 543.421 тона (FAO, 2011), што не задовољава потребе тржишта, па се производња малине сматра још увек дефицитарном. Русија је највећи светски произвођач малине (са 35,11% од укупне светске производње), а наша земља највећи робни произвођач и извозник смрзнуте малине (са 15,45% од укупне светске производње). Захваљујући изузетно повољним климатским и едафским условима, просечна годишња производња малине у нашој земљи износи преко 70.000 тона. Достижање максималних приноса, који су у појединим засадима седам пута већи од просечних, јасно указује на постојање могућности за интензивирањем производње (Nikolić & Milivojević, 2010). Најзначајнија малиногорја су ариљско-ивањичко и ваљевско, а затим следе подрињско, косјеричко, копаоничко, чачанско, драгачевско, шабачко и др. Сорта “Willamette” је привредно најзначајнија сорта малине у нашој земљи са заступљеношћу у укупним површинама од 95%. И поред интродукције нових сорти очекује се да ће и наредних година ова сорта задржати доминантно место у производњи захваљујући превасходно богатом биохемијском саставу њених плодова (Nikolić et al., 2008).

Плодови малине имају значајну хранљиву, заштитну, дијететску и лековиту вредност. Поменута својства могу варирати у зависности од врсте и сорте малине, родности, степена зрелости плодова, еколошких услова, као и примењене агротехнике (Nikolić & Milivojević, 2010). Данас се интересовање за ову врсту воћака посебно повећава због садржаја природних антиоксидационих једињења. Присуство антиоксиданата представља важан параметар квалитета плода, који не само да утиче на очување његове хранљиве вредности и сензоричког квалитета, већ је значајан и са аспекта здравствене корисности за људски организам (Deighton et al., 2000; Moyer et al., 2002).

Интензивним испитивањем хемијских састојака плода сорте малине “Willamette” дошло се до сазнања да поред великих количина угљених хидрата и органских киселина, њени плодови садрже и хемијска једињења са

антиоксидационим својствима међу којима су посебно значајна фенолна једињења и витамин Ц (*Pantelidis et al.*, 2007; *Kafkas et al.*, 2008; *Milivojević*, 2008).

Последњих година, обзиром на велики економски значај у нашој земљи, малина почиње да се гаји и ван својих традиционалних подручја. Процењује се да су површине од 15.500 *ha* у последњих 3-4 године увећане за више од 30%, тако да у Србији у 2011. години има 21.340 *ha* (*FAO*, 2011). Међутим, укупне количине произведених плодова се значајно не увећавају јер просечан принос по хектару опада (*Nikolić et al.*, 2012). Да би задржала високу позицију на светском тржишту наша земља мора да обезбеди константно добре приносе и беспрекоран квалитет свежег и смрзнутог плода. Стога се намеће потреба за сталним унапређењем и интензивирањем технологије гајења у циљу повећања приноса по јединици површине уз очување високог квалитета плода и смањење трошкова производње.

Један од основних елемената интензивирања производње воћа јесте контрола вегетативног пораста биљака. Снажан вегетативни раст је често проблем са којим се суочавају произвођачи, а условљен је постојањем конкурентности између велике бујности и оствареног приноса (*Forshey & Elfing*, 1989; *Byers & Yoder*, 1999; *Basak & Rademacher*, 2000; *Costa et al.*, 2002). Ова конкуренција може довести до низа негативних ефеката на фенофазу цветања, развој плода, достизање његове оптималне величине и квалитета, висину приноса, контролу болести и штеточина, као и на диференцијацију цветних пупољака за наредну годину.

Малина у свом годишњем циклусу развоја поседује два типа изданака. Младе једногодишње изданке који се формирају у текућој вегетацији и одликују се снажним вегетативним порастом и родне двогодишње изданке из претходне вегетације који су завршили са вегетативним порастом, али развијају родне гранчице. Оба типа изданака показују вегетативну или генеративну активност што може условити њихову међусобну конкурентност у погледу искоришћавања светлости, воде и хранљивих материја (*Waister et al.*, 1977). Једногодишњи изданци малине достижу дужину и преко 2 *m* што може врло негативно утицати на продор светлости и њену дистрибуцију унутар шпалира. Дистрибуција светлости условљава диференцирање цветова, висину приноса и квалитет плода, а посебно утиче на његову крупноћу, обојеност и садржај растворљиве суве

материје (Miller & Tworowski, 2003). Palonen & Mouhu (2008) наводе да црвена малина ствара већу количину биомасе у односу на принос, због чега се одликује релативно ниским индексом бербе.

Због свега наведеног јавља се потреба за успостављањем избалансираног односа вегетативног и генеративног пораста код малине у циљу остваривања високих приноса и доброг квалитета плода. Традиционални начини контроле раста биљака се огледају у примени одређених система гајења и одговарајућој резидби. Малина сваке године ствара велики број изданака, много више него што јој је потребно да би постигла високе приносе доброг квалитета. Због тога се примењује мера закидања првих серија младих изданака како би касније остављени и одабрани изданци имали довољно простора, светлости и хранљивих материја за свој развој (Nenadić, 1986). Поменута мера је први пут примењена у Ариљу 1984. године због чега је добила назив „ариљски метод” и до данас се користи са променљивим успехом.

Последњих година хемијски регулатори раста су нашли велику примену у регулисању прекомерног вегетативног пораста. *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) је хемијски регулатор раста, који се показао као корисно средство за редукцију вегетативног пораста и побољшање квалитета плодова код различитих врста воћака (Ramirez et al., 2010). *ProCa* је инхибитор биосинтезе гибберелина са ниском токсичношћу и ограниченим деловањем (Owens & Stover, 1999). Његово деградирање у ткиву виших биљака траје неколико недеља, а разлагање у земљишту краће од једне недеље. Нису запажени негативни ефекти на животиње и микроорганизме у земљишту (Evans et al., 1999). *Prohexadione-Ca* је регистрован као регулатор вегетативног пораста и до сада је његово дејство испитано код различитих врста воћака: јабуке (Medjdoub & Blanco, 2004; Ramirez et al., 2010), крушке (Southwich et al., 2004; Smit et al., 2005), винове лозе (Lo Giudice et al., 2004), авокада (Mandemaker et al., 2005), јагоде (Black, 2006), слатке вишње (Jasyna & Lipa, 2010) и ремонтантне малине (Palonen & Mohu, 2008).

Ипак, примена овог ретарданта раста је до сада недовољно проучавана на једнородним малинама, које се карактеришу другачијим начином раста и плодоношења у поређењу са ремонтантним сортама. Позитивни резултати добијени применом овог ретарданта раста код других врста воћака указују на

постојање могућности испитивања утицаја његовог самосталног деловања и деловања у комбинацији са традиционалним начином зелене резидбе једнородних сорти малине на њихов вегетативни пораст, принос и квалитет плода.

1.1. Циљ истраживања

Основни циљ ове докторске дисертације је да се испита утицај ретарданта раста *Prohexadione-Ca* и помотехничке мере закидања прве серије младих изданака на контролу вегетативног раста, висину приноса и квалитет плода сорте малине “Willamette”.

Применом *Prohexadione-Ca* утицаће се на смањење бујности младих изданака преко инхибиције биосинтезе фитохормона гибберелина. Скраћивањем дужине интернодија и повећањем броја нодуса по дужном метру изданка повећаће се број родних гранчица, а тиме и висина приноса.

Применом помотехничке мере закидања прве серије младих изданака тежиће се стварању бољих услова за развој одабраних младих изданака, који наредне године треба да донесу род доброг квалитета, али и обезбеђивању позитивних утицаја на развој родних гранчица на двогодишњим изданцима, висину приноса и квалитет плода у текућој години.

Испитивањем активности ензима у листовима третираних биљака, који имају кључну улогу у физиолошким процесима растења биљака, фенолном метаболизму и другим метаболичким процесима у ткиву, пратиће се како примењене мере утичу на њихову промену и општи физиолошки и антиоксидациони статус биљке.

Узимајући у обзир чињеницу да се плодови малине одликују високим нутритивним квалитетом, који се огледа у садржају важних компоненти укуса плода (шећера и органских киселина), као и израженим антиоксидационим капацитетом базираним на присуству фенолних једињења и витамина Ц, један од циљева ових истраживања ће бити проучавање утицаја различитих третмана на варирање у садржају поменутих једињења. Утврђивање биохемијског састава плода сорте малине “Willamette” у функцији примене регулатора раста *Prohexadione-Ca* и закидања прве серије младих изданака ће указати на потенцијалну оправданост њихове примене. Преко садржаја укупних фенола и

укупних антоцијана, као и одређивањем корелационе зависности између садржаја укупних фенола, антоцијана и антиоксидационог капацитета плода, испитаће се здравствено-корисна својства плода малине. Имајући у виду да укупном фенолном метаболизму доприноси присуство ензима антиоксидационог заштитног система (полифенол оксидазе, супероксид дисмутазае или пероксидазе), специфичан циљ истраживања је одређивање њихових активности, као и праћење промена наведених активности у односу на садржај супстрата (фенолна једињења, витамин Ц) у екстрактима плодова малине.

Добијени резултати имаће и практичну примену првенствено преко одговарајућих препорука за имплементацију ових мера у комерцијалној производњи малине.

2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

Производња малине у Србији је преко две деценије најзначајнија у групи јагодастих воћака узимајући у обзир обим производње, укупне површине и остварени извоз (*Nikolić et al.*, 2012). Повољни климатско-едафски услови, а посебно услови брдско-планинског подручја омогућавају врло профитабилну производњу не само на мањим, већ и већим производним површинама (*Bulatović*, 1991; *Šoškić*, 1991; *Veličković*, 2002). *Nikolić & Milivojević* (2010) наводе да су максимални приноси који се остварују у појединим засадима седам пута већи од просечних, што јасно указује на велику могућност интензивирања производње ове привредно значајне врсте воћака. Производни засади малине карактеришу се доминантним присуством сорте “Willamette”, захваљујући изузетној адаптивности ове сорте на услове средине наших најважнијих малиногорја (*Stanisavljević et al.*, 2003), као и изузетним технолошким карактеристикама њених плодова (*Gavrilović-Damjanović et al.*, 2004). *Nikolić et al.* (2008) истичу да ће и наредних година, поред интродукције нових сорти, “Willamette” задржати доминантно место у производњи. У последњој деценији, а нарочито у последњих неколико година, малина се све више шири изван традиционалних подручја њеног гајења, превасходно због релативно добрих цена и лаког пласмана плодова. Међутим, количина произведених плодова се не увећава, јер просечан принос по *ha* опада (*Nikolić et al.*, 2012).

2.1. Вегетативни потенцијал малине и методе његове регулације

Један од основних захтева за повећање приноса по јединици површине и очувања високог квалитета плода је одржавање равнотеже између вегетативног и генеративног пораста биљака малине (*Nikolić & Milivojević*, 2010). *Medjdoub et al.* (2004) истичу да само мале биљке, са тенденцијом раног ступања на род, дају плодове високог квалитета смањујући на тај начин и производне трошкове.

Cowan et al. (2001) су испитујући метаболичку контролу пораста плодова, употребом плода авокада као модела, закључили да снажан вегетативни пораст утиче на смањивање броја ћелија плода, а самим тим и могућност плода да достигне своју оптималну величину. Поред величине плода, *Miller* (1995) истиче

да прекомерна бујност смањује квалитет плода и висину приноса, а повећава трошкове резидбе и контроле болести и штеточина. *Green* (1999) и *Miller & Tworowski* (2003) указују да снажан вегетативни пораст смањује продор светлости у круну воћке што врло неповољно утиче на процес зрења и стварање биолошки вредних материја у плодовима, а има и неповољне ефекте на формирање цветних зачетака и развијеност будућих цветова.

Малина је воћка која сваке године из подземног стабла продукује велики број изданака, знатно више него што јој је потребно за обезбеђивање високих приноса доброг квалитета (*Nikolić & Milivojević*, 2010). *Palonen & Mouhu* (2008) наводе да након прве године пораста, изданци малине су обично преко 2 m висине, што утиче на губитак неких најпродуктивнијих цветних пупољака, па је контрола вегетативног пораста неопходна. Испитујући вегетативне карактеристике десет сорти малине гајених у региону Централне Анталије у Турској *Eyduran et al.* (2008) су код сорте “Willamette” регистровали највећу просечну дужину (174,0 cm) и пречник изданака (11,2 mm). Постојање два типа изданака у шпалирском систему гајења условљава и међусобну конкурентност између вегетативног пораста младих једногодишњих изданака и репродуктивне фазе родних двогодишњих изданака (*Nenadić*, 1986).

Као могуће решење контроле вегетативног пораста у интензивној плантажној производњи, *Jacyna & Buczek* (2008) наводе примену стандардних мера регулисања вегетативног пораста и коришћење регулатора растења. Као стандардне методе контроле вегетативног пораста, оптерећења биљака родом и диференцирања цветних пупољака, *Williams* (1984) истиче резидбу, употребу слабо бујних подлога и прилагођавање фертигационог режима. Код малине, традиционални начини контроле раста биљака се огледају у примени одређених система гајења и одговарајућој резидби (*Mišić & Nikolić*, 2003).

Према *Waister et al.* (1977) уклањање првих серија младих изданака може обезбедити родним изданцима више светлости и хранљивих материја за доношење високих приноса доброг квалитета. Истраживање *Nenadić* (1986) је потврдило да потпуно уклањање прве серије изданака пре почетка цветања родних изданака има позитивне ефекте на принос, квалитет плода и превенцију болести. Касније развијени млади изданци се карактеришу слабијим вегетативним

порастом и одличним генеративним потенцијалом за наредну годину. *Byers & Yoder* (1999) истичу да резидба ефикасно регулише вегетативни пораст биљака, али захтева интензиван рад и у великој мери повећава трошкове производње.

Модерна помологија тражи алтернативна решења у циљу регулисања бујности, смањивања трошкова производње и унапређења квалитета плода, као што су биотехнологија и употреба регулатора раста биљака (*Ramírez et al.*, 2010).

Rademacher (2000) дефинише биљне регулаторе раста као синтетичка једињења која смањују висину биљака на пожељан начин, без мењања образаца њиховог развоја и фитотоксичних ефеката. Исти аутор наводи да се њихов утицај на морфолошку структуру биљака заснива на антагонистичком деловању на гиберелине и ауксине, односно биљне хормоне одговорне за издуживање ћелија. *Yamaguchi* (2008) наводи да биоактивни гиберелини настају кроз комплексне метаболичке путеве биосинтезе и да регулишу различите аспекте пораста и развоја. Између више од 100 идентификованих гиберелина само мали број, као што су GA_1 и GA_4 , су физиолошки активни и имају улогу у стимулисању растења путем издуживања и индукције хидролитичких ензима при клијању семена. Сазнање да су гиберелини повезани са процесом издуживања навело је истраживаче да испитају употребу инхибитора биосинтезе гиберелина у функцији редуковања пораста изданака (*Elfing & Proctor*, 1986; *Unrath*, 1999; *Miller & Tworkoski*, 2003).

Fletcher et al. (2000) наводе да су регулатори раста, као паклобутразол, даминозид и хлоромекват, саставни део производне праксе већ деценијама, али да је неадекватна употреба у високим концентрацијама и изражена постојаност ових једињења довела до контаминације земљишта и смањења њихове употребе. Истраживања *Greene* (1986) и *Nicotra* (1982) указују да само једна употреба паклобутразола може имати ефекте више од 4 године, док хлоромекват хлорид може истрајати у неметаболизованом облику у биљном ткиву дуже од 6 месеци након апликације. Ефективно регулисање вегетативног потенцијала биљака малине употребом традиционалних биорегулатора је потврђено бројним истраживањима (*Crandall & Garth*, 1981; *Braun & Garth*, 1984; *McGregor*, 1987; *Ghora et al.*, 2000; *Goulart*, 1989), међутим њихова употреба је данас ограничена у производној пракси већине земаља.

Prohexadione-Ca (*ProCa*; BAS/125; 3-oxido-4-propionyl-5-oxo-3-cyclohexene-carboxylate) је инхибитор *GA* биосинтезе нове генерације са ниском токсичношћу и ограниченим деловањем (Owens & Stover, 1999). Истраживања Evans et al. (1999) су утврдила да апликација *ProCa* редукује ниво GA_1 (високо активног гибберелина) уз истовремену акумулацију његовог прекурсора GA_{20} (биолошки инактивног гибберелина) инхибирајући оксоглутарат-зависне диоксигеназе, које катализују последње кораке у биосинтетској секвенци гибберелина. Након примене *ProCa* смањење вегетативног пораста се јавља углавном као последица скраћивања интернодија (Medjdoub et al., 2004, 2005). Као најинтересантнију карактеристику *ProCa*, Evans et al. (1997) истичу његов брз метаболички катаболизам, а Owens & Stover (1999) његову ниску токсичност и ограничено деловање. Деградирање *ProCa* у ткиву виших биљака траје неколико недеља, а разлагање у земљишту краће од једне недеље. Rademacher & Kober (2003) наводе да примена *ProCa* не представља ризик за потрошаче и за животну средину, јер овај регулатор раста нема склоност ка заостајању у виду резидуе у плодовима и земљишту.

Степен контроле раста биљака након примене *ProCa* зависи од неколико фактора, као што су број апликација ретарданта раста (Basak & Rademacher, 2000; Elfving & Lang, 2005; Prive et al., 2006), примењена концентрација (Byers & Yoder, 1999; Guak et al., 2005; Manriquez et al., 2005), време апликације (Greene, 1999; Guak et al., 2005), особине сорте (Villardel et al., 2000; Elfving et al., 2003) и квалитет воде која се користи за наношење хемикалије (Rademacher & Kober, 2003; Schupp et al., 2003; Cline et al., 2008).

Након разградње *ProCa*, акумулирани прекурсори гибберелина се конвертују у своје активне облике, па стопа раста може надмашити нормалан пораст као резултат веће количине активних гибберелина у биљкама (Evans et al., 1999). Ramirez et al. (2010) су идентификацијом гибберелина у вршном пупољку третираних младара јабуке утврдили присуство GA_9 и GA_{20} након примене *ProCa*, док је у контролним биљкама регистровано присуство GA_1 , GA_4 и GA_7 гибберелина. Испитујући ефекте примене овог ретарданта раста на ремонтантној сорти малине “Ariadne“, Palonen & Mouhu (2009) су утврдили да *ProCa* скраћује дужину интернодија које се формирају у току прве три недеље након апликације. Четири

недеље након апликације деловање у потпуности нестаје, што указује да се *ProCa* веома брзо разграђује у ткиву биљака. До сличних резултата су дошли *Reekie & Hicklenton* (2001) проучавајући ефекте *ProCa* код јагоде. Деловање *ProCa* је трајало приближно три недеље, док је у деветој недељи након једне апликације овог ретарданта раста регистрован интензиван пораст биљака као последица активације нагомиланих прекурсора гибберелина и синтезе нових. На основу добијених података аутори су закључили да је друга апликација *ProCa* неопходна за ефективну контролу вегетативног пораста јагоде.

Miller (2002) наводи да интензитет поновног пораста зависи од концентрације, датума примене, али и временских прилика у време апликације. Испитујући ефекте *ProCa*, примењеног у једној или две апликације и са различитим концентрацијама, на контролу вегетативног раста младара јабуке сорте “*Smoothee Golden Delicious*”, *Medjdoub et al.* (2004) су закључили да једна апликација није довољна за контролу вегетативног пораста и да ефикасност *ProCa* зависи од примењене концентрације у првој апликацији и датума када почиње поновни интензивни пораст. За ефикасну контролу пораста младара јабуке ови аутори препоручују две апликације у интервалу од 6 до 8 недеља у концентрацијама од 100 до 200 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. *Bask & Rademacher* (2000) су применили *ProCa* код сорте крушке “*Conference*” и утврдили да је концентрација од 250 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ много ефикаснија у смањењу вегетативног пораста у поређењу са нижом концентрацијом од 150 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Поред дозе и броја апликација, време апликације је од кључног значаја за успешно смањење пораста и везано је са физиолошким статусом биљке и концентрацијом хормона у биљним ткивима. За јабуку, *Medjdoub et al.* (2005) наводе да је оптимално време примене ретарданта крај фенофазе цветања, односно најкасније 12 дана по прецветавању. Каснија примена резултира слабијим ефектима, вероватно услед високе концентрације GA_1 , која је већ акумулирана у ткивима младара. *Unrath* (1999) и *Miller* (2002) су установили највећу инхибицију пораста када се хемикалија примени током пуног цветања јабуке. *Palonen & Mouhu* (2009) за малину препоручују две апликације у интервалу од три недеље од момента потпуног развоја 2 до 5 листова за постизање жељених ефеката смањења пораста изданака.

Испитивањем реакције шест сорти крушке на различите концентрације *ProCa*, Smit et al. (2005) су испитиване сорте поделили у три групе: високо осетљиве сорте на ниске до средње концентрације *ProCa* ($50\text{--}150\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) код којих није дошло до даље редукције пораста након повећања концентрације, сорте које су најбоље реаговале на високе концентрације и сорте које су веома слабо реаговале на било коју концентрацију ретарданта. Ефикасност *ProCa* је сортно-зависна што су потврдила и истраживања Elfving et al. (2003). За разлику од сорти трешње, које осетљиво реагују на примену *ProCa* (“Bing“, „Cordia“ и “Lapins“), сорта “Regina“ није реаговала инхибицијом пораста на концентрације од 125 до $250\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Jancyna & Lipa (2010) су установили да само високе концентрације *ProCa* ($500\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) имају ефекте на смањење пораста сорте трешње “Regina“ на основу чега су закључили да генетске карактеристике сорте или примењене концентрације су фактори одговорни за слабу ефикасност ретарданта.

Rademacher & Kober (2003) истичу да је растворљивост *ProCa* у води слаба, па је ефикасност овог ретарданта тесно повезана са *pH* вредности воде у којој се раствара. Сходно томе повећавање доза *ProCa* не доноси увек очекиване резултате. Wielgus (2008) истиче да све концентрације *ProCa* изнад $200\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ повећавају киселост воденог растварача и смањују његову ефикасност.

Prohexadione-Ca је регистрован као регулатор вегетативног пораста и до сада је његово дејство испитано код различитих врста воћака: јабуке (Medjdoub & Blanco, 2004; Ramirez et al., 2010), крушке (Southwich et al., 2004; Smit et al., 2005), винове лозе (Lo Giudice et al., 2004), авокада (Mandemaker et al., 2005), јагоде (Black, 2006), слатке вишње (Jancyna & Lipa, 2010) и ремонтантне малине (Palonen & Mohu, 2008). Свака врста и сорта воћака захтева пажљиво проучавање његовог утицаја на вегетативни пораст, генеративне карактеристике и квалитет плодова у циљу давања конкретних препорука у погледу концентрације, оптималног времена примене и потребног броја апликација.

2.2. Физиолошке особине малине

Ефекти регулатора растења су праћени променама у морфолошком развоју и физиолошком понашању третираних биљака (Grossmann, 1990). Најјучљивије

промене поред смањења вегетативног пораста обухватају мању потрошњу воде, успоравање старења и повећање отпорности биљака на стрес (*Grossmann, 1992*).

На основу бројних истраживања, сугерисано је да биљни регулатори раста из групе триазола преко редуковања оксидативних оштећења повећавају толерантност различитих биљних врста према биотичком и абиотичком стресу, укључујући гљивична обољења, сушу, загађење ваздуха и стрес изазван високим и ниским температурама (*Davis et al., 1988; Fletcher & Hofstra, 1988; Kauss & Jeblick, 1995; Bekheta et al., 2006; Kandil & Eleiwa, 2008*).

За разлику од триазола, који инхибирају конверзију каурена у кауреноичну киселину, *ProCa* је биљни регулатор нове генерације који инхибира 2 оксоглутарат зависну диоксигеназу, која катализује последње кораке у биосинтетској секвенци (*Rademacher, 2000*). Данас се недовољно познају ефекти *ProCa* на физиолошки статус биљака, промене фотопродуктивности и активност ензима антиоксидационог заштитног система.

Dwyer et al. (2001) и *Fletcher et al. (2000)* истичу да регулатори раста повећавају активност антиоксидационих ензима као што су аскорбат пероксидазе, глутатион редуктазе, каталазе и пероксидазе, који штите биљке од различитих врста оксидативног стреса.

Halliwell (1990) дефинише антиоксиданте као сваку супстанцу, која када је присутна у ниским концентрацијама у односу на оксидирајући супстрат, значајно успорава или инхибира оксидацију тог супстрата.

Антиоксидациона заштита делује на више различитих нивоа унутар ћелије, као што су: спречавање формирања и комплексирање слободних радикала, репарација оштећења насталих у процесу оксидације и поспешивање елиминације оштећених молекула (*Halliwell & Gutteridge, 1998*).

Реактивне врсте кисеоника (*ROS*), које укључују: супероксид анјон радикал ($\cdot\text{O}_2^-$), хидроксил радикал ($\cdot\text{OH}$) и водоник пероксид (H_2O_2) се сматрају главним изворима ћелијских оштећења под утицајем биотичког и абиотичког стреса (*Mittler, 2002; Candan & Tarhan, 2003; De Gara et al., 2003; Vaidyanathan et al., 2003*). *ROS* су делимично редуковане форме атмосферског кисеоника, које настају током виталних процеса као што су фотореспирација, фотосинтеза и дисање (*Mittler, 2002; Uchida et al., 2002*). Присутне у ниским концентрацијама *ROS* имају

важне физиолошке функције у биљкама, док су у високим концентрацијама токсичне и могу реаговати са биомолекулима као што су липиди, протеини, нуклеинске киселине итд., при чему доводе до липидне пероксидације, денатурације протеина и мутације *DNK* (Scandalios, 1993; Quiles & Lopez, 2004). Mittler (2002) наводи да дисбаланс у било ком делу ћелије између продукције *ROS* и антиоксидационе одбране доводи до појаве оксидативног стреса и оштећења. Према Apel & Hirt (2004) равнотежа између продукције и уклањања *ROS* може бити нарушена од стране већег броја различитих абиотичких (хербициди, токсини, загађење ваздуха, тешки метали, суша, мраз, стрес солима, ултравиолетно зрачење итд.) и биотичких фактора средине.

За контролу нивоа *ROS* и заштиту ћелија у условима стреса Blokhina et al. (2003) истичу да биљна ткива стварају неколико ензимских, као и низ неензимских компоненти антиоксидационог заштитног система. Apel & Hirt (2004) истичу да су биљне ћелије у циљу минимизирања оксидационог стреса развиле комплексан антиоксидациони систем, који се састоји од антиоксиданата мале молекулске масе (глутатон, аскорбинска киселина, токофероли, каротеноиди), као и ензимских антиоксидационих компоненти укључујући супероксид дисмутазе, каталазе, пероксидазе итд.

Каталазе (*CAT*) и супероксид дисмутазе (*SOD*) су најефикаснији антиоксидациони ензими чијим комбинованим деловањем $\cdot O_2^-$ и H_2O_2 се превode у H_2O и O_2 (Scandalios, 1993). *SOD* (EC1.15.1.1) су металоензими присутни у свим аеробним и неким анаеробним организмима и имају улогу у конвертовању $\cdot O_2^-$ у H_2O_2 , а реакција дисмутације је катализована металним јоном (*Cu*, *Fe* или *Mn*) у њиховом активном центру (Hassan, 1989). Биљке садрже три карактеристична типа *SOD* (*Cu-Zn SOD*, *FeSOD* и *MnSOD*), а различити изоензими су идентификовани у цитосолу, митохондријама и хлоропластима (Palma et al., 1986; Kanematsu & Asada, 1990; Bowler et al., 1992). Такође, постојање *SOD* је потврђено у пероксизомима (Sandalio & del Rio, 1988), глиоксизомима (Bueno & del Rio, 1992) и екстрацелуларном простору (Schinkel et al., 1998, Ogawa et al., 1996).

SOD се сматра ензимом примарне одбране јер је супероксид анијон радикал први продукт једновалентне редукције кисеоника и прва врста реактивног кисеоника која се формира у бројним биолошким системима (Bannister et al.,

1987). До сада је неколико експеримената потврдило да интензивнија активност *SOD* у биљном ткиву повећава толерантност биљака на стресне услове окружења (Perl et al., 1992; Allen et al., 1997; Van Camp et al., 1997).

CAT (EC 1.11.1.6) су ензими заступљени у свим аеробним организмима чија је основна функција разградња H_2O_2 . Deisseroth & Dounce (1970) истичу да у зависности од концентрације H_2O_2 каталазе показују двоструку функцију. При малим концентрацијама супстрата делују пероксидативно у реакцијама са доном водоника, док при високим концентрацијама супстрата веома брзо разлажу токсични H_2O_2 каталитичком реакцијом у којој се H_2O_2 понаша као донор и као акцептор водоника.

Пероксидазе (*POD*; EC 1.11.1.7) су највише проучавани ензими с обзиром на велики број изоформи у којима су заступљене и присутност у биљном ткиву. Учествују у бројним физиолошким процесима у биљкама, укључујући клијање семена и растење клица (Bellani et al. 2002), растење и развиће биљака (Bailey & McHargue, 1943; Fielding & Hall, 1978; Dragišić Maksimović et al., 2008), биосинтезу лигнина у ћелијским зидовима (Bruce & West, 1989) и у бројним другим процесима. *POD* могу бити извор H_2O_2 , али као део система антиоксидационе заштите могу учествовати у његовој разградњи (Vicuna, 2005). Поред тога *POD* утичу на промене укуса, боје, текстуре и хранљиве вредности сировог и прерађеног воћа (Fils et al., 1985; Dragišić Maksimović et al., 2013), укључујући и промене у процесу сазревања (Miesle et al., 1991).

Са друге стране, полифенол оксидазе (*PPO*; EC 1.10.3.1) су директни учесници фенолног метаболизма јер катализују реакцију хидроксилације монофенола, као и оксидацију *o*-дифенола до реактивних *o*-дихинона који даље учествују у реакцијама полимеризације формирајући при томе браон пигмент – меланин (Lee, 1991; Mathew & Parpia, 1971). То може проузроковати промене физичких, хемијских и нутритивних карактеристика плодова. С тим у вези, *PPO* су одговорне за губитак боје плода преко деградације пигмената антоцијана (Markakis, 1974).

POD и *PPO* су присутни код малине, а њихова активност је примарно повезана са антиоксидационим својствима плода (Dragišić Maksimović et al., 2008). Стога присуство неензимских и ензимских антиоксидационих компоненти

представља важан параметар квалитета плода који не само да утиче на очување његове хранљиве вредности и сензоричког квалитета, већ је значајан и са аспекта здравствене корисности за људски организам.

Ouzounidov et al. (2011) истичу да примена ретарданата раста доводи до повећања садржаја H_2O_2 и степена липидне пероксидације, што се јавља као последица инхибиције биосинтезе гибберелина у биљном ткиву. Исти аутори су утврдили знатно већу активност пероксидаза у листовима црног и белог лука након третмана са *ProCa*. Апликација GA_3 код обе врсте лука није условила значајну разлику у активностима пероксидаза у односу на контролне биљке. *Rademacher et al.* (2006) наводи да *ProCa* путем модификовања активности ензимских система може учествовати у биохемијским путевима синтезе секундарних метаболита повезаних са антиоксидационим статусом у плодовима воћака.

Испитивањем утицаја *ProCa* на промене антиоксидационог статуса и ензимске активности у зрелим плодовима јабуке *Ramírez et al.* (2010) су утврдили значајно повећање активности каталаза и пероксидаза. До сличне констатације су раније дошли *Ramírez et al.* (2006), који наводе да третирање биљака парадајза са *ProCa* у концентрацији од $150\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ повећава активност оба наведена ензима у плодовима.

Хлорофили су зелени пигменти смештени на тилакоидима хлоропласта где учествују у процесу фотосинтезе тј. конверзији светлосне енергије у хемијску. Постоје два основна типа ових фоторецептора, хлорофил *a* и хлорофил *b*, који се разликују незнатно, само по једној функционалној групи у саставу бочног ланца порфириног прстена. Хлорофил *a* је примарни дозор електрона у електрон-транспортном ланцу. Хлорофил *b* повећава опсег таласних дужина које може да апсорбује хлоропласт, али и ефикасно преноси сопствену енергију из побуђеног стања на хлорофил *a*. Количина апсорбоване светлости од стране листова је у функцији садржаја фотосинтетских пигмената, односно садржај хлорофила директно одређује фотосинтетски потенцијал и примарну продукцију асимилата (*Curran et al.*, 1990; *Filella et al.*, 1995).

Каротеноиди су пигменти који се могу налазити у хлоропластима где учествују у фотосинтези и хромопластима где дају жуту, наранџасту и црвену

боју цветовима, плодовима, листовима и другим биљним органима (*Nešković et al.*, 2003). *Kastori* (1998) истиче да поред тога што проширују спектар апсорпције фотосинтетичког апарата и преносе апсорбовану светлосну енергију без губитака на хлорофил *a*, каротеноиди штите фотолабилан фотосинтетички систем од оксидативне фотодеструкције. У фотосинтетском апарату β каротен може да веже триплетно побуђен хлорофил и побуђени (синглет) кисеоник, при чему их спречава да започну липидну пероксидацију и деструкцију молекула хлорофила, протеина и нуклеинских киселина (*Parker & Joyce*, 1967), па тиме представљају део система антиоксидационе заштите од оксидативног стреса (*Perl-Treves & Perl*, 2002).

Испитивањем параметара фотопродуктивности код јабуке, *Medjdoub et al.* (2007) су утврдили повећање концентрације хлорофила по јединици лисне површине након апликације *ProCa*. То је потврђено и другим истраживањима у којима је примењиван *ProCa* (*Sabatini et al.*, 2003; *Reekie et al.*, 2005) или други биљни регулатори растења (*Davis et al.*, 1988). *Medjdoub et al.* (2007) такође напомињу да повећање концентрације хлорофила по јединици лисне површине остаје током целе вегетације када се примене високе концентрације *ProCa* (250 или 500 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) или када се апликација врши у више наврата. Међутим, ниске концентрације *ProCa* примењене једном у току вегетације доводе до краткорочних ефеката. Према *Devi et al.* (2011) биљни регулатори растења стимулишу транслокацију фотосинтетских асимилата, што позитивно утиче на формирање цветова, развој плодова, семена и повећање продуктивности. Механизам интензивније фотосинтетске активности у листовима јабуке након третмана са *ProCa*, *Medjdoub et al.* (2007) везују за ефекте овог ретарданта на лисну површину и концентрацију хлорофила, као и повећану пенетрацију светлости. Продукти фотосинтезе се уместо на пораст младара усмеравају на генеративни потенцијал и стварање веће количине резервних материја. Слично су констатовали и *Glen & Miller* (2005), који повећање фотосинтетске активности у листовима јабуке третираним *ProCa* везују за смањење засене у круни воћака. Резултати истраживања *Sabatini et al.* (2003) указују да *ProCa* позитивно утиче на садржај хлорофила у листовима јабуке и крушке. Повећање укупне фотосинтетске активности имало је позитивне ефекте на величину плода и укупан принос.

Šabajeviene et al. (2008) су установили повећање садржаја хлорофила $a+b$ ($406 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$ лисне површине) након два третмана сорте јабуке "Jonagold King" са *ProCa* после цветања у поређењу са нетретираним биљкама ($369 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$ лисне површине). Са друге стране, истраживања *Ouzounidov et al.* (2011) спроведена на листовима белог и црног лука су регистровала смањење садржаја хлорофила за 5 до 9% након апликације *ProCa* у концентрацији од $200 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Rademacher (2000) истиче да инхибитори *GA* метаболизма и њима слична једињења, у зависности од њихове хемијске структуре, могу или не морају утицати на активност ензима који учествују у метаболизму флавоноида, стерола или других биљних компоненти. Резултати јако варирају, не само између различитих инхибитора већ и различитих биљних врста.

2.3. Генеративни потенцијал малине

Основни циљ високоинтензивног воћарства је редовна и стандардна производња воћа као финалног производа велике биолошке и привредне вредности (*Veličković*, 2004).

Параметри генеративног потенцијала малине, као што су број родних гранчица по изданку, број цвасти по родној гранцици и принос по изданку су најважнији показатељи родности неке сорте. *Nikolić & Milivojević* (2010) описују сорту "Willamette" као веома продуктивну и бујну са великим бројем усправних изданака, који носе средње дуге и еластичне родне гранчице.

Miller & Tworowski (2003) указују да до диференцирања цветних зачетака у пупољцима долази само при умереној бујности и доброј осветљености воћака. При слабије израженој бујности и смањеној снази растења, под условима да воћке нису превише изнурене, а да је продукција органске материје задовољавајућа, може доћи до израженије диференцијације цветних зачетака (*Veličković*, 2004). Одговарајућим помо- и агротехничким мерама неопходно је одржавати равнотежу између вегетативног и генеративног потенцијала, како би биљке малине уз задовољавајући пораст, оствариле и висок принос.

Испитивањем вегетативног и генеративног потенцијала важнијих сорти и селекција малине у агроеколошким условима драгачевског малиногорја, *Veličković et al.* (2004) су регистровали највећи број родних гранчица по изданку

код сорте “Willamette” (16,4) и најмањи број плодова по родној гранчици (12,0). *Milivojević et al.* (2012) су проучавајући шест сорти малине у условима београдског Подунавља установили висок број родних гранчица (22,8) и укупан број цвасти (68,5) по изданку код сорте “Willamette”. Испитивањем сорти малине у условима Турске, *Eyduran et al.* (2008) су забележили нижи принос по изданку (96 g) код сорте “Willamette” у поређењу са резултатима *Milivojević et al.* (2012) у условима Србије за исту сорту (467,3 g).

2.4. Физичка својства плода малине

Физичка својства плода представљају важно помолошко обележје за детерминацију сорти, а у пракси значајно обележје при берби и класирању плодова. Плод малине састоји се из великог броја (20 до 200) делимично сраслих појединачних коштуница, које су сакупљене око испупчене и полусасушене цветне ложе (*Mišić*, 1998).

Сорта “Willamette” у нашим условима одликује се крупним (4 g) и чврстим плодом, зарубљено-купастог облика, чије коштунице дозревају истовремено у плоду (*Nikolić & Milivojević*, 2010). *Nikolić et al.* (2008) истичу да је број коштуница у плоду битан чинилац крупноће и конзистенције плода, и да се у збирном плоду сорте “Willamette” налази око 85 коштуница. Проучавајући помолошке особине сорти малине у условима Панчевачког рита, *Marinković et al.* (2004) су установили ниску просечну вредност масе плода и броја коштуница код сорте “Willamette” (1,53 g и 68, по редоследу), што се објашњава неповољним агроеколошким условима за гајење малине у поменутом рејону. Нешто више вредности масе плода регистровали су *Finn et al.* (2001) и *Kempler et al.* (2005) за ову сорту (3,2 – 3,7 g), зависно од локалитета гајења. На основу димензија плода (дужине и ширине), *Milivojević et al.* (2010) су забележили индекс облика плода већи од 1 код сорте “Willamette”, што одговара конусним до издужено-конусним формама.

2.5. Хемијска својства плода малине

Малина спада у групу привредно најзначајнијих врста воћака захваљујући плодовима високог квалитета, који се могу користити за потрошњу у свежем

стању, замрзавање или различите видове прераде (*Milivojević et al.*, 2010). Плодови малине имају значајну хранљиву, заштитну, дијететску и лековиту вредност. Оне су базиране на богатом биохемијском саставу плода, али могу варирати у зависности од врсте и сорте малине, родности, степена зрелости плодова, еколошких услова, као и примењене агротехнике (*Nikolić & Milivojević*, 2010). Према *Mišić & Nikolić* (2003) хемијски састав плода малине чине вода, угљени хидрати, органске киселине, липиди, бојене и мирисне супстанце, витамини, ензими и минералне супстанце.

Садржај растворљиве суве материје у свежим плодовима малине и међусобни однос најважнијих састојака представља основни параметар за мерење квалитета, употребне вредности и вредности у технолошком смислу (*Vulić*, 2009). *Milivojević et al.* (2012) су проучавајући шест једнородних сорти малине установили релативно висок садржај растворљиве суве материје у плоду сорте “Willamette” (10,2%), што је потврђено и истраживањима *Veličković et al.* (2004). Нешто нижа вредност за исти параметар код сорте “Willamette” (9,7%) регистрована је од стране *Gülçin et al.* (2011) у условима североисточне Турске.

Угљени хидрати представљају енергетске и градивне састојке плода малине, а најзначајнији међу њима су глукоза, фруктоза и сахароза. *Zhao* (2007) наводи да осим тога што су важни чиниоци квалитета јер утичу на укус плода малине, угљени хидрати су незаменљиви непосредни извор енергије за живу ћелију и организам у целини. Исходне су супстанце бројних једињења и поседују велики метаболички потенцијал. *Milivojević et al.* (2012) наводе да је садржај укупних шећера у плоду сорте малине “Willamette” 6,57%, инвертних 5,40%, док је сахароза заступљена у мањој количини (1,11%).

Садржај шећера у плоду малине је најчешће у обрнутој корелацији првенствено са неколико доминантних киселина, као што су лимунска и јабучна киселина. Фенолне киселине такође могу дати горчину и опорост, које утичу на основни укус плода. Према *Težović* (1988) органске киселине дају освежавајући укус плоду малине. Њихов садржај се смањује у току сазревања плодова, а у оптималној зрелости креће се од 1,7 до 3,1%. *Milivojević et al.* (2011) истичу да се сорта малине “Willamette” одликује изузетним нутритивним квалитетом плода, који је базиран на високом садржају шећера, органских киселина и витамина Ц.

Према истраживању *Milivojević* (2008), сорта “Willamette” има највећи просечни садржај укупних киселина ($0,29 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ св.м.пло.) у поређењу са самониклом малином и сортом “Meeker”.

Интензивним испитивањем хемијских састојака плодова, црвена малина је током последњих година окарактерисана као одличан извор хемијских једињења са антиоксидационим својствима, међу којима су посебно значајна фенолна једињења и витамин Ц (*Heinonen et al.*, 1998; *Kähkönen et al.*, 2001; *Milivojević et al.*, 2010).

Scalzo et al. (2005) наглашавају да антиоксидациони статус представља нови, важан параметар квалитета плода, који не само да утиче на очување његове хранљиве вредности и сензоричког квалитета, већ је значајан и са аспекта здравствене корисности за људски организам.

Milivojević et al. (2010) истичу да присуство витамина Ц у плодовима малине, самостално или у комбинацији са фенолним компонентама, доприноси у значајној мери испољеној антиоксидационој активности. Његов утицај се огледа у спречавању тамњења и обезбојавања плодова, као и повећању њихове трајашности (*Voća et al.*, 2006). Са друге стране, витамин Ц испољава антиканцерогену активност у људском организму и игра важну улогу у контроли оксидативних реакција (*Sun et al.*, 2002). *Pantelidis et al.* (2007) су испитујући садржај витамина Ц у плоду малине установили варирање у распону од 17 до 37 *mg* на 100 *g* свеже масе плода. Према истраживањима *Milivojević et al.* (2010), садржај витамина Ц у плоду сорте “Willamette” износио је 40,9 *mg* на 100 *g* свеже масе плода. *Ramírez et al.* (2010) истичу да третман биљака са *ProCa* позитивно утиче на антиоксидациони систем и садржај витамина Ц у плодовима јабуке, што је претходно потврђено и истраживањем на биљкама парадајза (*Jimenez et al.*, 2002).

Антиоксидациона активност свежих плодова малине условљена је првенствено садржајем полифенолних једињења, више него садржајем витамина и неких других компоненти присутних код осталих врста јагодастих воћака (*Beekwilder et al.*, 2005). Флавоноиди и фенолне киселине су најзаступљенија фенолна једињења у плодовима јагодастих воћака са снажном антиоксидационом активношћу (*Wang & Lin*, 2000; *Meyers et al.*, 2003; *Cho et al.*, 2005). Њихов

садржај у плодовима варира између различитих врста и сорти, али може бити условљен и факторима спољашње средине и примењеном агротехником (*Deighton et al.*, 2000; *Moyer et al.*, 2002; *Mullen et al.*, 2002; *Scalzo et al.*, 2005).

Фенолна једињења биљака, флавоноиди и прекусори лигнина, се акумулирају у епидермалним ћелијама биљних органа као што су цветови, листови, плодови, семена, а њихова субцелуларна локализација се односи на апопласт и вакуолу (*Wollenweber & Dietz*, 1981). Они се могу понашати као антиоксиданти и као прооксиданти са становишта "дужине живота" феноксил радикала. Редуковани облици фитофенола су снажни антиоксиданти, а са друге стране феноксил радикал настао у антиоксидационим реакцијама и у биосинтези лигнина, потенцијални је прооксидант (*Sakihama et al.*, 2002). Истовремено, полифеноли представљају сигнале за индукцију ензимског антиоксидационог заштитног система којег, између осталих, чине ензими *POD* и *PPO*.

Према *Wang & Lin* (2000) антоцијани су коњуговани пигменти који обезбеђују различиту боју плодова јагодастих воћака и дају значајан допринос укупној антиоксидационој активности. *Zhao* (2007) истиче да су антоцијани у природи ретко заступљени као слободна једињења због своје високе нестабилности. Углавном су коњуговани са неколико врста шећера или могу бити везани за неке алифатичне киселине. Управо различитост тих супституената води појави различитих боја код плодова. *Wu & Prior* (2005) наводе да је у плоду црвене малине идентификовано седам антоцијана, и то: цијанидин-3-софорозид, цијанидин-3-глукозид, цијанидин-3-рутинозид, пеларгонидин-3-глукозид, пеларгонидин-3-рутинозид, цијанидин-3-софорозид-5-рамнозид и цијанидин-3-самбубиозид-5-рамнозид. Исти аутори истичу да је у плоду црвене малине цијанидин доминантан антоцијан, а да је цијанидин 3-самбубиозид-5-рамнозид (трисахарид) уникатан антоцијан црвене малине. *Vukosavljević* (2003) истиче да су доминантно заступљени антоцијани у плоду црвене малине цијанидин 3-глукозид и цијанидин 3-софорозид, док се остали запајају спорадично. Према *Pantelidis et al.* (2007) садржај укупних антоцијана код црвене малине креће се од 1,3 до 49,1 mg цијанидин-3-глукозид еквивалента на 100 g свеже материје. Сличне вредности садржаја укупних антоцијана у плоду црвене малине добили су и *Wang & Lin* (2000). Резултати истраживања *Milivojević et al.* (2010) указују на супериорност

сортe “Willamette” у погледу садржаја укупних антоцијана и укупних фенола ($1,174 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ сока и $2,22 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ св.м.пло., по редоследу) у поређењу са сортом “Meeker” и самониклом малином. Регулисањем вегетативног пораста биљака стварају се бољи услови осветљености што може позитивно утицати на синтезу биолошки вредних једињења, нарочито антоцијана. Бројна истраживања су показала да боља осветљеност, посебно код биљака које обилно рађају, може повећати синтезу антоцијана (*Dokoozlian & Kliwer, 1996; Tyas et al., 1998; Bergqvist et al., 2001; Jia et al., 2005*).

Најзначајније фенолне киселине у јагодастом воћу су хидроксibenзоeве и хидроксидинамичне киселине. Елагинска киселина је хидроксibenзоeва киселина, која је већим делом у плодовима присутна у форми елагитанина који припадају посебној групи фенолних једињења (*Zhao, 2007*). Фенолне киселине чине око једну-трећину дијетарних фенола (*Zadernowski et al., 2005*), а плодови малине припадају групи воћака са значајним количинама елагинске киселине (*Daniel et al., 1989; Koronen et al., 2007*). Хидроксидинамичне киселине су углавном заступљене у виду деривата кафеинске и *p*-кумаринске киселине, дајући воћу опор укус, а у присуству фенолних оксидаза лако оксидишу и прелазе у браон обојена једињења у плоду. Елагинска киселина је описана као одговорна за више од 50% укупног фенолног садржаја у јагодама и малинама. Међутим, слободна елагинска киселина је генерално мало заступљена, мада су значајне количине регистоване заједно са галном киселином после киселинске хидролизе, као продукт разлагања елагитанина (*Beattie et al., 2005*). *Milivojević et al. (2010)* су регистровали нижи садржај слободне елагинске киселине ($1,98 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ с.м.пло.) код сортe “Willamette” у поређењу са самониклом малином, али и највећи садржај флавонола у плодовима ове сортe.

Значајне количине флавонола, као што су кверцетин, мирицетин и кампферол, као и њихових деривата, су присутне у плодовима јагодастих воћака, а њихов значај се огледа у позитивном утицају на здравље људи (*Hollman & Katan, 1999; Siriwoharn & Wrolstad, 2004*). *Zhao (2007)* наводи да су у плоду црвене малине идентификовани следећи флавоноли: кверцетин-3-рутинозид, кверцетин-3-глукозид, кверцетин-3-глюкоронид, коњугована форма метил-кверцетин-пентозида, кампферол глукозид, кверцин 3,4-диглукозиди и кверцетин

галактозил-рамнозид. *Hakkinen et al.* (1999) на основу испитивања садржаја флавонола (кверцетина, мирицетина и кампферола) у плодовима воћака које припадају различитим фамилијама и родовима, истичу да се род *Rubus* одликује релативно ниским садржајем кверцетина ($6\text{--}8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ св.м.пло.) и укупним садржајем флавонола у односу на друге испитиване родове. Мерењем садржаја флавонола у плодовима самоникле малине и комерцијалних сорти, *Milivojević* (2008) је детектовала кверцетин само у плоду сорте “Willamette” ($0,71\text{ }\mu\text{g g}^{-1}$ св. м. пло.), која се истовремено одликовала и највећим садржајем кампферола ($2,40\text{ }\mu\text{g g}^{-1}$ св. м. пло.).

Плодови јагодастих воћака садрже и значајне количине флаванола и то мономерних форми (епикатехини) и полимерних форми (проантоцијанидини). У кондензованој форми танини дају опор укус плодовима, али имају и позитиван утицај на људско здравље (*Santos-Buelga & Scalbert*, 2000). *Arts et al.* (2000) и *Mänttä-Riihinen et al.* (2004) истичу да је епикатехин преобладајући флаванол у плоду црвене малине, чије концентрације се крећу од 2 до 5 *mg* на 100 *g* свеже масе плода.

Kähkönen et al. (2001) су мерећи количине различитих фенолних једињења у плоду црвене малине закључили да су елагитанини ($1717\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ с.м.пло.) и антоцијани ($230\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ с.м.пло.) преобладајући феноли, док су флавоноли ($23\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ с.м.пло.), хидроксицинамичне ($25\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ с.м.пло.) и хидроксибензоичне киселине ($24\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ с.м.пло.) присутни у знатно мањим количинама. *Viljanen et al.* (2004) истичу да највећи допринос укупном фенолном садржају у плоду малине дају елагитанини и антоцијани.

Beekwilder et al. (2005) су проучавањем антиоксидационих једињења у плоду црвене малине *HPLC* методом утврдили 3 региона где су уочене највеће активности *ABTS* радикала. На основу добијених резултата закључили су да аскорбинска киселина, глутатион и цистеин (први регион) доприносе укупној антиоксидационој активности са 20%, антоцијани (други регион) са 25% и елагитанини са око 52% (трећи регион). Процијанидин и друге фенолне компоненте дале су допринос од само 5% укупној антиоксидационој активности плода црвене малине.

Резултати истраживања *Milivojević et al.* (2010) указују на супериорност сорте “Willamette” у погледу садржаја укупних антоцијана и укупних фенола ($1,174 \text{ g l}^{-1}$ сока и $2,22 \text{ mg GA g}^{-1}$ св.м.пло., по редоследу) у поређењу са сортом “Meeker” и самониклом малином. Исти аутори су утврдили високу вредност коефицијента корелације (0,97) између садржаја укупних фенола и антиоксидационог капацитета плода ($3,13 \text{ mg ask g}^{-1}$ св.м.пло.) код сорте малине “Willamette”.

2.6. Сензоричка оцена квалитета плода малине

Унутрашње и спољашње особине плода представљају важне показатеље његове нутритивне и сензоричке вредности. Истовремено, оне одређују и погодност за транспорт и складиштење, као и прихватљивост од стране потрошача. *Pelayo et al.* (2003) наводе да се оцена квалитета плодова базира на визуелном аспект, текстури, укусу и присуству здравствено корисних једињења. Атрактивност, односно визуелни аспект квалитета плода је детерминисан обликом, бојом, величином и има кључну улогу у прихватљивости од стране потрошача. *Veberič et al.* (2012) наводе да је унутрашњи квалитет плодова детерминисан садржајем примарних метаболита (шећери, органске киселине итд.) и секундарних метаболита (углавном фенола и каротеноида), који у великој мери доприносе укусу, ароми и изгледу плодова. Укус је углавном везан за једињења растворљива у води као што су различити шећери и киселине, а њихов однос одређује прихватљивост плодова за тржиште (*Vazquez-Araujo et al.*, 2010). Ниво шећера и органских киселина може варирати у зависности од генотипа, услова спољашње средине, као и агротехничких мера примењених у засаду (*Colaric et al.*, 2005; *Hudina & Stampar*, 2009). Конзистенција плода је важан показатељ механичке отпорности појединачних коштуница, али и чврстине њихове везаности у плоду и зависи од сорте, физиолошке фазе развоја и степена зрелости плодова (*Bañados et al.*, 2000).

Према *Mišić & Nikolić* (2003) сорта “Willamette” се одликује чврстим, слатко-накиселим, ароматичним и врло квалитетним плодовима, погодним за потрошњу у свежем стању, смрзавање и прераду. Са друге стране, *Stanisavljević et al.* (2003) наводе да сорта “Willamette” поседује тамно црвену боју плодова у

пуној зрелости и већу киселост плода са недовољно израженом аромом, што је чини мање погодном за свежу потрошњу. *Nikolić et al.* (2008) су проучавањем сензоричких особина квалитета плода једнородних сорти малине у условима грочанско-смедеревског Подунавља, које укључују атрактивност, арому, укус и конзистенцију плода, дали сорти “Willamette” укупно 14,4 од максималних 20,0 поена.

3. ОБЈЕКАТ, МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

3.1. Објекат

Истраживање је обављено у засаду малине сорте “Willamette”, који се налази у селу Толисавац (општина Крупањ, 44°21'10.08" СГШ и 19°23' 20.04" ИГД, надморска висина 384 - 390 метара) у периоду 2010-2012. година. Засад је подигнут 2000. године у форми вертикалног шпалира са два реда једноструке жице (слика 1). Примењено растојање садње између редова је 2,5 *m* и у реду 0,25 *m*. Током извођења огледа у засаду је спровођена стандардна агро- и помотехника, без примене система за наводњавање.



Слика 1. Засад сорте малине “Willamette”

Испитивања физиолошких, физичких, хемијских и сензоричких својстава плодова, као и физиолошких својстава листова малине су изведена у лабораторијама Катедре за воћарство Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, Института за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у

Београду и Одељења за агрономију Биотехничког факултета Универзитета у Љубљани.

3.2. Материјал

3.2.1. Основне карактеристике испитиване сорте малине

Испитивања су вршена на сорти “Willamette”, која је настала у САД укрштањем сорти: “Newburgh” x “Lloyd George”. У производњи се налази од 1943. године. Факултативна је дворотка, средње ране епохе зрења (средина јуна). Берба траје нешто дуже од месец дана. Бујна је сорта, ствара велики број изданака, који носе средње дуге и еластичне родне гранчице. Касно завршава вегетацију. Самооплодна је и родна сорта. Плод је крупан, зарубљено купаст, тамно црвене боје, врло укусан, ароматичан и слатко-накисео. Коштунице немају склоност ка опадању и уједначено сазревају у плоду, што олакшава бербу. Плод је погодан за све видове намене (Nikolić & Milivojević, 2010).



Слика 2. Сорта малине “Willamette”

3.2.2. Основне карактеристике испитиваног хемијског регулатора раста

Prohexadione-Ca (*Regalis*[®]) је биљни регулатор раста развијен у *SAD* заједничким радом *BASF* корпорације и *Kumiai Chemical Industry Co. Ltd.* Садржи 10% *Prohexadione-calcium*, односно једињења *Calcium-3-oxido-4-propionyl-5-oxo-3-*

cyclohexene-carboxylate и представља део нове класе инхибитора биосинтезе гибберелина. Његово деловање заснива се на блокирању оксоглутарат-зависне диоксигеназе, која катализује последње кораке у биосинтетској секвенци гибберелина. Блокирање синтезе гибберелина изазива смањење вегетативног пораста биљака.

3.3. Методе

3.3.1. Експериментални дизајн

Оглед је постављен по потпуном случајном плану и испитиван је утицај два фактора:

- 1) закидање тј. кошење прве серије младих изданака
- 2) фолијарни третман ретардантом раста *Prohexadione-Ca* ('Regalis[®])

Праћен је ефекат поменутих фактора на физиолошка својства, вегетативни пораст, продуктивност и квалитет плода сорте малине "Willamette".

Оглед је обухватио 6 третмана:

- 1) контролни третман без закидања изданака и без третирања *Prohexadione-Ca*;
- 2) са два третирања *Prohexadione-Ca* (2*ProCa*);
- 3) са једним закидањем изданака (Z);
- 4) са једним закидањем изданака и са два третирања *Prohexadione-Ca* (Z+2*ProCa*);
- 5) са два закидања изданака (2Z);
- 6) са два третирања *Prohexadione-Ca*, и непосредно затим гибберелинском киселином (2*ProCa*+2GA₃).

Експериментална површина је обухватила 4 реда у засаду малине, при чему је сваки ред представљао 1 понављање заузимајући 10 дужних метара шпалира. Третмани су примењени на по 5 насумично изабраних изданака по понављању (укупно 20 изданака по третману). Сви третмани су били примењени у сваком реду, а нетретирана површина између различитих третмана износила је 2 m. *Prohexadione-Ca* је коришћен у количини од 1 l раствора по третману.

Прво закидање младих изданака је обављено средином априла (Z, Z+2*ProCa* и 2Z третмани), а друго почетком маја сваке испитиване године (2Z

третман). У $2ProCa$, $Z+2ProCa$ и $2ProCa+2GA_3$ третманима фолијарна апликација *Prohexadione-Ca* вршена је два пута у периоду април-мај у интервалу од три недеље сразмерно динамици пораста нових изданака. Третирани су млади изданци читавом дужином, у моменту када достигну висину до 30 cm. Такође, третирани су и базални делови родних двогодишњих изданака на којима није било родних гранчица. Примењене су следеће концентрације *Prohexadione-Ca*: 125 ppm (код првог третирања) и 200 ppm (код другог третирања). Примена егзогене гибберелинске киселине (GA_3) је изведена да би се испитао механизам утицаја *Prohexadione-Ca* на активност ендогених гибберелина. Третирање је извршено два пута непосредно након примене *Prohexadione-Ca* у концентрацији од 250 ppm.

Целокупан програм истраживања је обухватио већи број параметара, који су у циљу лакшег проучавања груписани у неколико целина:

- Вегетативни потенцијал малине;
- Физиолошке особине малине;
- Генеративни потенцијал малине;
- Физичка, хемијска и антиоксидациона својства плода малине;
- Сензоричка оцена квалитета плода малине.

3.3.2. Вегетативни потенцијал малине

На крају сваке вегетације (период 2010-2012. година) праћени су следећи параметри вегетативног потенцијала:

- дужина изданака (cm)
- број нодуса по дужном метру изданка
- пречник изданка (mm)
- дужина интернодија (cm)

Испитивања параметара вегетативног потенцијала обављена су пребројавањем и уобичајеним морфометријским мерењима.

3.3.3. Физиолошке особине малине

3.3.3.1. Фенолошке особине

У оквиру фенолошких особина малине сорте “Willamette” испитивани су:

- Фенофаза цветања (почетак, крај и трајање)
- Фенофаза зрења (почетак, крај и трајање)

Фенофаза цветања одређена је регистрањем датума за почетак (када се отвори 10% цветова) и крај цветања (када са 90% цветова опадну крунични листићи). Трајање поменуте фенофазе је изражено у данима.

Фенофаза зрења одређена је регистрањем датума за почетак (када је зрело 10% плодова) и крај зрења (дан последње бербе). Трајање поменуте фенофазе је изражено у данима.

3.3.3.2. Екстракција узорака и одређивање садржаја хлорофила *a* и *b* и укупних каротеноида у листовима сорте малине “Willamette”

Узорци свежих листова су хомогенизовани у авану уз помоћ течног азота, а затим је од хомогената узет узорак масе 1 g свежег ткива листа који је екстрахован у 100% ацетону у односу 1:3. Након центрифугирања на 10000 x g у трајању од 10 минута супернатанти су одливени у епендорф кивете и коришћени за даље анализе.

Апсорбанца екстраката је мерена на спектрофотометру (*Multiscan® Spectrum, Thermo electron corporation, Vantaa, Finland*) на 663 nm за хлорофил *a*, 654 nm за хлорофил *b* и 470 nm за укупне каротеноиде (*Lichtenthaler & Buschmann, 2001*). Садржај хлорофила *a* и *b* и укупних каротеноида изражен је у μg по g свежје масе листа ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис.).

3.3.3.3. Промена ензимских активности у листовима и плодовима сорте малине “Willamette”

Промене активности ензима у листовима и плодовима контролних и третираних биљака (супероксид дисмутаза- *SOD*, пероксидаза- *POD*, каталаза-

CAT и полифенол оксидазе- PPO) одређене су спектрофотометријски следећим методама:

- за гвајакол пероксидазе коришћена је метода према *Hammerschmidt et al.* (1982);
- за полифенол оксидазе коришћена је метода према *González et al.* (1999);
- за каталазе коришћена је метода према *Aebi* (1983);
- за укупне супероксид дисмутаза коришћена је метода према *McCord & Fridovich* (1969);
- Визуализација промена активности пероксидаза у листовима испитиване сорте малине одређена је електрофоретском техником изоелектричног фокусирања на апарату *LKB, Multiphor II* (*LKB Instruments Ltd., South Croydon, Surrey, UK*).

Испитивање садржаја хлорофила, каротеноида и ензимске активности у листовима контролних и третираних биљака вршено је у 2011. и 2012. години, осим супероксид дисмутаза чија активност је праћена у 2012. години. Узорци листова су узети са једногодишњих изданака у другој недељи после примене *ProCa*. Узорак је обухватио 20 листова по третману (4 понављања по 5 листова).

Прикупљање узорака плодова за испитивање промена активности ензима у 2011. и 2012. години, вршено је у фази комерцијалне зрелости плодова, а узорак је обухватио 40 плодова по третману (4 понављања по 10 плодова).

3.3.3.3.1. Екстракција узорака за одређивање ензимске активности у листовима

Након уклањања главних нерава узорци свежих листова су хомогенизовани уз помоћ течног азота, а затим је од хомогената узет узорак масе 1 g и естрахован у 3 ml 50 mM калијум-фосфатног пуфера pH 6 који садржи 0.2 mM EDTA, 1% PVP, 0.1% Triton X 100, и 1 mM PMSF. Након центрифугирања на 13000 x g у трајању од 10 минута на 4°C, ензимска активност супернатаната је одређена спектрофотометријски (*Shimadzu UV-2501PC, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan*).

3.3.3.3.2. Екстракција узорака за одређивање ензимске активности у плодовима

Свежи плодови су хомогенизовани у 50 *mM* натријум-фосфатном пуферу *pH* 7, који садржи 4% (w/v) поливинилпиролидона (*PVP*) и 0,1% *TritonX 100* у односу 1:3 (свежа маса плода:екстракциони пуфер) према претходно описаном протоколу (*González et al.*, 1999). Након центрифугирања на 13000 x *g* у трајању од 10 минута на 4°C, ензимска активност супернатаната је одређена спектрофотометријски (*Shimadzu UV-2501PC*, *Shimadzu Corp.*, *Kyoto, Japan*).

3.3.3.3.3. Одређивање садржаја протеина

Садржај протеина у узорцима листова и плодова је одређен методом према *Bradfordu* (1976) након мерења апсорбанце на 595 *nm* (*LKB 5060-007*, *Microplate Reader*, *GDV*, *Roma, Italy*) са говеђим серум албумином (*BSA*) као стандардом.

3.3.3.3.4. Одређивање активности гвајакол пероксидазе (*POD*)

POD (*EC* 1.11.1.7) активност је одређена спектрофотометријски на 470 *nm* (*Shimadzu UV-2501 PC*, *Shimadzu Corp.*, *Kyoto, Japan*) употребом гвајакола као донора електрона према методи *Hammerschmidt et al.* (1982). Узорци (100 μ l плода и 10 μ l узорка листа, запремина зависи од активности ензима) су помешани са реакционом смешом која садржи 0,25% (v/v) гвајакола у 50 *mM* калијум-фосфатном пуферу *pH* 6,0 и 10 *mM* H_2O_2 . Једна јединица (*U*) *POD* активности је дефинисана као количина ензима која катализује конверзију једног μ mol H_2O_2 у минути.

3.3.3.3.5. Одређивање активности полифенол оксидаза (*PPO*)

PPO (*EC* 1.10.3.1) активност супернатаната је одређена спектрофотометријски на 410 *nm* (*Shimadzu UV-2501PC*, *Shimadzu Corp.*, *Kyoto, Japan*) коришћењем 0,1 *M* калијум-фосфатног пуфера (*pH* 6,5) и 40 *mM* пирокатехола. Једна јединица (*U*) *PPO* је дефинисана као промена апсорбанце од 0,001 под условима испитивања.

3.3.3.3.6. Одређивање активности каталаза (CAT)

Активност CAT (EC 1.11.1.6) је измерена преко промене апсорбанце на 240 nm, као последица разградње H_2O_2 (Aebi, 1983). Једна јединица (U) CAT је дефинисана као количина ензима која разграђује 1 μmol H_2O_2 у минути на 25°C.

3.3.3.3.7. Одређивање активности супероксид дисмутаза (SOD)

Активност SOD (EC 1.15.1.1) је измерена преко инхибиције кисеоник-зависне редукције цитохрома c (Cyt c) на 550 nm, према методи McCord & Fridovich (1969). У реакцији ксантина са ксантин оксидазом (XOD) генеришу се супероксид анјон радикали ($O_2^{\cdot-}$) који затим редукују оксидовани Cyt c, а брзина реакције се мери спектрофотометријски ($\Delta A_{550\text{ nm}} = 0,025 \pm 0,005$ у минути). SOD катализујући реакцију дисмутације $O_2^{\cdot-}$, уклања радикале и смањује брзину редукције Cyt c. Ово смањење је пропорционално активности SOD. Активност SOD потребна за смањење брзине редукције Cyt c за 50% на pH 7,8, 25°C и реакционој запремини 3,0 mL је дефинисана као јединица активности овог ензима (U). Детаљан опис методе и начин прерачунавања је извршен по недавно описаном протоколу према Dragišić Maksimović & Živanović (2012).

3.3.3.3.8. Изоелектрично фокусирање (ИЕФ)

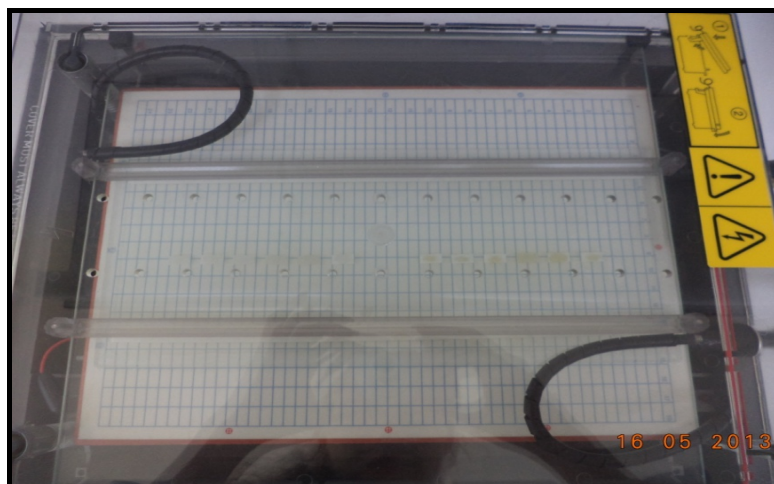
3.3.3.3.8.1. Припрема гела

Изоелектрично фокусирање (ИЕФ) је изведено на 7,5% полиакриламидном гелу, дебљине 1 mm, који се састојао из:

H_2O	6,325 ml
30% акриламид	4,125 ml
50% глицерол	4,400 ml
3% амфолити (pH 3,6-9,3)	1,650 ml
APS	0,825 ml
TEMED	0,013 ml

Након полимеризације гела, која уобичајено траје око 45 минута, извршено је предфокусирање у трајању од 30 минута при следећим условима: 2000 V, 50 mA

и 10 W. Филтер траке са запремином нанетих узорака која одговара количини протеина од 10 μg су постављене директно на гел, а затим је извршено фокусирање у трајању од 150 минута, у нешто измењеним условима: 2000 V, 50 mA и 15 W (LKB, Multiphor II).



Слика 3. Изоелектрично фокусирање

3.3.3.3.8.2. Бојење пероксидазних изоформи на гелу за ИЕФ

Након испирања гела дестилованом водом, бојење гела је вршено у 10% метанолном раствору α -наптола (0,6 mM), 0,03% H_2O_2 и 50 mM натријум-ацетатном пуферу pH 5,5 око 10 минута на 25°C.

3.3.4. Генеративни потенцијал малине

Од показатеља генеративног потенцијала, праћени су:

- број родних гранчица по изданку
- број цвасти по изданку
- број плодова по изданку
- принос по изданку (g)
- принос по дужном метру шпалира (kg)



Слика 4. Родна гранчица малине

Испитивање параметара генеративног потенцијала вршено је бројањем и мерењем на двогодишњим (родним) изданцима. Параметри генеративног потенцијала у првој испитиваној години су праћени само у функцији примене помотехничке мере закидања првих серија изданака, док су у 2011. и 2012. години праћени у функцији комбиноване примене помотехничке мере закидања првих серија изданака и апликације *ProCa*. Принос по изданку (g) утврђен је мерењем масе свих убраних плодова са једног изданка, а принос по дужном метру шпалира (kg) као производ приноса по једном изданку и броја изданака по дужном метру шпалира.

3.3.5. Физичка својства плода малине

У оквиру физичких својстава плода праћени су следећи параметри:

- маса плода (*g*)
- дужина плода (*mm*)
- ширина плода (*mm*)
- индекс облика плода
- број коштуница у плоду

Испитивања физичких особина су вршена уобичајеним морфометријским методама. Маса плода је одређена мерењем на дигиталној ваги (*Acom JW-1, Korea*). Вредности индекса облика плода су добијене израчунавањем из односа дужине и ширине плода, које су измерене дигиталним шублером (*Prowin, China*). Број коштуница у плоду је одређен бројањем. Плодови за анализу физичких и хемијских својстава узорковани су током друге бербе од укупно десет берби у свакој испитиваној години. Анализе су вршене на укупно 80 плодова по третману (4 понављања по 20 плодова).

3.3.6. Хемијска својства плода малине

Узорци плодова узети у фази комерцијалне зрелости за анализу физичких својстава, коришћени су даље за испитивање хемијских својстава. У првој испитиваној години хемијска својства плода су анализирана само у функцији примене помотехничке мере закидања првих серија изданака, док су у 2011. и 2012. години испитивања вршена у функцији комбиноване примене помотехничке мере закидања првих серија изданака и апликације *ProCa*. Утицај *ProCa* и закидања прве серије младих изданака на садржај појединачних фенолних компоненти у плодовима испитиване сорте малине одређен је у 2011. години.

3.3.6.1. Одређивање садржаја растворљиве суве материје у плоду малине

Садржај растворљиве суве материје одређен је помоћу дигиталног рефрактометра (*Pocket PAL-1, Atago, Japan*) и вредности су изражене у %.

3.3.6.2. Одређивање садржаја укупних, инвертних шећера и сахарозе у плоду малине

Садржај укупних, инвертних шећера и сахарозе одређиван је *Luff – Schoorl* медотом (*Egan et al.*, 1981). Метода се заснива на редукционим особинама шећера који у одређеним условима преводе бакар-сулфат (CuSO_4) из *Luff*-овог раствора у бакар-оксид (Cu_2O). Неутрошена количина јона (Cu^{2+}) одређује се тако што се раствору дода калијум-јодид, при чему се излучују еквивалентне количине елементарног јода који се, уз скроб као индикатор, одређује титрацијом раствором натријум-тиосулфата ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

За постизање потпуне екстракције у води растворљивих шећера плодови су добро уситњени и хомогенизовани, а екстракција је извршена у воденом купатилу на температури од 40-50°C. Из добијеног основног раствора процесом бистрења уклоњене су друге, у води растворене материје (протеини, пектинске материје, танини, боје, анјони, катјони), које могу да ометају одређивање шећера. За бистрење основног раствора коришћени су раствори *Cerrez I* и *Cerrez II*. Након бистрења целокупна количина раствора је пренета у одмерни суд запремине 250 ml, допуњена до црте дестилованом водом, промешана и филтрирана. Тако је добијен филтрат I.

3.3.6.2.1. Одређивање садржаја инвертних шећера

Одређивање инвертних шећера изведено је тако што је филтрат I разређен дестилованом водом, а затим је у ерленмајер запремине 300 ml додато 25 ml *Luff*-овог раствора и 25 ml разређеног филтрата I. Након тога ерленмајер је спојен са апаратом за дестилацију, загреван на директном пламену до кључања и куван у трајању од 10 минута. Упоредо са анализом постављена је и слепа проба (са 25 ml *Luff*-овог реагенса и 25 ml дестиловане воде). Након кувања ерленмајер је охлађен под млазом хладне воде. У охлађени раствор додато је 10 ml калијум-јодида (KI) и постепено 25 ml 6N сумпорне киселине (H_2SO_4). Издвојени јод је титриран са 0,1 mol/l раствором натријум-тиосулфата ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) уз скроб као индикатор до губитка плаве боје. Израчунавање садржаја инвертних шећера вршено је помоћу формуле:

$$\frac{250 \cdot 100 \cdot A \cdot 100}{5 \cdot 25 \cdot 25 \cdot 100} = \% \text{ шећера}$$

A – таблична вредност (очитана на основу разлике количине натријум-тиосулфата $Na_2S_2O_3$ утрошеног за слепу пробу и пробу (*Sp-P*)).

3.3.6.2.2. Одређивање садржаја укупних шећера

Одређивање укупних шећера изведено је тако што је у суд запремине 100 ml отпипетирано 10 ml филтрата I, који је разређен са 30 ml дестиловане воде и коме је додато 0,5 ml концентроване хлороводоничне киселине (*HCl*). Овако припремљени узорак је стављен у кључало водено купатило у трајању од 30 минута, након чега је извршена неутрализација са 1 mol/l раствором натријум хидроксида (*NaOH*), а раствор је допуњен дестилованом водом до црте. Даљи поступак је исти као код одређивања инвертних шећера. Израчунавање укупних шећера вршено је помоћу формуле:

$$\frac{250 \cdot 100 \cdot A \cdot 100}{5 \cdot 10 \cdot 25 \cdot 1000} = \% \text{ шећера}$$

A – таблична вредност (очитана на основу разлике количине натријум-тиосулфата $Na_2S_2O_3$ утрошеног за слепу пробу и пробу (*Sp-P*)).

3.3.6.2.3. Одређивање садржаја сахарозе

Одређивање садржаја сахарозе извршено је помоћу следеће формуле:

$$\% \text{ сахарозе} = (b - a) \cdot 0,95$$

a – садржај инвертних шећера

b – садржај укупних шећера

3.3.6.3. Одређивање садржаја укупних киселина у плоду малине

Садржај укупних киселина одређен је поступком титрације, који се заснива на неутрализацији свих киселина и њихових соли са раствором базе натријум-хидроксида одређеног нормалитета уз индикатор фенолфталеин, до промене боје (pH 8,1). Количина укупних киселина израчуната је множењем фактора за јабучну киселину (0,268) са количином утрошених ml 0,1 N $NaOH$. Киселост је изражена у процентима еквивалента јабучне киселине.

3.3.6.4. Одређивање садржаја витамина Ц у плоду малине

Садржај витамина Ц у свежим плодовима испитиване сорте одређен је методом јодометријске титрације (Rikovski et al., 1989).

У нормалан суд од 100 ml додато је 5 g узорка свеже масе плода, 2-3 ml 10% хлороводоничне киселине (HCl), а затим је суд до црте допуњен са 2% раствором сирћетне киселине. Након одлежавања на тамном месту у трајању од 30 минута, извршена је филтрација. У 1 ml добијеног филтрата додато је мало дестиловане воде, 1-2 капи 1% раствора скроба и пар гранула калијум јодида (KJ). Титрација је извршена са калијум јодатом (KJO_3) до појаве светло љубичасте боје. Концентрација витамина Ц у плоду испитиване сорте, израчуната на основу утрошка калијум јодата, изражена је у mg витамина Ц на 100 g свеже масе плода (mg 100 g^{-1} св.м.пло.).

3.3.6.5. Одређивање садржаја индивидуалних фенолних компоненти у плоду малине

Фенолна екстракција плода малине извршена је по протоколу Mikulic-Petkovsek et al. (2012). Спрзнати плодови малине су хомогенизовани у аванима, а затим су од сваког хомогената узети узорци масе 5 g и екстраховани у 10 ml метанола, који садржи 3% (v/v) мравље киселине и 1% (w/v) 2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT), на хлађеном ултрасоничном купатилу у трајању од сат времена. BHT је додат узорцима да спречи оксидацију. Након центрифугирања у трајању од 10 минута на 10000 $\times g$ сваки супернатант је профилиран кроз

полиамидни филтер (*Chromafil AO-25/25*) и пребачен у бочицу пре ињектирања у *HPLC* систем.

Фенолне компоненте су анализиране на *Thermo Finnigan Surveyor HPLC* систему (*Thermo Scientific, San Jose, USA*) са *diode array* детектором подешеним да прати промену апсорбанце на 280 nm (флаваноли, деривати хидроксицинамичних киселина), 350 nm (флавоноли, деривати елагинске киселине) и 530 nm (антоцијани). Коришћена колона је *Gemini C₁₈* (150 × 4,6 mm; *Phenomenex, Torrance, USA*) са куглицама дијаметра 3 μm. Термостатирани одељак за колону је био подешен на 25°C. Елуциони раствори су се састојали из 1% мравље киселине у редестилованој води (А) и 100% ацетонитрила (Б). Узорци су елуирани по линеарном градијенту: 0–5 минута, 3–9 % Б; 5–15 минута, 9–16 % Б; 15–45 минута, 16–50 % Б; 45–50 минута 50 % изократски (*Marks et al., 2007*) са ињекционом запремином од 20 μl и протоком од 1 ml·min⁻¹.

Све фенолне компоненте су идентификоване употребом масеног спектрометра (*Thermo Scientific, LCQ Deca XP MAX*) са електроспреј јонизацијом (*ESI*), који је био оптимизиран у негативном јон моду (за све фенолне групе осим антоцијана) и позитивном јон моду (за антоцијане). Анализа је изведена употребом пуног скенирања MSⁿ зависних података скенираних у опсегу од 115 до 1500 m/z. Запремина ињектирања је била 10 μl, а проток одржаван на 1 ml·min⁻¹. Капиларна температура била је 250°C, а извор напона 4 kV за негативни мод и 0,1 kV за позитиван мод. Спектрални подаци су обрађени у *Excalibur* програму (*Thermo Scientific*). Идентификација једињења је потврђена поређењем ретенционих времена и њихових спектралних приказа, као и додавањем стандардних раствора узорку и фрагментацијом.

Концентрација фенолних компоненти је израчуната из односа површине пикова компоненти и одговарајућих стандарда, и изражена је у mg kg⁻¹ свеже масе плода малине. Код компоненти за које су недостајали стандарди квантификација је вршена употребом сличних једињења као стандарда. Тако су хексозид 1 и 2 *p*-кумаринске киселине квантификовани у еквивалентима кумаринске киселине, хексозид кафеинске киселине квантификован је у еквивалентима кафеинске киселине, кверцетин-3-вицианозид и кверцетин-3-ксилозилглюкоронид у еквивалентима кверцетин-3-галактозида, сви цијанидин гликозиди у

еквивалентима цијанидин-3-галактозида, оба пеларгонидин гликозида су квантификована у еквивалентима пеларгонидина и сви деривати елагинске киселине у еквивалентима елагинске киселине.

За квантификацију фенолних једињења коришћени су следећи стандарди: кафеинска и елагинска киселина, пеларгонидин, кампферол, изорамнетин и цијанидин-3-галактозид (*Sigma-Aldrich Chemie, St. Louis, MO, USA*), кверцетин-3-галактозид, кверцетин-3-глукозид, кверцетин-3-глукоронид, (-)-епикатехин, *p*-кумаринска киселина, процијанидин Б2 (*Fluka Chemie GmbH, Buchs, Switzerland*) и кверцетин-3-*O*-арабинозид (*Apin Chemicals, Abingdon, UK*).

3.3.6.6. Одређивање садржаја укупних антоцијана у плоду малине

Одређивање садржаја укупних антоцијана у плодовима испитиване сорте вршено је *pH* диференцијалном методом (*Cheng & Breen, 1991*).

Узорци свежих плодова су хомогенизовани уз помоћ блендера, а затим је од хомогената узет узорак масе 1 g свежег ткива плода и екстрахован у 70% ацетону са 0,1% хлороводоничном киселином, у односу 1:3. Након центрифугирања на 10000 x g у трајању од 20 минута супернатанти су одливени у епендорф кивете и коришћени за даље анализе.

Апсорбанца екстракта је мерена на 510 и 700 nm (*Multiscan® Spectrum, Thermo electron corporation, Vantaa, Finland*) у 0,025 М калијум хлоридном пуферу *pH* 1,0 и 0,4 М натријум ацетатном пуферу *pH* 4,5. Садржај укупних антоцијана је израчунат употребом моларног екстинкционог коефицијента (за цијанидин-3-глукозид износи 29600) и апсорбанце $A = [(A_{510} - A_{700})_{pH\ 1,0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\ 4,5}]$. Резултати су изражени као *mg* еквивалента цијанидин-3-глукозида на 100 g свежје масе плода (*mg* екв. цијанидин-3-глукозида $100 \cdot g^{-1}$ св.м.пло.).

3.3.6.7. Одређивање садржаја укупних фенола у листу и плоду малине

Садржај укупних фенола у листу и плоду испитиване сорте одређен је спектрофотометријски помоћу *Folin-Ciocalteu* реагенса методом према *Singleton & Rossi (1965)* на спектрофотометру (*Multiscan® Spectrum, Thermo electron corporation, Vantaa, Finland*). Принцип методе заснива се на особини фенола да у алкалној средини оксидо-редукционом реакцијом са фосфомолибденско-

фосфоволфрамовим солима граде комплекс постојане боје, чију апсорбанцу меримо на 724 nm.

Узорци листова су хомогенизовани у авану уз употребу течног азота, а узорци свежих плодова су хомогенизовани уз помоћ блендера. Од хомогената је узет узорак масе око 1 g свежег ткива листа или плода, и екстрахован у екстракционом раствору у односу 1:3. Екстракциони раствор садржи ацетон/ воду /хлороводоничну киселину у односу 70:30:5 запремине. Након центрифугирања на 10000 x g у трајању од 20 минута супернатанти су одливени у епандорф кивете и коришћени за даље анализе.

Стандардни раствори направљени су са галном киселином (GA) у растварачу (ацетону) од 0,1 до 3 mM са циљем добијања стандардне праве. 50 μ l узорка је помешано са 0,475 ml Фолиновог реагенса и остављено да стоји 3 минута, након чега је додато 0,475 ml 0,2 M Na₂CO₃ (раствора натријум карбоната у води, 60 g/l Na₂CO₃). Након 60 минута инкубације на собној температури у мраку, на спектрофотометру је измерена апсорбанца на 724 nm. Резултати су изражени као еквивалент галне киселине по граму свежје масе листа (mg екв. GA g⁻¹ св.м.лис.), односно плода (mg екв. GA g⁻¹ св.м.пло.).

3.3.6.8. Антиоксидациони капацитет плода малине

Анализа антиоксидационог капацитета плода испитиване сорте малине изведена је ABTS тестом према Arnao et al. (1999).

Узорци свежих плодова су хомогенизовани уз помоћ блендера. Од хомогената узет је узорак масе око 1 g свежег ткива плода и екстрахован у екстракционом раствору у односу 1:3. Екстракциони раствор садржи ацетон/ воду /хлороводоничну киселину у односу 70:30:5 запремине. Након центрифугирања на 10000 x g у трајању од 20 минута супернатанти су одливени у епандорфе и коришћени за даље анализе.

Реакциона смеша садржала је 2 mM ABTS супстрата (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic-acid) diammoniumsalt), 15 μ M водоник пероксида и 0,25 μ M HRP (пероксидазе из корена рена) у 50 mM фосфатног пуфера (pH 7,5) у укупној запремини 1 ml, на температури од 24 - 26 °C. Реакција је праћена на 730 nm, на спектрофотометру UV-vis Shimadzu 2501-PC (Kyoto, Japan) до

стабилизовања апсорбанце, добијене формирањем *ABTS* радикала пероксидазном реакцијом. Стандардна права је конструисана на основу вредности добијених смањењем апсорбанце које је проузроковано додавањем различитих концентрација *L*-аскорбинске киселине (0,8-0,1 *mM*), која производи исти антиоксидациони ефекат као испитивани узорак. Анализа узорака је вршена додавањем различитих запремина ацетонских екстраката плода испитиване сорте у реакциону смешу, а мера антиоксидационог капацитета је смањење апсорбанце изазвано нестајањем *ABTS* радикала генерисаних пероксидазом.

Укупна антиоксидациона активност испитиваних узорака је израчунавана као количина еквивалената аскорбинске киселине по граму свежје масе плода (*mg* екв. аскорбинске киселине g^{-1} св.м.пло.).

3.3.7. Сензоричка оцена квалитета плода малине

Одређивање сензоричке оцене квалитета плода обављено је сензоричким тестом према *UPOV* дескриптору (поентирањем на скали од 0 до 6). Комисија од пет чланова оцењивала је спољашње и унутрашње особине плода са максималним бројем поена 20. Оценама од 0 до 6 вредновани су атрактивност и укус плода, а оценама од 0 до 4 арома и конзистенција плода. На основу укупне оцене извршен је одабир третмана, који је испољио позитиван утицај на сензорички квалитет плода.

3.3.8. Статистичка анализа

Експериментални подаци по годинама испитивања су обрађени у статистичком пакету Статистика (верзија 6.0), применом методе једнофакторијалне анализе варијансе (*ANOVA*). Анализе су урађене у 4 понављања, а резултати су изражени као срења вредност $\pm$ стандардна грешка. Значајност разлика између средњих вредности третмана утврђена је *LSD* тестом на нивоу значајности 0,05. Корелациона зависност између садржаја укупних фенола и антиоксидационог капацитета, као и укупних антоцијана и антиоксидационог капацитета плода сорте малине “Willamette” израчуната је применом *Pearasonov-og* коефицијента корелације.

4. АГРОЕКОЛОШКИ УСЛОВИ

Климатски услови локалитета заједно са земљишним условима, биолошким потенцијалом сорте и комплексом агротехничких мера представљају најбитније чиниоце који утичу на висину приноса и квалитет плода малине. Посебно је познавање климатских и земљишних услова неког подручја неопходно, јер је животна активност биљака у тесној вези са средином која их окружује.

Kojić & Pekić (1998) наводе да степен прилагођености биљних врста различитим факторима спољне средине зависи од њихове еколошке валенце. Под њом се подразумева амплитуда варирања неког еколошког фактора у чијим границама је могућ опстанак дате врсте.

Малина је изразито космополитска биљка, а већина врста малине од којих су постале племените сорте потиче са северне Земљине полулопте. Црвена малина расте самоникло или се гаји у Европи, Азији и Северној Америци, допирући на југ до базена Средоземног мора, на север до северног поларника, а на планинама до висине од 2000 метара над морем (*Nikolić & Milivojević*, 2010). Прилагођава се различитим климатским условима, а највише јој погодују умерено влажна и умерено топла поднебља, без великих температурних колебања и близина букових шума.

Мали број сорти малине, као што су “Willamette” и “Meeker”, располажу широком еколошком валенцом (*Mišić et al.*, 2004). Већина нових сорти малине боље се прилагођава агроеколошким условима земље порекла, па је њихово успешно гајење могуће само у одређеним екосрединама (*Dale & Daubeney*, 1985).

Метеоролошки подаци представљени у овом раду односе се на станицу Крупањ, где је оглед изведен. Подручје Крупања се одликује претежно умерено-континенталном климом. На климу овог краја утиче пре свега планински рељеф, испресецан речним долинама, нагнутим према северу и истоку. Лета су умерено топла, зиме умерено хладне, а прелазна годишња доба дуга и блага. Овај предео је, у целини, изложен утицају ваздушних струјања са запада, што га чини нешто богатијим падавинама.

4.1. Климатски услови Крупња

Клима је скуп метеоролошких утицаја и појава које у одређеном временском периоду чине средње стање атмосфере на неком делу Земљине површине и заједно са другим чиниоцима утиче на постојање, развој и размножавање живих организама. Заједно са земљиштем клима чини полазну основу сваке пољопривредне производње.

У овом раду, од климатских услова, анализираће се појединачно деловање најважнијих метеоролошких елемената и њихових параметара. Упоредно су приказани метеоролошки подаци за двадесетдеветогодишњи период у виду просека и подаци за године испитивања, када је оглед реализован.

4.1.1. Температура ваздуха

Одвијање основних физиолошких процеса код воћака (фотосинтеза, дисање, транспирација, апсорпција хранљивих материја и воде и др.) могуће је само у одређеним температурним границама. Свако одступање од оптимума у мањој или већој мери ремети наведене процесе (*Velicković, 2004*).

Главни малинарски рејони у Србији налазе се у умерено континенталном поднебљу са средњом годишњом температуром ваздуха од 8 до 10°C и средњом вегетационом температуром ваздуха од 13 до 15°C (*Vulić et al., 1999*).

У табели 1. приказане су средње месечне и годишње вредности температуре ваздуха, као и средње вредности температуре ваздуха за период вегетације измерене у Крупњу. Средња годишња температура ваздуха за период од 29 година била је 10°C, а за време истраживања виша вредност од вишегодишњег просека забележена је једино у 2012. години и износила је 11,2°C.

Средње вегетационе температуре ваздуха у 2010. и 2011. години нису значајно одступале од двадесетдеветогодишњег просека (14,3°C), док је у 2012. години средња вегетациона температура ваздуха била за 2°C виша и износила је 16,3°C.

Таб. 1 – Средње месечне температуре ваздуха, средње годишње вредности (Г) и средње вредности за вегетациони период (ВП)

Год/мес.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Г	ВП
1980-2009	0,2	1,5	5,5	10,0	14,9	18,2	19,6	19,3	14,5	10,3	5,5	0,9	10,0	14,3
2010	-0,3	2,0	5,8	10,5	13,9	17,4	21,1	20,1	13,0	8,0	8,9	0,9	10,1	13,7
2011	0,3	0,3	4,9	9,1	13,4	17,2	19,9	21,1	18,1	9,5	1,9	2,8	9,9	14,1
2012	-0,2	-4,3	6,3	10,6	16,2	21,7	24,1	22,6	17,4	11,7	8,2	-0,2	11,2	16,3

Најхладнији месеци на подручју Крупња били су јануар и децембар, како је показао и двадесетдеветогодишњи просек и осматрања у 2010. и 2011. години. У 2012. години, као најхладнији месец показао се фебруар са средњом месечном температуром од 4,3°C.

Црвена малина под дебелим снегом може да поднесе температуру до -35 °C, али изданци на голомразици измрзавају на температурама од -18 °C до -26 °C. Међутим, колебања температуре (више од 6 °C и ниже од -7 °C) од јануара до априла, могу малини да причине значајне штете (*Nikolić & Milivojević*, 2010).

У току периода испитивања није забележена појава јачих позних пролећних мразева који би нанели веће штете тек развијеним бочним гранчицама и младим листићима. Сорте малине у типичним малиногорјима у Србији цветају касно (друга половина маја месеца), па им позни мразеви сразмерно ретко причињавају штете.

Са друге стране, високе температуре праћене смањењем влажности ваздуха и земљишта утичу на убрзано зрење, појаву ситнијих плодова лошијег квалитета и смањење приноса. На једногодишњим изданцима појављују се ожеготине, исушује се пупољак, па се такви изданци морају уклонити наредне године.

На основу двадесетдеветогодишњег просека на подручју Крупња најтоплији месец је јул (19,6°C), док је у периоду испитивања најтоплији месец био јул у 2010. години са просечном температуром од 21,1°C и у 2012. години са просечном температуром од 24,1 °C. У 2011. години најтоплији месец је био август са просечном температуром 21,1°C. Нарочито је 2012. година била топла, с обзиром да су у току три месеца (јун, јул и август) средње месечне температуре за

око 3,0°C биле више од средње месечне температуре најтоплијег месеца (јул) у вишегодишњем просеку.

4.1.2. Падавине

Присуство воде у земљишту и атмосфери је од изузетног значаја за одвијање свих животних функција код воћака. Она је растварач и преносилац различитих минералних материја, доприноси ефикасном одвијању фотосинтезе, одржава тургор у лишћу и ткивима, регулише температуру ткива процесом транспирације и позитивно утиче на одвијање биохемијско-физиолошких процеса у ћелијама и ткивима (*Veličković, 2004*).

За обилан род и добар квалитет плодова малине неопходне су велике количине воде које потичу од падавина или се обезбеђују наводњавањем. Средње бујан изданак малине транспирацијом троши око 200 cm^3 воде на дан, а у недостатку влаге смањује се вегетативни пораст изданака и принос малине, при чему лишће и плодови остају ситни (*Mišić & Nikolić, 2003*).

Малина добро успева на подручјима са 700 до 1.000 mm падавина годишње, од чега најмање 50% треба да падне током вегетационог периода (*Nikolić & Milivojević, 2010*). У регионима са мањом количином падавина од 500 mm наводњавање је обавезна мера, а тамо где је годишња сума падавина између 500 и 750 mm наводњавање се препоручује као допунска мера. *Milivojević et al. (2005)* су установили да и у кишним годинама малина позитивно реагује на наводњавање кроз повећање приноса, независно од агроеколошких услова у којима се гаји.

У табели 2. су приказане просечне количине падавина за Крупањ. Просечна годишња количина падавина за период од 29 година била је 1054,5 mm , а у току вегетације 765,8 mm . Месеци са највише падавина су јун и јул, а најмање падавина регистровано је у јануару и фебруару месецу.

Таб. 2 – Просечна месечна сума падавина (*mm*), годишња сума падавина (Γ) и сума падавина за вегетациони период (ВП)

Год./ мес.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Γ	ВП
1980- 2009	52,4	59,9	77,9	74,2	93,5	139,7	107,1	84,6	102,4	86,4	88,5	87,9	1054,5	765,8
2010	86,0	90,3	65,1	80,3	160,2	252,6	100,9	116,3	121,3	100,8	67,1	77,2	1318,1	997,5
2011	42,7	65,1	40,2	40,5	125,8	55,4	126,6	5,3	45,0	42,8	5,1	75,5	670,0	481,6
2012	124,9	70,9	25,1	91,4	164,2	36,6	24,8	1,4	24,3	48,3	26,5	110,4	748,8	416,8

Године у којима је вршено испитивање биле су различите по количини падавина. Највећа количина падавина била је у 2010. години са 1.318,1 *mm* воденог талога у току године и 997,5 *mm* у току вегетације, 25% више од вишегодишњег просека, што је довело до побољшања водног биланса земљишта. Посебно су били влажни месеци мај и јун, са укупно 412,8 *mm* падавина.

У току 2011. и 2012. године регистровано је знатно мање падавина у односу на 2010. годину, али и у односу на вишегодишњи просек за ово подручје. Најмања годишња сума падавина забележена је у 2011. години са 670,0 *mm* воденог талога. Количина падавина излучена у току вегетационог периода 2012. године износила је 416,8 *mm* и била је мања за 16% од количине падавина излучених у току вегетације у 2011. години. Наравно, битан је и распоред падавина у вегетационом периоду, а посебно у појединим фенофазама развића. Највећа количина падавина забележена је у јулу (126,6 *mm*) за 2011. и мају (164,2 *mm*) за 2012. годину. Међутим, у јулу 2012. године, у време сазревања плодова, пало је свега 24,8 *mm* падавина, што је негативно утицало на процесе развоја и зрења плодова.

4.1.3. Облачност

Сунчева светлост, односно њен интензитет, спектрални састав и дужина трајања, утичу на основни физиолошки процес-фотосинтезу, али су од великог

значаја и за друге процесе код биљака, као што су транспирација, растење и развиће (*Kojić & Pekić*, 1998).

Малина је биљка сунца, не подноси засену али ни велику припеку. *Richard & Messier* (1996) наводе да биљке малине могу расти и у областима са значајном облачношћу, али највећи приноси се остварују када биљке расту у условима пуног сунца. Малина постиже максимум фотосинтезе када је интензитет осветљености око 8.000 lx, температура око 30°C, а на располагању јој се налазе довољне количине воде, минералних супстанци, нарочито калијума (*Nikolić & Milivojević*, 2010).

Palmer et al. (1987) наводе да је принос малине у високој корелацији са лисном површином родних гранчица, односно количином усвојене светлости од стране листова. Интензитет сунчевог зрачења директно утиче на квалитет плода малине преко садржаја суве материје, тј. шећера и антоцијана.

Облачност регулише количину сунчеве светлости која доспева до земљине површине. Имајући у виду чињенице које указују на важан утицај сунчеве светлости на биљке малине, као и то што су у периоду испитивања праћени показатељи који су у вези са овим климатским чиниоцем, у табели 3. изнете су вредности средње облачности за двадесетдеветогодишњи период и испитиване године на територији општине Крупањ.

Таб. 3 – Вредности облачности

Год/мес.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Г	ВП
1980-2009	6,6	5,9	5,7	5,6	5,1	4,8	3,7	3,6	4,5	4,6	5,9	6,8	62,8	37,6
2010	8,1	6,8	6,3	5,8	6,2	5,6	3,6	2,9	4,6	5,7	4,4	6,0	66,0	40,7
2011	5,5	6,5	5,2	4,4	5,0	4,1	3,7	2,1	1,6	4,1	4,5	5,3	52,0	30,2
2012	6,3	7,3	2,7	4,6	7,6	2,0	2,6	1,1	2,8	4,0	5,8	7,4	54,2	27,4

На основу података приказаних у табели 3. можемо видети да је у вишегодишњем периоду као и у 2012. години највећа облачност регистрована у децембру и јануару, док су у 2010. и 2011. години месеци са највећом облачношћу били јануар и фебруар. У јуну и јулу током периода зрења плодова малине у

испитиваним годинама дани су били ведри, а вредности облачности ниже у поређењу са вишегодишњим просеком, изузев за јун 2010. године. Најмања средња вредност облачности у току вегетације забележена је у 2012. години (27,4).

4.2. Земљишни услови у огледном засаду

Земљиште, као комплексна средина, омогућава развој корена биљака обезбеђујући му при томе ваздух, воду и минералне материје за одвијање физиолошких функција (Veličković, 2004). Од физичких, хемијских и биолошких особина земљишта зависи продуктивност, квалитет плодова и дуговечност, због чега се правилном избору земљишта за подизање малињака посвећује посебна пажња.

Малина најбоље успева на дубоким, растреситим, пропустљивим и плодним земљиштима са 3 до 5% хумуса и слабо киселом реакцијом (pH од 5,5 до 6,5). Таква земљишта имају добре филтрационе карактеристике и довољну количину приступачне воде за биљку током вегетације. Највише јој одговарају земљишта типа гајњаче, а погодују јој и оподзољене гајњаче, дубоки алувијуми и делувијуми. Малина лоше подноси плитка, лака, сува, карбонатна, песковита, скелетна, врло кисела (pH у води мањи од 4) и алкална (pH у води већа од 8), тешка и забарена земљишта. Засад малине у коме су обављена испитивања налази се на земљишту типа глиновите иловаче.

Од важнијих биогених елемената малина највише троши калијум, затим азот, па фосфор. Сматра се да је за нормалну исхрану малине, добијање високог приноса и доброг квалитета плода потребно 50-70 јединица азота (N), 100-150 јединица фосфора (P_2O_5) и 150-200 јединица калијума (K_2O). Резултати хемијског састава земљишта на огледној парцели су приказани у табели 4.

Таб. 4 – Хемијске карактеристике огледног земљишта

Дубина (cm)	Хумус (%)	Укупни N (%)	P_2O_5 (mg/100g)	K_2O (mg/100g)	pH (H_2O)
0-30	3,85	0,21	13,00	21,40	4,89
30-60	2,12	0,13	3,20	13,40	4,23

Из табеле 4. може се видети да у земљишту садржај хумуса варира од 3,85% до 2,12% и постепено опада са дубином. Слична тенденција се уочава и са садржајем укупног азота, чије вредности опадају са 0,21% на 0,13%. Земљиште на огледној парцели је добро снабдевено лако приступачним фосфором (13,00 *mg/100 g* в.с.з), а са дубином вредност садржаја опада на 3,20 *mg/100 g* в.с.з. Ниво калијума варира од 21,40 *mg/100 g* в.с.з. до 13,40 *mg/100 g* в.с.з., и такође опада са дубином. Вредности биогених елемената показују да је земљиште добро обезбеђено најважнијим хранивима неопходним за успешно гајење малине и њену високу продуктивност. Изузетак представља *pH* вредност земљишта, која је нижа од оптималне и показује киселу реакцију (4,89).

5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

5.1. Вегетативни потенцијал малине

5.1.1. Дужина, број нодуса и пречник изданака сорте малине “Willamette”

Резултати најважнијих параметара вегетативног потенцијала сорте малине “Willamette” у функцији закидања прве серије младих изданака приказани су у табели 5.

Таб. 5 – Утицај закидања првих серија младих изданака на вегетативне карактеристике сорте малине “Willamette” у 2010. години.

Третман	Дужина изданка (<i>cm</i>)	Пречник изданка (<i>mm</i>)	Број нодуса по дужном метру изданка
Контрола*	266,2 ± 4,1 а	6,7 ± 0,0 а	24,5 ± 0,3 а
Z	248,7 ± 12,0 а	6,8 ± 0,0 а	25,3 ± 0,4 а
2Z	252,5 ± 8,6 а	6,9 ± 0,0 а	25,4 ± 0,2 а

*Контрола - без закидања изданака; Z – са једним закидањем изданака; 2Z – са два закидања изданака. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

На основу приказаних података можемо констатовати да закидање прве серије изданака (једно или два) није утицало на промену дужине и пречника једногодишњих изданака, као и на број нодуса по дужном метру изданка у поређењу са контролом.

Резултати најважнијих параметара вегетативног потенцијала сорте малине “Willamette” у 2011. години након примене *ProCa* и закидања првих серија младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у табели 6. Примена *ProCa* у претходној години резултирала је значајним смањењем дужине изданака испитиване сорте у *2ProCa* и *Z+2ProCa* третману (229,7 и 228,1 *cm*, по редоследу) у поређењу са осталим испитиваним третманима и контролом.

Пречник изданака кретао се од 6,7 mm у 2ProCa до 7,7 mm у контролном и 2ProCa+2GA₃ третману. Анализом варијансе значајност разлика за измерени пречник изданака регистрована је само између поменутих третмана.

У погледу броја нодуса по дужном метру изданка значајност разлика није установљена између третмана са једним (21,3) и два закидања изданака (21,6) са једне стране и контролног третмана (20,5) са друге стране. Сагласно скраћивању дужине изданака значајно већи број нодуса по дужном метру изданка установљен је у 2ProCa (24,4) и Z+2ProCa третману (24,1).

Таб. 6 - Утицај Prohexadione-Ca (ProCa) и закидања првих серија младих изданака на вегетативне карактеристике сорте малине “Willamette” у 2011. години.

Третман	Дужина изданка (cm)	Пречник изданка (mm)	Број нодуса по дужном метру изданка
Контрола*	262,6 ± 8,6 а	7,7 ± 0,0 а	20,5 ± 0,4 б
2ProCa	229,7 ± 11,8 б	6,7 ± 0,0 б	24,4 ± 0,6 а
Z	263,4 ± 8,6 а	7,2 ± 0,0 аб	21,3 ± 0,7 б
Z+2ProCa	228,1 ± 6,7 б	7,0 ± 0,0 аб	24,1 ± 0,4 а
2Z	259,8 ± 9,1 а	7,6 ± 0,0 аб	21,6 ± 0,8 б
2ProCa+2GA ₃	264,5 ± 7,7 а	7,7 ± 0,0 а	20,7 ± 0,4 б

*Контрола - без закидања изданака и без третирања ProCa; 2ProCa – са два третирања ProCa; Z – са једним закидањем изданака; Z+2ProCa - са једним закидањем изданака и са два третирања ProCa; 2Z – са два закидања изданака; 2ProCa+2GA₃ - са два третирања ProCa и непосредно затим гибберелинском киселином. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

Резултати најважнијих параметара вегетативног потенцијала сорте малине “Willamette” у 2012. години након примене ProCa и закидања првих серија младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у табели 7. У 2012. години уочава се веће варирање у добијеним вредностима дужине изданка између анализираних третмана. Значајно мања дужина изданка регистрована је у 2ProCa третману (192,2 cm) у односу на контролу и друге испитиване третмане. Закидање младих изданака самостално или у комбинацији са ProCa такође је условило скраћивање дужине изданка у поређењу са контролним и 2ProCa+2GA₃ третманом (230,2 и 228,4 cm, по редоследу). Код Z, 2Z и Z+2ProCa третмана,

захваљујући приближним вредностима измерене дужине изданака значајност разлика није утврђена.

Пречник изданака био је значајно редукован у третманима *2ProCa*, *Z+2ProCa* и *Z* (6,5, 6,6 и 6,9 mm, по редоследу) у односу на вредности измерене у контролном и *2ProCa+2GA₃* третману (7,5 и 7,9 mm, по редоследу).

Значајно повећање броја нодуса по дужном метру изданка такође је детектовано након примене *ProCa* самостално или у комбинацији са једним закидањем изданака (27,1 и 26,0, по редоследу). Једно или два закидања изданака условили су незнатно повећање броја нодуса по дужном метру изданка у поређењу са контролом у којој је регистрован најмањи број нодуса (23,1). Између поменутих третмана није установљена значајност разлика у добијеним вредностима.

Таб. 7 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на вегетативне карактеристике сорте малине “Willamette” у 2012. години.

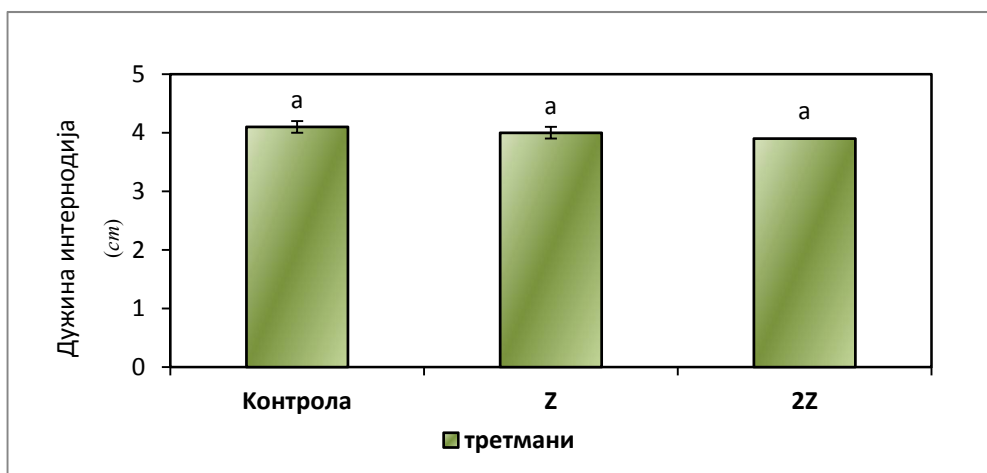
Третман	Дужина изданака (cm)	Пречник изданка (mm)	Број нодуса по дужном метру изданка
контрола*	230,2 ± 3,6 а	7,5 ± 0,5 аб	23,1 ± 0,6 ц
<i>2ProCa</i>	192,2 ± 4,6 ц	6,5 ± 0,3 д	27,1 ± 0,9 а
<i>Z</i>	213,5 ± 2,7 б	6,9 ± 0,2 цд	24,2 ± 0,4 бц
<i>Z+2ProCa</i>	204,1 ± 2,1 б	6,6 ± 0,2 цд	26,0 ± 0,9 аб
<i>2Z</i>	211,2 ± 5,4 б	7,2 ± 0,3 абц	24,5 ± 0,3 бц
<i>2ProCa+2GA₃</i>	228,4 ± 4,5 а	7,9 ± 0,2 а	24,3 ± 0,7 бц

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

5.1.2. Дужина интернодија изданака сорте малине “Willamette”

Резултати дужине интернодија изданака сорте малине “Willamette” у функцији закидања прве серије младих изданака приказани су у графикону 1.

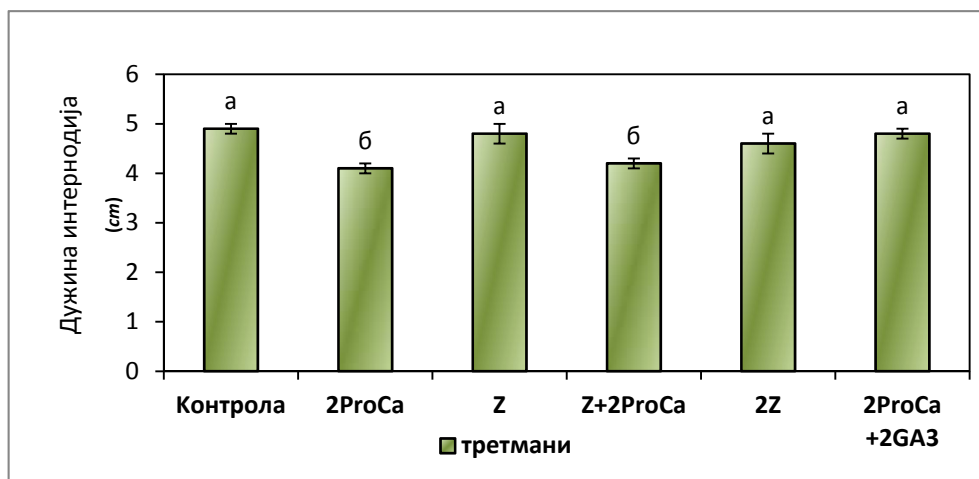
На основу добијених вредности можемо констатовати да закидање серије младих изданака (једно или два) није утицало на промене дужине интернодија у поређењу са просечним вредностима контролних изданака (4,1 cm).



Граф. 1 – Утицај закидања првих серија младих изданака на дужину интернодија сорте малине “Willamette” у 2010. години (Контрола - без закидања изданака; Z – са једним закидањем изданака; 2Z – са два закидања изданака).

Резултати дужине интернодија код сорте малине “Willamette” у 2011. години након закидања првих серија младих изданака и примене *ProCa*, појединачно или у комбинацији, приказани су у графикону 2.

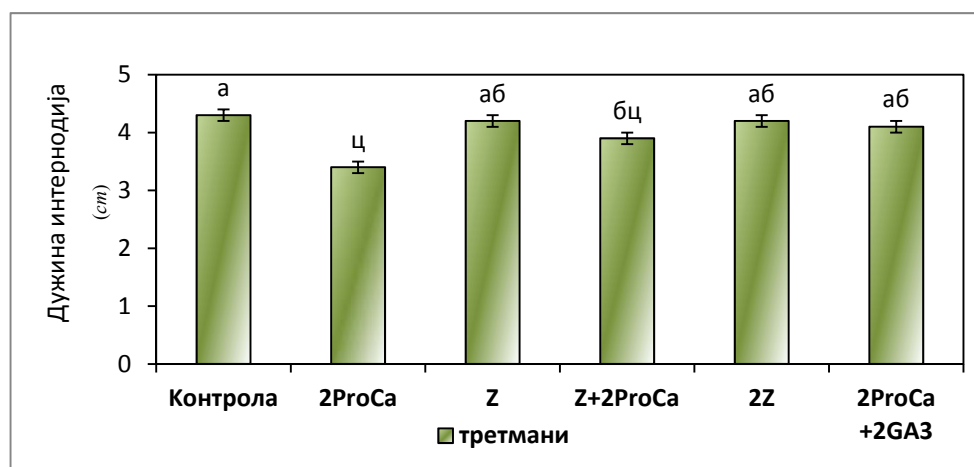
Анализом приказаних података може се уочити да је примена *ProCa*, самостално или у комбинацији са једним закидањем изданака, резултирала значајним смањењем просечне дужине интернодија (4,1 и 4,2 cm, по редоследу) у поређењу са контролом (4,9 cm) и осталим испитиваним третманима, међу којима значајност разлика није установљена.



Граф. 2 - Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на дужину интернодија сорте малине “Willamette” у 2011. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином).

Резултати дужине интернодија код сорте малине “Willamette” у 2012. години након примене *ProCa* и закидања првих серија младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у графикону 3.

На основу приказаних података може се уочити да је дужина интернодија варијирала између анализираних третмана у складу са измереном дужином изданка и бројем нодуса по дужном метру изданка (Таб. 7.). Значајно нижа вредност дужине интернодија измерена је у *2ProCa* третману (3,4 cm) у поређењу са вредностима измереним у контроли и *2ProCa+2GA₃* третману (4,3 и 4,1 cm, по редоследу). Дужина интернодија измерена у третману са комбинованом применом *ProCa* и закидањем прве серије младих изданака (3,9 cm) налази се између вредности добијене у *2ProCa* третману са једне стране и вредности добијених у *Z* и *2Z* третману са друге стране, али у поређењу са контролом испољила је значајно нижу вредност.



Граф. 3- Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на дужину интернодија сорте малине “Willamette” у 2012. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; 2*ProCa* – са два третирања *ProCa*; Z – са једним закидањем изданака; Z+2*ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; 2Z – са два закидања изданака; 2*ProCa*+2GA₃ - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином).

5.2. Физиолошке особине малине

5.2.1. Фенолошке особине сорте малине “Willamette”

У оквиру фенолошких особина праћени су време цветања и зрења испитиване сорте регистрањем датума за почетак и крај поменутих фенофаза у току трогодишњег периода, на основу којих је израчунато и њихово трајање у данима. Добијени резултати приказани су у табели 8.

Таб. 8 – Време цветања и зрења сорте малине “Willamette”

Година	Време цветања		Трајање цветања (дани)	Време зрења		Трајање зрења (дани)
	Почетак цветања	Крај цветања		Почетак зрења	Крај зрења	
2010.	10.05.	12.06.	34	10.06.	14.07.	35
2011.	15.05.	17.06.	33	10.06.	17.07.	37
2012.	08.05.	11.06.	35	07.06.	10.07.	34
Просек	11.05	13.06	34	09.06	14.07	35

У зависности од метеоролошких услова почетак цветања испитиване сорте је варирао међу годинама истраживања. Најраније цветање наступило је у 2012.

години (8. мај), а најкаснији почетак цветања регистрован је у 2011. години (15. мај). Најкраће трајање ове фенофазе установљено је у 2011. години (33 дана), а најдуже у 2012. години (35 дана).

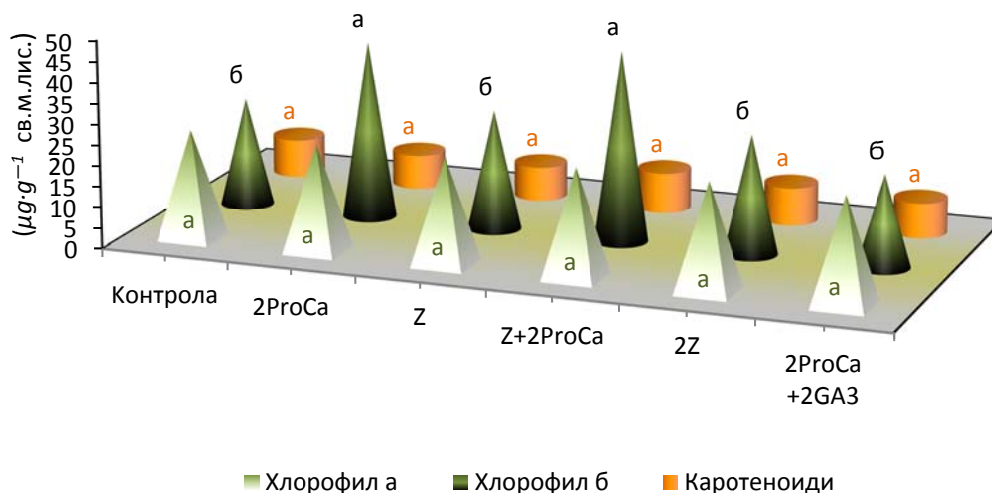
Фенофаза зрења плодова испитиване сорте је почела у јуну, са најранијим датумом евидентираним у 2012. години (7. јун), када је регистровано и најкраће трајање ове фенофазе (34 дана). У 2010. и 2011. години забележен је исти датум почетка зрења плодова (10. јун), с тим да је нешто дуже трајање ове фенофазе регистровано у 2011. години (37 дана).

На основу просечних вредности добијених за трогодишњи период испитивања може се констатовати да фенофаза цветања испитиване сорте на подручју Крупња почиње у другој декади маја (11.05.) и траје 34 дана. Зрење плодова почиње 9. јуна и завршава се половином јула, са просечним трајањем од 35 дана. Примена испитиваних мера на једногодишњим изданцима није утицала на промене у почетку и трајању фенофазе цветања и зрења.

5.2.2. Садржај хлорофила *a* и *b* и укупних каротеноида у листовима сорте малине “Willamette”

Резултати садржаја фотосинтетских пигмената (хлорофила *a* и *b*, и каротеноида) у листовима испитиване сорте у 2011. години након примене *ProCa* и закидања првих серија младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у графикону 4.

Анализом података можемо констатовати да примена *ProCa* и закидање серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, није утицало на промену садржаја хлорофила *a* у листовима испитиване сорте у поређењу са контролним биљкама. Међу испитиваним третманима нису установљене значајне разлике, а просечне вредности садржаја хлорофила *a* кретале су се од $25,74 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис. у *2ProCa* до $26,28 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис. у контролном третману.



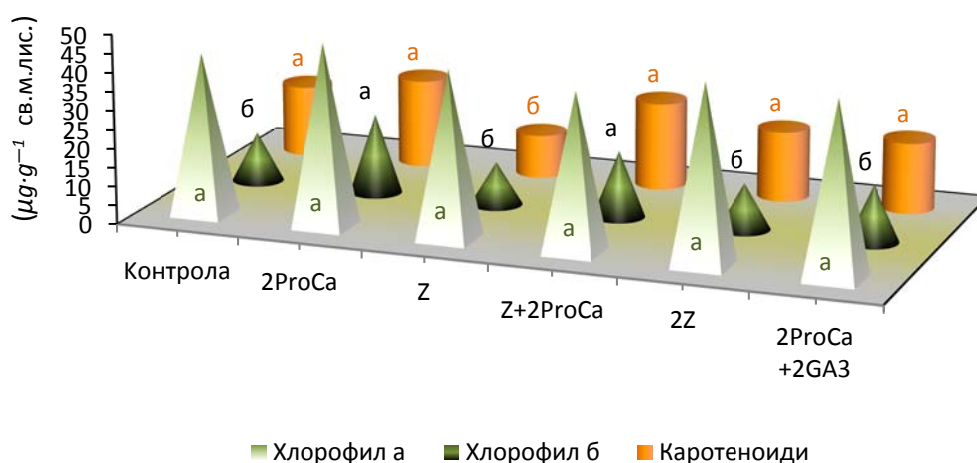
Граф. 4 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај хлорофила *a*, хлорофила *б* и каротеноида у листовима сорте малине “Willamette” у 2011. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* – са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* – са два третирања *ProCa* и непосредно затим гибберелинском киселином).

У поређењу са контролним третманом значајно већа просечна вредност садржаја хлорофила *б* у листовима испитиване сорте регистрована је у *2ProCa* ($42,84 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис.) и *Z+2ProCa* ($46,12 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис.) третманима. Измерене просечне вредности хлорофила *б* у третманима са једним ($28,84 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис.) или два закидања изданака ($28,81 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис.) биле су приближне вредностима добијеним код листова контролних биљака ($26,11 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис.) и биљака у *2ProCa+2GA₃* ($22,32 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис.) третману, између којих није утврђена значајност разлика.

Садржај каротеноида у листовима испитиване сорте кретао се у распону од $8,34 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис. (*Z*) до $9,83 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис. (*Z+2ProCa*). Ниједна од примењених мера, како самостално тако и у комбинацији, није утицала на значајне промене садржаја каротеноида у листовима испитиване сорте у поређењу са контролним третманом.

Резултати садржаја фотосинтетских пигмената (хлорофила *a* и *б*, и каротеноида) у листовима малине сорте “Willamette” у 2012. години након примене *ProCa* и закидања првих серија младих изданака, појединачно или у

комбинацији, приказани су у графикону 5. На основу података може се констатовати да су у овој години третмани испољили готово идентичне ефекте на садржај фонтосинтетских пигмената у поређењу са ефектима регистрованим у 2011. години. Између анализираних третмана није установљена статистичка значајност разлика у просечном садржају хлорофила *a*, чије вредности су незнатно варирале и кретале се од $41,88 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис. у *Z+2ProCa* до $48,30 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис. у *2ProCa* третману.



Граф. 5 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај хлорофила *a*, хлорофила *b* и каротеноида у листовима сорте малине “Willamette” у 2012. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* – са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA3* – са два третирања *ProCa* и непосредно затим гибберелинском киселином).

Значајано већа просечна вредност садржаја хлорофила *b* регистрована је у листовима биљака из *2ProCa* ($21,19 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис.) и *Z+2ProCa* ($17,48 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис.) третмана у поређењу са свим осталим третманима, укључујући контролу. Измерене просечне вредности хлорофила *b* у третману са једним ($11,30 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис.) или два закидања ($12,16 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис.) су биле приближне вредностима измереним у *2ProCa+2GA3* ($15,12 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис.) и контролном третману ($13,03 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис.).

Резултати приказани у графикону 5. указују да је у листовима *Z* третмана измерена значајно нижа просечна вредност садржаја каротеноида ($11,53 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

^lсв.м.лис.) у поређењу са листовима контролних биљака. Изузев поменутог третмана остале примењене мере нису значајно утицале на промене садржаја каротеноида у листовима испитиване сорте, а измерене просечне вредности кретале су се од $18,65 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис. (2Z) до $23,60 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ св.м.лис. (2ProCa).

5.2.3. Активност ензима у листовима сорте малине “Willamette”

Резултати испитивања садржаја протеина и активности пероксидаза (*POD*) и каталаза (*CAT*) у листу сорте малине “Willamette” у 2011. години након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у табели 9. Највећи садржај протеина измерен је у контролним листовима испитиване сорте ($1,97 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$), док је најмањи садржај протеина измерен у Z ($0,77 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) и Z+2ProCa ($0,78 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) третманима, код којих је истовремено детектована највећа активност проучаваних ензима.

Највећа активност *POD* детектована је у листовима биљака где је примењено једно закидање изданака у комбинацији са *ProCa* ($41,75 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ прот.). Измерена вредност активности *POD* је статистички значајно већа у поређењу са активностима регистрованим у контролном и осталим третманима.

Таб. 9 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај протеина и активност пероксидаза и каталаза у листу сорте малине “Willamette” у 2011. години.

Третман	Садржај протеина ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	Активност пероксидаза ($\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}$ прот.)	Активност каталаза ($\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}$ прот.)
контрола*	$1,97 \pm 0,3$ а	$14,35 \pm 0,5$ цд	$24,22 \pm 0,6$ е
2ProCa	$1,28 \pm 0,1$ бц	$14,38 \pm 1,0$ цд	$32,80 \pm 0,1$ ц
Z	$0,77 \pm 0,1$ ц	$24,31 \pm 3,7$ б	$53,30 \pm 1,0$ б
Z+2ProCa	$0,78 \pm 0,1$ ц	$41,75 \pm 1,2$ а	$63,51 \pm 1,4$ а
2Z	$1,21 \pm 0,2$ бц	$16,98 \pm 0,1$ ц	$29,02 \pm 1,2$ д
2ProCa+2GA ₃	$1,61 \pm 0,2$ аб	$13,64 \pm 1,6$ д	$24,24 \pm 1,4$ е

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; 2ProCa – са два третирања *ProCa*; Z – са једним закидањем изданака; Z+2ProCa - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; 2Z – са два закидања изданака; 2ProCa+2GA₃ - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

Добијене вредности активности *CAT* су статистички значајно различите међу свим примењеним третманима. Обе примењене мере имале су позитиван утицај на активност *CAT*, а највећа активност забележена је у *Z+2ProCa* третману ($63,51 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.), где је *ProCa* примењен два пута након једног закидања прве серије младих изданака. Најнижа активност *CAT* регистрована је у листовима контролних ($24,22 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.) и биљака у третману *2ProCa+2GA₃* ($24,24 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.).

Резултати испитивања садржаја протеина и активности *POD*, *CAT* и *SOD* у листу испитиване сорте малине у 2012. години након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у табели 10. Значајно нижа концентрација протеина регистрована је у листовима биљака из *Z+2ProCa* третмана, иако су у поменутом третману измерене максималне активности *POD* и *CAT*.

Активност *POD* је била висока у свим испитиваним третманима где је примењена мера закидања изданака, с тим да је највећа активност забележена у *Z+2ProCa* третману ($18,95 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.). Самостална примена *ProCa* није резултирала променом активности *POD* ($3,19 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.), која је била блиска вредностима добијеним у контролном ($2,84 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.) и *2ProCa+2GA₃* ($2,86 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.) третману и међу којима није установљена значајност разлика.

Слично резултатима регистрованим у претходној години, примењене мере утицале су на значајно варирање активности *CAT* у листовима испитиване сорте у 2012. години. Самостална примена закидања прве серије младих изданака резултирала је значајно већом активношћу ензима каталазе ($27,14 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.) у поређењу са вредностима добијеним у листовима контролних ($15,08 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.) или биљака у третману *2ProCa+2GA₃* ($8,16 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.). Ипак, комбинована примена *ProCa* и закидања прве серије младих изданака условила је значајно већу активност овог ензима ($69,79 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.) у листовима испитиване сорте у поређењу са свим осталим проучаваним третманима.

Таб. 10 - Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај протеина и активност пероксидаза, каталаза и супероксид дисмутаза у листу сорте малине “Willamette” у 2012. години.

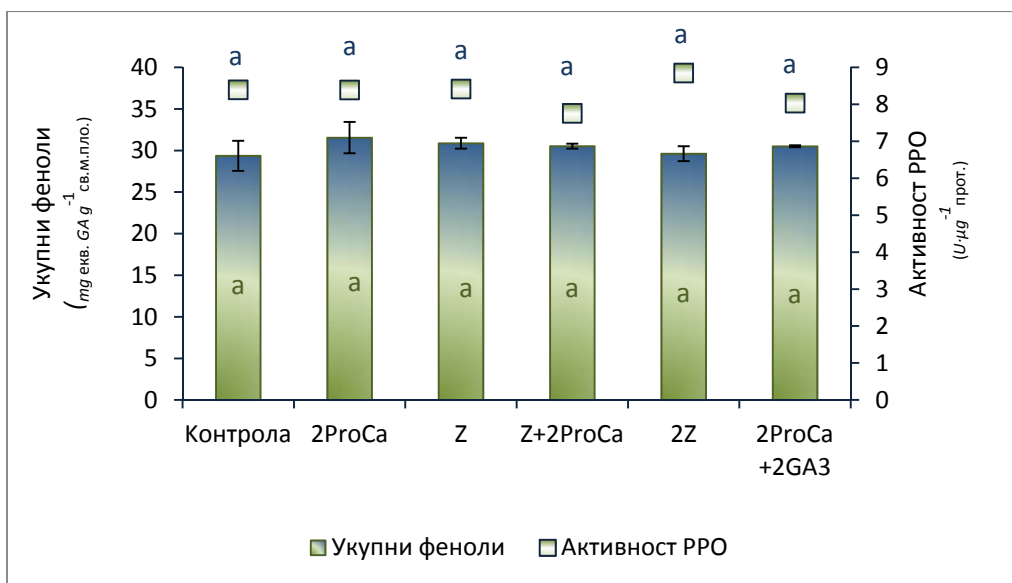
Третман	Садржај протеина ($mg \cdot mL^{-1}$)	Активност пероксидаза ($U \cdot mg^{-1}$ прот.)	Активност каталаза ($U \cdot mg^{-1}$ прот.)	Активност супероксид дисмутаза ($U \cdot mg^{-1}$ прот.)
контрола*	$5,66 \pm 0,5$ а	$2,84 \pm 0,1$ д	$15,08 \pm 1,1$ де	$13,10 \pm 0,1$ ц
<i>2ProCa</i>	$3,13 \pm 0,1$ б	$3,19 \pm 0,4$ д	$19,91 \pm 1,6$ цд	$15,38 \pm 1,1$ ц
<i>Z</i>	$3,12 \pm 0,3$ б	$11,22 \pm 0,9$ ц	$27,14 \pm 5,7$ ц	$28,55 \pm 1,3$ а
<i>Z+2ProCa</i>	$2,10 \pm 0,4$ ц	$18,95 \pm 0,0$ а	$69,79 \pm 0,0$ а	$17,06 \pm 1,6$ бц
<i>2Z</i>	$2,68 \pm 0,3$ бц	$15,76 \pm 0,6$ б	$35,33 \pm 1,6$ б	$21,05 \pm 0,5$ б
<i>2ProCa+2GA₃</i>	$3,21 \pm 0,3$ б	$2,86 \pm 0,2$ д	$8,16 \pm 0,4$ е	$13,67 \pm 1,4$ ц

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гибберелинском киселином. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

Анализом добијених података може се уочити да је значајно већа активност *SOD* регистрована у листовима нових младих изданака, који су се развили након примењене мере закидања у *Z* третману ($28,55 U \cdot mg^{-1}$ прот.) и *2Z* ($21,05 U \cdot mg^{-1}$ прот.) третманима. Самостална апликација *ProCa* није условила значајну разлику активности *SOD* ($15,38 U \cdot mg^{-1}$ прот.) у поређењу са контролним и *2ProCa+2GA₃* ($13,10$ и $13,67 U \cdot mg^{-1}$ прот., по редоследу) третманом.

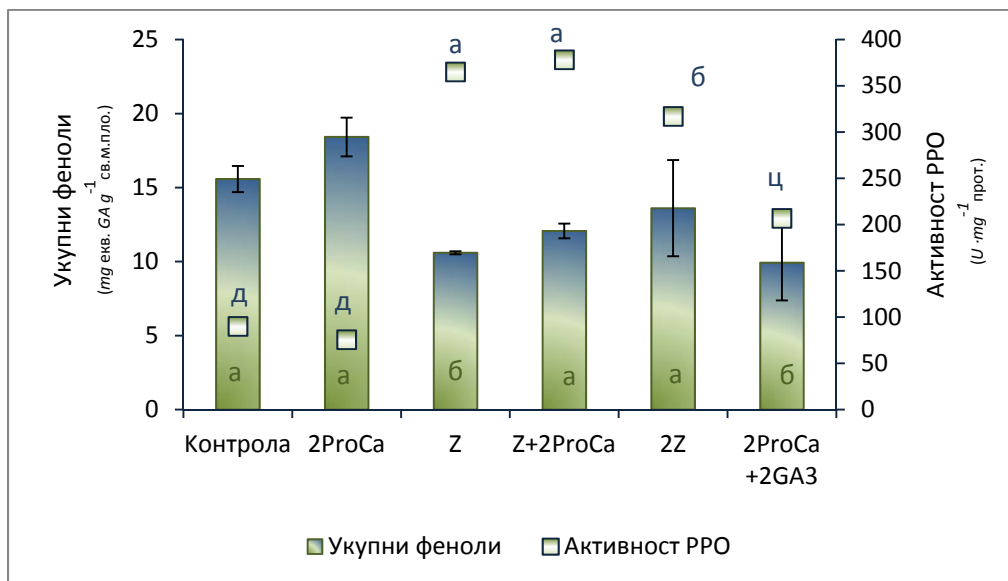
5.2.4. Активност ензима полифенол оксидазе и садржај укупних фенола у листовима сорте малине “Willamette”

Активност ензима полифенол оксидазе (*PPO*) и садржај укупних фенола у листовима испитиване сорте малине “Willamette” у 2011. години након примене *ProCa* и закидања првих серија младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у графикону 6. Анализом варијансе није установљена значајност разлика у садржају укупних фенола између испитиваних третмана са једне стране и контроле са друге стране ($29,37 mg$ екв. $GA g^{-1}$ св.м.пло.). Слични резултати добијени су у погледу активности *PPO*, а добијене вредности кретале су се од $7,75 U \cdot \mu g^{-1}$ прот. у *Z+2ProCa* до $8,85 U \cdot \mu g^{-1}$ прот. у *2Z* третману.



Граф. 6 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на активност полифенол оксидаза (*PPO*) и садржај укупних фенола у листу сорте малине “Willamette” у 2011. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином).

Активност ензима *PPO* и садржај укупних фенола у листовима испитиване сорте малине “Willamette” у функцији примењених третмана у 2012. години приказани су у графикону 7. Анализом приказаних података може се уочити да је значајно нижа вредност садржаја укупних фенола регистрована у *2ProCa+2GA₃* ($9,92\ mg$ екв. $GA\ g^{-1}$ св.м.пло.) и *Z* третману ($10,59\ mg$ екв. $GA\ g^{-1}$ св.м.пло.) у поређењу са осталим третманима, укључујући и контролу. Активност *PPO* значајно је варирала између анализираних третмана. Значајно нижа активност *PPO* регистрована је у листовима из *2ProCa* и контролног третмана ($75,58$ и $89,94\ U\cdot mg^{-1}$ прот., по редоследу), који су истовремено испољили највећи садржај укупних фенола ($18,41$ и $15,58\ mg$ екв. $GA\ g^{-1}$ св.м.пло., по редоследу).



Граф. 7 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на активност полифенол оксидазе (*PPO*) и садржај укупних фенола у листу сорте малине “Willamette” у 2012. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином).

5.2.5. Активност ензима у плодовима сорте малине “Willamette”

Резултати испитивања садржаја протеина и активности ензима: пероксидаза (*POD*), каталаза (*CAT*) и полифенол оксидаза (*PPO*) у плоду сорте малине “Willamette” у 2011. години након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у табели 11.

Најмањи садржај протеина измерен је у *Z+2ProCa* ($0,05 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$) третману, где је истовремено детектована већа активност *CAT* и *POD*.

Из резултата приказаних у табели 11. видимо да је међу испитиваним третманима највећа активност *POD* регистрована у плодовима из *Z+2ProCa* ($1,31 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.) и *2Z* ($0,60 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.) третмана, међу којима је такође постојала значајност разлика. Супротно томе, код осталих третмана значајност разлика није утврђена, а детектоване вредности су биле незнатно веће од вредности регистроване код контролних биљака ($0,12 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.).

Таб. 11 - Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај протеина и активност пероксидаза, каталаза и полифенол оксидаза у плоду сорте малине “Willamette” у 2011. години.

Третман	Садржај протеина ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	Активност пероксидаза ($\text{U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.)	Активност каталаза ($\text{U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.)	Активност полифенол оксидаза ($\text{U} \cdot \mu\text{g}^{-1}$ прот.)
контрола*	$0,54 \pm 0,0$ а	$0,12 \pm 0,0$ ц	$255,58 \pm 10,3$ де	$1,698 \pm 0,2$ д
2 <i>ProCa</i>	$0,37 \pm 0,0$ б	$0,17 \pm 0,0$ ц	$269,49 \pm 9,1$ д	$5,751 \pm 0,3$ б
Z	$0,12 \pm 0,0$ ц	$0,21 \pm 0,0$ ц	$461,57 \pm 3,7$ б	$7,762 \pm 0,3$ а
Z+2 <i>ProCa</i>	$0,05 \pm 0,0$ ц	$1,31 \pm 0,2$ а	$1092,34 \pm 2,3$ а	$3,636 \pm 0,1$ ц
2Z	$0,13 \pm 0,0$ ц	$0,60 \pm 0,0$ б	$376,49 \pm 3,7$ ц	$7,675 \pm 0,2$ а
2 <i>ProCa</i> +2 <i>GA</i> ₃	$0,47 \pm 0,0$ а	$0,15 \pm 0,0$ ц	$240,32 \pm 15,3$ е	$1,714 \pm 0,4$ д

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; 2*ProCa* – са два третирања *ProCa*; Z – са једним закидањем изданака; Z+2*ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; 2Z – са два закидања изданака; 2*ProCa*+2*GA*₃ - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гибберелинском киселином. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

У 2011. години је утврђено значајно варирање активности *CAT* између испитиваних третмана. Обе мере, било примењене самостално или у комбинацији, резултирале су повећањем активности *CAT*, при чему је највећа активност детектована у Z+2*ProCa* ($1092,34 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот.) третману. Значајност разлика у добијеним вредностима активности каталаза није установљена између контролног и 2*ProCa*+2*GA*₃ третмана у којима је измерена најмања активност поменутог ензима у плоду испитиване сорте ($255,58$ и $240,32 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ прот., по редоследу).

Сви примењени третмани утицали су на значајно повећање активности *PPO* у поређењу са контролним и 2*ProCa*+2*GA*₃ третманом ($1,698$ и $1,714 \text{ U} \cdot \mu\text{g}^{-1}$ прот., по редоследу), међу којима није утврђена значајност разлика. Највеће активности *PPO* детектоване су у плодовима Z ($7,762 \text{ U} \cdot \mu\text{g}^{-1}$ прот.) и 2Z третмана ($7,675 \text{ U} \cdot \mu\text{g}^{-1}$ прот.).

Резултати испитивања садржаја протеина и активности *POD*, *CAT*, *PPO* и *SOD* у плоду сорте малине “Willamette” у 2012. години након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у табели 12.

Најнижа концентрација протеина регистрована је у плодовима $Z+2ProCa$ третмана ($0,65 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$). Највише вредности садржаја протеина у плоду испитиване сорте регистроване су у контролном и $2ProCa+2GA_3$ третману ($1,25$ и $1,35 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, по редоследу). Значајност разлика утврђена је само између поменута два третмана са једне стране и $Z+2ProCa$ третмана са друге.

Активност POD у плодовима испитиване сорте кретала се од $0,03 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ прот. (контрола и $2ProCa+2GA_3$) до $0,08 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ прот. ($Z+2ProCa$ и $2Z$). Истовремено, третмани $Z+2ProCa$ и $2Z$ су испољили значајно већу активност POD у односу на контролни, $2ProCa$ и $2ProCa+2GA_3$ третман, међу којима није утврђена значајна разлика у измереним активностима.

Највећа активност CAT детектована је у $Z+2ProCa$ третману ($150,95 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ прот), при чему је добијена вредност истовремено била значајно већа у поређењу са вредностима активности CAT у контролном ($47,07 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ прот.) и $2ProCa+2GA_3$ третману ($48,61 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ прот.). У преосталим третманима није регистрована значајност разлика средњих вредности.

Таб. 12 - Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај протеина и активност пероксидаза, каталаза, полифенол оксидаза и супероксид дисмутаза у плоду сорте малине “Willamette” у 2012. години.

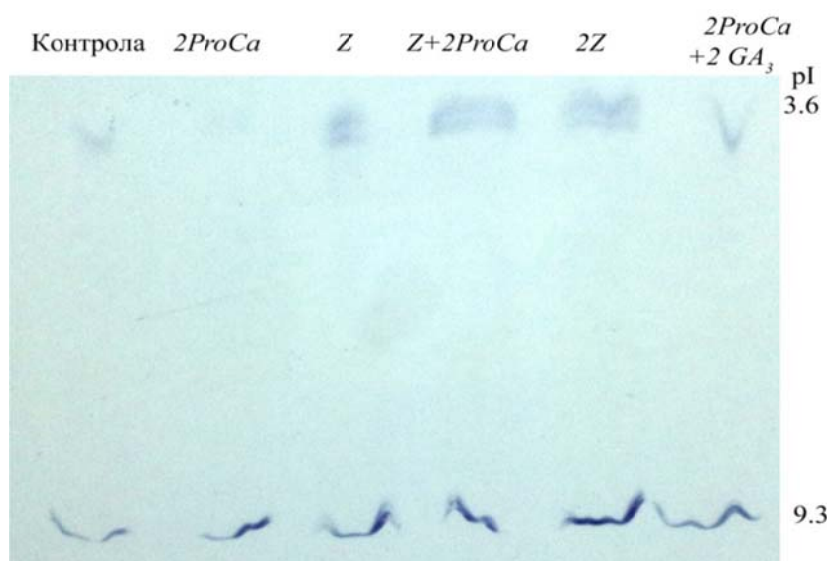
Третман	Садржај протеина ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	Активност пероксидаза ($\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}$ прот.)	Активност каталаза ($\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}$ прот.)	Активност полифенол оксидаза ($\text{U}\cdot\mu\text{g}^{-1}$ прот.)	Активност супероксид дисмутаза ($\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}$ прот.)
контрола*	$1,25 \pm 0,1a$	$0,03 \pm 0,0 \text{ ц}$	$47,07 \pm 2,2 \text{ б}$	$0,044 \pm 0,0 \text{ д}$	$4,35 \pm 0,1 \text{ б}$
$2ProCa$	$1,09 \pm 0,2ab$	$0,04 \pm 0,0 \text{ ц}$	$97,71 \pm 21,6 \text{ аб}$	$0,056 \pm 0,0 \text{ б}$	$62,47 \pm 0,3 \text{ а}$
Z	$1,12 \pm 0,1ab$	$0,05 \pm 0,0 \text{ б}$	$114,99 \pm 0,1 \text{ аб}$	$0,063 \pm 0,0 \text{ а}$	$18,76 \pm 0,6 \text{ б}$
$Z+2ProCa$	$0,65 \pm 0,1b$	$0,08 \pm 0,0 \text{ а}$	$150,95 \pm 50,5 \text{ а}$	$0,059 \pm 0,0 \text{ ц}$	$57,4 \pm 0,2 \text{ а}$
$2Z$	$1,11 \pm 0,3ab$	$0,08 \pm 0,0 \text{ а}$	$120,33 \pm 44,6 \text{ аб}$	$0,061 \pm 0,0 \text{ а}$	$8,78 \pm 0,3 \text{ б}$
$2ProCa+2GA_3$	$1,35 \pm 0,2a$	$0,03 \pm 0,0 \text{ ц}$	$48,61 \pm 3,4 \text{ б}$	$0,044 \pm 0,0 \text{ д}$	$15,71 \pm 1,5 \text{ б}$

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; $2ProCa$ – са два третирања *ProCa*; Z – без третирања *ProCa*; $Z+2ProCa$ - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; $2Z$ – са два закидања изданака; $2ProCa+2GA_3$ - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

Обе мере примењене и самостално и у комбинацији, утицале су значајно на повећање активности *PPO* у плодовима испитиване сорте у поређењу са идентичним вредностима добијеним у контролном и *2ProCa+2GA₃* третману ($0,044 \text{ U}\cdot\mu\text{g}^{-1}\text{прот.}$). Највећа активност *PPO* измерена је у третманима *Z* и *2Z* ($0,063$ и $0,061 \text{ U}\cdot\mu\text{g}^{-1}\text{прот.}$, по редоследу), између којих није установљена значајност разлика за поменути параметар.

Највећа активност *SOD* у плоду испитиване сорте измерена је у *2ProCa* и *Z+2ProCa* третманима ($62,47 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\text{прот.}$ и $57,40 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\text{прот.}$, по редоследу). Испољене разлике у активности *SOD* у поменутим третманима и третману са једним закидањем изданака ($18,76 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\text{прот.}$) су биле значајно различите, како међусобно тако и у поређењу са контролним и *2Z* третманом у којима је измерена најмања активност *SOD* ($4,35 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\text{прот.}$ и $8,78 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\text{прот.}$, по редоследу).

5.2.6. Пероксидазне (*POD*) изоформе у листовима сорте малине “Willamette” раздвојене изоелектричним фокусирањем



Слика 4. Пероксидазне (*POD*) изоформе из листа контролних и третираних биљака сорте малине “Willamette” у 2012. години раздвојене ИЕФ.

Изоелектрично фокусирање протеина из листова контролних и третираних биљака и специфично бојење за *POD* показало је присуство различитих изоформи овог ензима (слика 4.). Наиме, у свим третманима у којима је примењено

закидање изданака јавља се по једна базна (pI 9.3) и једна кисела (pI 3.6) изоформа више него у осталим проучаваним третманима, укључујући контролу.

5.3. Генеративни потенцијал малине

5.3.1. Број родних гранчица, цвасти и плодова по изданку сорте малине “Willamette”

Резултати најважнијих параметара генеративног потенцијала сорте малине “Willamette” добијени у 2010. години у функцији закидања прве серије младих изданака приказани су у табели 13.

Анализом приказаних података можемо уочити да примењена мера закидања изданака није условила значајне разлике у најважнијим параметрима генеративног потенцијала у поређењу са контролом. У 2Z третману просечан број родних гранчица је био исти као и у контролном третману (12,3), односно сличан као у третману Z (12,5). Број цвасти по изданку је незнатно варирао између третмана без испољене статистичке значајности разлика.

Таб. 13 – Утицај закидања првих серија младих изданака на генеративне карактеристике сорте малине “Willamette” у 2010. години.

Третман	Број родних гранчица по изданку	Број цвасти по изданку	Број плодова по изданку
контрола*	$12,3 \pm 1,2$ а	$40,2 \pm 3,0$ а	$154,2 \pm 17,2$ а
Z	$12,5 \pm 0,7$ а	$42,7 \pm 2,6$ а	$164,9 \pm 15,5$ а
2Z	$12,3 \pm 0,4$ а	$41,0 \pm 1,1$ а	$169,6 \pm 16,7$ а

*Контрола - без закидања изданака; Z – са једним закидањем изданака; 2Z – са два закидања изданака. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

Након закидања изданака у Z и 2Z третманима, двогодишњи изданци су продуковали нешто већи број плодова у односу на контролне изданке, али значајност разлика између поменутих третмана није установљена.

Резултати најважнијих параметара генеративног потенцијала сорте малине “Willamette” у 2011. години након примене *ProCa* и закидања првих серија младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у табели 14.

Сагласно повећању броја нодуса након примене *ProCa* у претходној години, у 2011. години на двогодишњим изданима из *2ProCa* и *Z+2ProCa* третмана формиран је значајно већи број родних гранчица (14,3 и 14,1, по редоследу) у поређењу са осталим третманима. Најмањи број родних гранчица регистрован је у контролном (11,3) и *2ProCa+2GA₃* (11,2) третману, при чему ове вредности нису биле статистички значајно различите у поређењу са вредностима добијеним у *Z* и *2Z* третману. Значајност разлика није установљена у броју цвасти по изданку међу испитиваним третманима, а просечне вредности су се кретале од 37,6 у контролном до 45,3 у *Z+2ProCa* третману.

Таб. 14 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на генеративне карактеристике сорте малине “Willamette” у 2011. години.

Третман	Број родних гранчица по изданку	Број цвасти по изданку	Број плодова по изданку
контрола*	11,3 ± 0,6 б	37,6 ± 2,0 а	147,2 ± 17,6 ц
<i>2ProCa</i>	14,3 ± 0,3 а	44,2 ± 3,6 а	205,1 ± 14,0 аб
<i>Z</i>	12,3 ± 0,8 б	41,7 ± 2,9 а	192,8 ± 0,6 аб
<i>Z+2ProCa</i>	14,1 ± 0,1 а	45,3 ± 4,3 а	218,4 ± 22,5 а
<i>2Z</i>	12,1 ± 0,7 б	42,0 ± 2,5 а	173,0 ± 4,9 бц
<i>2ProCa+2GA₃</i>	11,2 ± 0,3 б	38,3 ± 1,9 а	170,6 ± 7,3 бц

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гибберелинском киселином. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

Број плодова по изданку је значајно варирао између анализираних третмана. Највећа вредност броја плодова по изданку је регистрована у *Z+2ProCa* третману (218,4), с тим да ова вредност није значајно већа у односу на вредности добијене у *2ProCa* и *Z* третману. Контролни издanci имали су најмањи број плодова (147,2) и нису се значајно разликовали у погледу вредности за поменути параметар од изданака из *2ProCa+2GA₃* (170,6) и *2Z* третмана (173,0).

Резултати најважнијих параметара генеративног потенцијала сорте малине “Willamette” у 2012. години након примене *ProCa* и закидања првих серија

младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у табели 15. Ефекат значајног повећања броја родних гранчица у *2ProCa* (17,9) и *Z+2ProCa* третману (18,6), као резултат повећања броја нодуса по дужном метру изданка након примене *ProCa* може се запазити и у 2012. години. Значајно мањи број родних гранчица по изданку регистрован је у *2ProCa+2GA₃* (11,3), контролном (12,0) и *2Z* третману (12,6), међу којима значајност разлика није установљена. У 2012. години уочава се веће варирање броја цвасти по изданку између анализираних третмана. Обе примењене мере резултирале су повећањем броја цвасти по изданку, а највећа вредност регистрована је у *Z+2ProCa* третману (69,5). У поређењу са наведеним третманима значајно мањи и приближан број цвасти по изданку регистрован је у контролном (44,1) и *2ProCa+2GA₃* третману (40,9).

Таб. 15 - Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на генеративне карактеристике сорте малине “Willamette” у 2012. години.

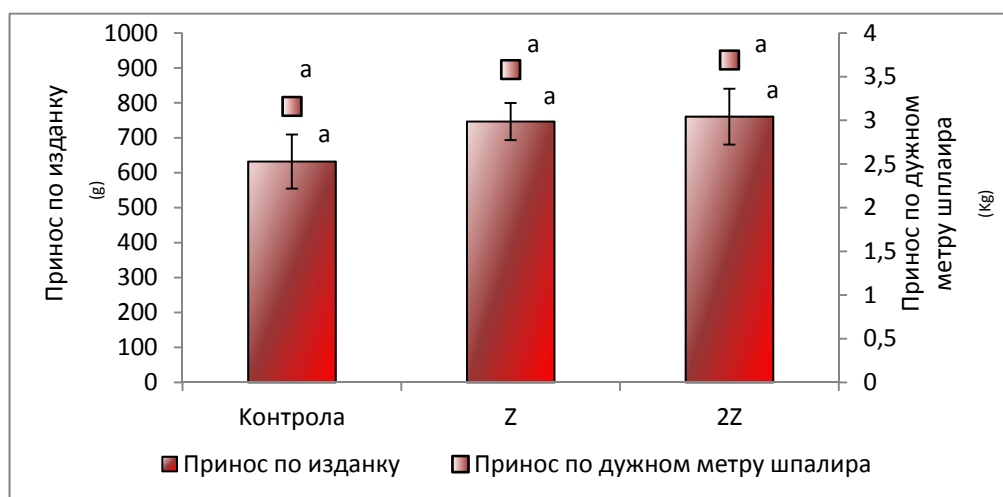
Третман	Број родних гранчица по изданку	Број цвасти по изданку	Број плодова по изданку
контрола*	12,0 ± 0,9 бц	44,1 ± 4,1 де	142,3 ± 8,5 де
<i>2ProCa</i>	17,9 ± 0,3 а	60,3 ± 1,4 б	210,8 ± 4,1 б
<i>Z</i>	13,2 ± 0,3 б	53,0 ± 1,8 ц	174,1 ± 7,8 ц
<i>Z+2ProCa</i>	18,6 ± 0,1 а	69,5 ± 1,4 а	226,1 ± 5,0 а
<i>2Z</i>	12,6 ± 0,5 бц	48,0 ± 1,9 цд	150,3 ± 6,4 д
<i>2ProCa+2GA₃</i>	11,3 ± 0,4 ц	40,9 ± 2,0 е	128,5 ± 7,6 е

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

Број плодова по изданку је значајно варирао између свих анализираних третмана и сагласно са бројем цвасти највећа вредност регистрована је у *Z+2ProCa* третману (226,1). И код *2ProCa* третмана регистрован је значајно већи број плодова у поређењу са свим осталим третманима укључујући контролу.

5.3.2. Принос сорте малине “Willamette”

Резултати приноса по изданку и дужном метру шпалира сорте малине “Willamette” у функцији закидања прве серије младих изданака приказани су у графикону 8. На основу добијених вредности можемо констатовати да је закидање серије младих изданака (једно или два) утицало на незнатно повећање приноса по изданку (746,7 и 760,6 g, по редоследу), али у поређењу са просечним вредностима добијеним код контролних биљака (632,0 g) значајност разлика није регистрована. Анализом варијансе нису установљене ни статистички значајне разлике за остварени принос по дужном метру шпалира између испитиваних третмана, а добијене вредности су се кретале од 3,16 kg у контролном до 3,69 kg у 2Z третману.

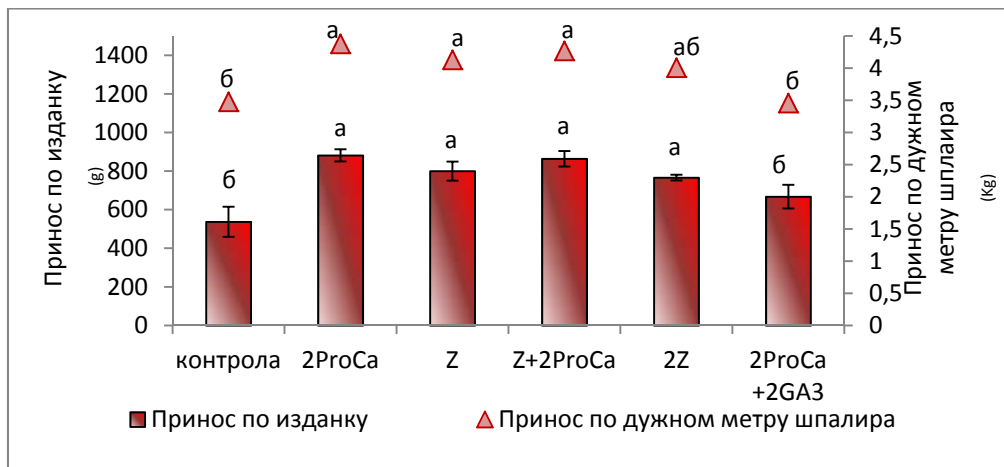


Граф. 8 – Утицај закидања првих серија младих изданака на принос по изданку и дужном метру шпалира сорте малине “Willamette” у 2010. години (Контрола - без закидања изданака; Z – са једним закидањем изданака; 2Z – са два закидања изданака).

Резултати приноса по изданку и дужном метру шпалира сорте малине “Willamette” у 2011. години након примене *ProCa* и закидања првих серија младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у графикону 9.

На основу приказаних података уочавамо да су све примењене мере имале позитиван ефекат на остварени принос по изданку. Значајно мање вредности приноса по изданку регистроване су у контроли (537,2 g) и *2ProCa+2GA₃* (667,4 g), док је највећа вредност забележена у *2ProCa* третману (881,4 g). Принос по

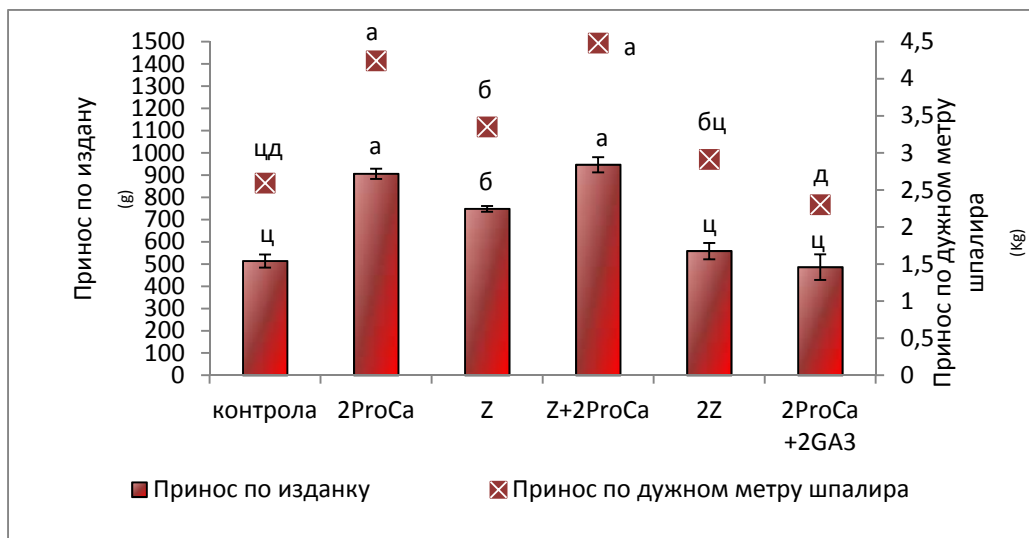
дужном метру шпалира се кретао у складу са варирањем приноса по изданку између третмана, са изузетком 2Z третмана (4,01 kg) који се није значајно разликовао од контроле (3,48 kg).



Граф. 9 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на принос по изданку и дужном метру шпалира сорте малине “Willamette” у 2011. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; 2*ProCa* – са два третирања *ProCa*; Z – са једним закидањем изданака; Z+2*ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; 2Z – са два закидања изданака; 2*ProCa*+2GA₃ - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином).

Резултати приноса по изданку и дужном метру шпалира сорте малине “Willamette” у 2012. години након примене *ProCa* и закидања првих серија младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у графикону 10.

Анализом података за 2012. годину можемо запазити да су закидање изданака и примена *ProCa*, самостално или у комбинацији, значајно повећали принос по изданку и дужном метру шпалира, са највећом вредношћу у Z+2*ProCa* третману (946,4 g и 4,48 kg, по редоследу). Значајност разлика није установљена за принос по изданку и дужном метру шпалира између 2Z третмана (558,3 g и 2,91 kg, по редоследу) са једне стране и контроле (513,5 g и 2,59 kg, по редоследу) и 2*ProCa*+2GA₃ третмана (485,9 g и 2,30 kg, по редоследу) са друге стране.



Граф. 10 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на принос по изданку и дужном метру шпалира сорте малине “Willamette” у 2012. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином).

5.4. Физичка својства плода малине

Резултати физичких својстава плода сорте малине “Willamette” у 2010. години посматрано у функцији закидања прве серије младих изданака приказани су у табели 16. Анализом добијених података уочавамо да је просечна маса плода била најнижа у контролном третману (4,29 g). Примењена мера закидања младих изданака имала је позитивне ефекте на масу плода двогодишњих изданака, тако да су статистички значајно веће вредности регистроване у *2Z* третману (4,73 g), који се није значајно разликовао од *Z* третмана (4,68 g). Параметри дужина и ширина плода, који чине димензије плода, код испитиване сорте кретали су се пропорционално са масом плода. Најниже просечне вредности дужине (22,00 mm) и ширине плода (21,69 mm) регистроване су у контролном третману. Оба третмана са закидањем изданака утицала су на повећање дужине и ширине плода, али значајна разлика регистрована је само између контролног и *2Z* третмана.

Таб. 16 - Утицај закидања првих серија младих изданака на физичка својства
плода сорте малине “Willamette” у 2010. години.

Третман	Маса плода (g)	Дужина плода (mm)	Ширина плода (mm)	Индекс облика плода	Број коштуница у плоду
контрола*	4,29 ± 0,1 б	22,00 ± 0,6ц	21,69 ± 0,2 б	1,09 ± 0,0 а	88,5 ± 1,7 б
Z	4,68 ± 0,2 аб	23,67 ± 0,5 абц	22,02 ± 0,3 аб	1,08 ± 0,0 а	95,6 ± 2,3 б
2Z	4,73 ± 0,1 а	25,04 ± 0,7 а	22,90 ± 0,4 а	1,09 ± 0,0 а	108,0 ± 5,4 а

*Контрола - без закидања изданака; Z – са једним закидањем изданака; 2Z – са два закидања изданака. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

На основу димензија плода израчунат је индекс облика плода. Просечне вредности кретале су се од 1,08 код Z до 1,09 код 2Z и контролног третмана, што одговара претежно конусном облику плода. За дати параметар није установљена статистички значајна разлика између третмана. Резултати броја коштуница у плоду малине кретали су се у распону од 88,5 (контрола) до 108,0 (2Z). Значајно веће вредности овог параметра регистроване су у третману са два закидања изданака (2Z) у поређењу са вредностима контролног и третмана са једним закидањем изданака (Z), међу којима није установљена значајна разлика.

Резултати физичких својстава плода сорте малине “Willamette” у 2011. години након примене *ProCa* и закидања првих серија младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у табели 17. Просечна вредност масе плода кретала се у распону од 4,08 g у *2ProCa+2GA₃* до 4,59 g у 2Z третману. Статистичком анализом није утврђено постојање значајних разлика између испитиваних третмана за дати параметар. Димензије плода, представљене у виду дужине и ширине плода, су биле најниже у контролном (21,90 mm и 20,07 mm) и *2ProCa+2GA₃* (22,46 mm и 20,84 mm) третману, сагласно најмањој вредности масе плода. Највеће вредности за дате параметре регистроване су у *2ProCa* (24,67 mm и 22,77 mm) и *Z+2ProCa* (25,05 mm и 23,33 mm) третману. Статистичком анализом није установљена значајна разлика у дужини и ширини плода између поменутих третмана, као и у поређењу са вредностима оствареним у Z и 2Z третману.

Таб. 17 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на физичка својства плода сорте малине “Willamette” у 2011. години.

Третман	Маса плода (g)	Дужина плода (mm)	Ширина плода (mm)	Индекс облика плода	Број коштуница у плоду
контрола*	4,22 ± 0,3 а	21,90 ± 0,6 ц	20,07 ± 0,4 ц	1,09 ± 0,0 а	89,5 ± 5,3 б
2 <i>ProCa</i>	4,54 ± 0,1 а	24,67 ± 0,7 а	22,77 ± 0,5 а	1,09 ± 0,0 а	105,7 ± 6,3 а
Z	4,48 ± 0,2 а	23,80 ± 0,6 аб	22,07 ± 0,4 аб	1,08 ± 0,0 а	97,8 ± 2,1 аб
Z+2 <i>ProCa</i>	4,43 ± 0,3 а	25,05 ± 0,2 а	23,33 ± 0,5 а	1,08 ± 0,0 а	96,5 ± 2,3 аб
2Z	4,59 ± 0,2 а	23,90 ± 0,6 аб	22,11 ± 0,5 аб	1,08 ± 0,0 а	98,7 ± 3,7 аб
2 <i>ProCa</i> +2GA ₃	4,08 ± 0,1 а	22,46 ± 0,2 бц	20,84 ± 0,5 бц	1,08 ± 0,0 а	89,4 ± 2,2 б

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; 2*ProCa* – са два третирања *ProCa*; Z – са једним закидањем изданака; Z+2*ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; 2Z – са два закидања изданака; 2*ProCa*+2GA₃ - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гибберелинском киселином. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

Анализом варијансе није добијена значајна разлика између третмана за израчунати индекс облика плода, који се кретао у распону од 1,08 (Z, Z+2*ProCa*, 2Z и 2*ProCa*+2GA₃) до 1,09 (контрола и 2*ProCa*). Запажа се да је вредност индекса облика у свим третманима већа од 1, што одговара претежно конусном облику плода. Резултати броја коштуница у плоду, као битног чиниоца крупноће и конзистенције плода малине, указују на то да је највећи број коштуница у плоду регистрован у 2*ProCa* третману (105,7), чија вредност је истовремено била значајно већа у поређењу са контролним и 2*ProCa*+2GA₃ третманом.

Резултати физичких својстава плода сорте малине “Willamette” у 2012. години након примене *ProCa* и закидања првих серија младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у табели 18. Значајност разлика није установљена за просечне вредности масе плода између анализираних третмана. Просечне вредности су варирале од 3,89 g у 2*ProCa*+2GA₃ до 4,39 g у Z+2*ProCa* третману. Интересатно је запазити да су добијене вредности масе плода у 2012. години ниже у поређењу са вредностима добијеним у 2011. години за исти параметар.

Таб. 18 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на физичка својства плода сорте малине “Willamette” у 2012. години.

Третман	Маса плода (g)	Дужина плода (mm)	Ширина плода (mm)	Индекс облика плода	Број коштуница у плоду
Контрола*	3,93 ± 0,3 а	20,80 ± 0,3 аб	19,40 ± 0,3 аб	1,08 ± 0,0 а	89,8 ± 0,3 цд
2 <i>ProCa</i>	4,30 ± 0,2 а	21,41 ± 0,4 аб	20,04 ± 0,4 а	1,07 ± 0,0 абц	106,3 ± 2,1 а
Z	4,06 ± 0,1 а	21,67 ± 0,2 а	20,14 ± 0,2 а	1,08 ± 0,0 а	95,8 ± 1,4 бц
Z+2 <i>ProCa</i>	4,39 ± 0,2 а	21,43 ± 0,5 аб	20,04 ± 0,4 а	1,07 ± 0,0 абц	101,0 ± 3,2 аб
2Z	3,79 ± 0,4 а	19,97 ± 0,8 б	18,88 ± 0,5б	1,06 ± 0,0 ц	85,8 ± 3,7 д
2 <i>ProCa</i> +2GA ₃	3,89 ± 0,4 а	20,20 ± 0,6 аб	19,03 ± 0,4 аб	1,06 ± 0,0 бц	92,7 ± 1,8 цд

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; 2*ProCa* –са два третирања *ProCa*; Z – са једним закидањем изданака; Z+2*ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; 2Z – са два закидања изданака; 2*ProCa*+2GA₃ - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гибберелинском киселином. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

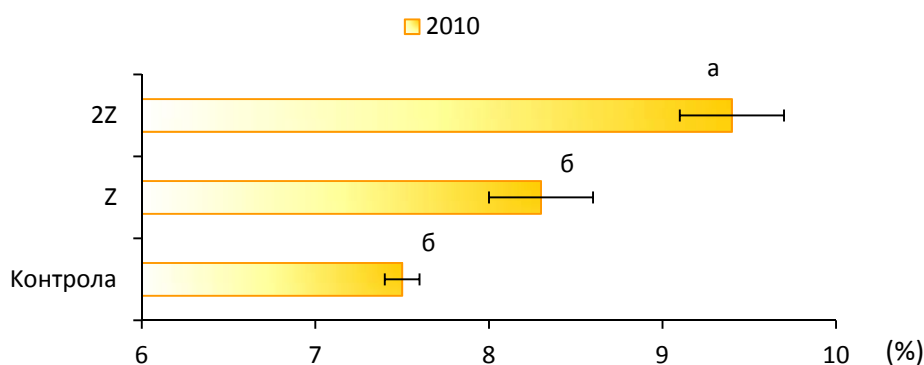
Димензије плода, представљене у виду дужине и ширине, су у највећој мери у функцији облика и масе плода. Најмање просечне вредности дужине (19,97 mm) и ширине плода (18,88 mm) регистроване су код 2Z третмана, док су највеће вредности добијене у Z третману (21,67 mm и 20,14 mm, по редоследу). Истовремено, значајна разлика регистрована је само између ових третмана. Индекс облика плода је испољио значајно нижу вредност код 2Z третмана (1,06) у поређењу са Z и контролним третманом у којима је регистрована највећа и идентична вредност индекса облика плода (1,08). Све израчунате вредности индекса облика плода за проучавање третмане биле су веће од 1, што указује да плодови испитиване сорте имају конусан облик.

Број коштуница у плоду варирао је значајно између испитиваних третмана, а највише вредности регистроване су у 2*ProCa* и Z+2*ProCa* третману (106,3 и 101,0, по редоследу). Најнижа вредност за дати параметар регистрована је у 2Z третману (85,8), који се није значајно разликовао од контролног и 2*ProCa*+2GA₃ третману (89,8 и 92, 7, по редоследу).

5.5. Хемијска својства плода малине

5.5.1. Садржај растворљиве суве материје у плоду сорте малине “Willamette”

Резултати садржаја растворљиве суве материје у плоду испитиване сорте у функцији закидања прве серије младих изданака у 2010. години, приказани су у графикону 11.

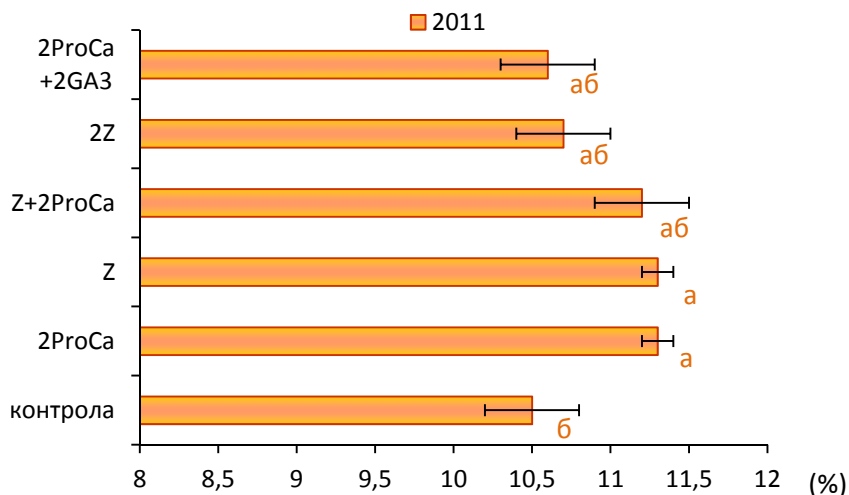


Граф. 11 -Утицај закидања првих серија младих изданака на садржај растворљиве суве материје у плодовима сорте малине “Willamette” у 2010. години (Контрола - без закидања изданака; Z – са једним закидањем изданака; 2Z – са два закидања изданака).

Највиши садржај растворљиве суве материје у плодовима регистрован је у 2Z третману (9,4%). Добијена вредност била је значајно већа у поређењу са вредностима контролног и Z третмана (7,5% и 8,3%, по редоследу), међу којима значајност разлика није установљена.

Резултати садржаја растворљиве суве материје у плоду испитиване сорте у 2011. години након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у графикону 12.

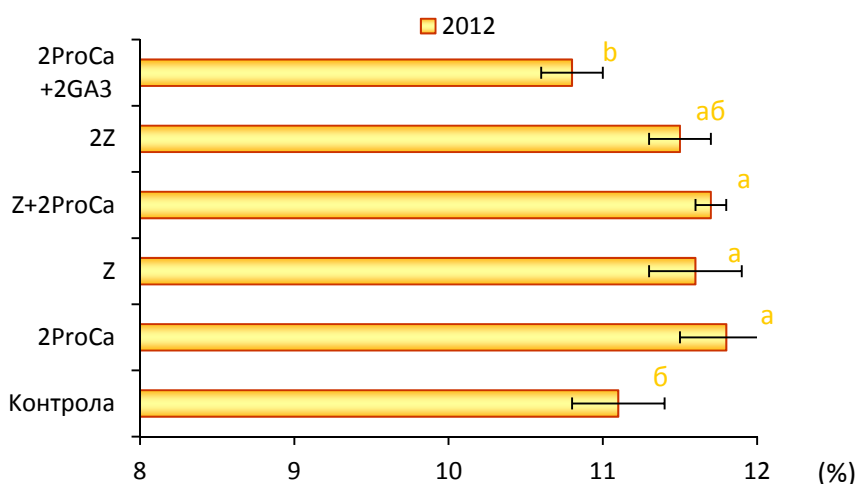
Упоредивањем измерених вредности садржаја растворљиве суве материје у 2011. години можемо констатовати да су сви испитивани третмани утицали на повећање садржаја датог параметра у поређењу са контролним третманом (10,5%), али значајне разлике установљене су само између контролног са једне и Z и 2*ProCa* третмана са друге стране, у којима су регистроване исте и највеће просечне вредности садржаја растворљиве суве материје (11,3%).



Граф. 12 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај растворљиве суве материје у плодовима сорте малине “Willamette” у 2011. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гибберелинском киселином).

Резултати садржаја растворљиве суве материје у плоду испитиване сорте у 2012. години након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у графикону 13.

Добијени резултати указују да је најнижи просечни садржај растворљиве суве материје у плоду испитиване сорте регистрован у контролном и *2ProCa+2GA₃* третману (11,1% и 10,8%, по редоследу). Више и приближне вредности регистроване су код осталих третмана: *2ProCa* (11,8%), *Z+2ProCa* (11,7%), *Z* (11,6%) и *2Z* (11,5%). Према томе, контролни и *2ProCa+2GA₃* третман су испољили значајно нижу вредност садржаја растворљиве суве материје у поређењу са осталим третманима, изузев *2Z* третмана.



Граф.13 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај растворљиве суве материје у плодовима сорте малине “Willamette” у 2012. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином).

5.5.2. Садржај шећера, киселина и витамина Ц у плоду сорте малине “Willamette”

Резултати испитивања садржаја шећера (укупних, инвертних и сахарозе), укупних киселина и витамина Ц у плоду испитиване сорте, као резултат примењене мере закидања изданака у 2010. години, представљени су у табели 19.

Најнижи садржај укупних шећера регистрован је код контролног (5,91%) и *Z* третмана (6,25%), између којих није установљена статистичка значајност разлика. Највећа количина укупних шећера регистрована је у *2Z* третману (7,07%), као резултат већег садржаја инвертних шећера (6,08%) и сахарозе (0,93%). Статистичком анализом утврђено је постојање значајних разлика између *2Z* третмана са једне стране и контролног и *Z* третмана са друге стране за садржај свих анализираних шећера у плоду испитиване сорте. Садржај сахарозе је испољио ниже вредности у поређењу са инвертним шећерима (глукоза и фруктоза), с тим да је најнижа просечна вредност регистрована у контролном третману (0,79%).

Таб. 19 - Утицај закидања првих серија младих изданака на садржај шећера, укупних киселина и витамина Ц у плоду сорте малине “Willamette” у 2010. години.

Третман	Садржај укупних шећера (%)	Садржај инвертних шећера (%)	Садржај сахарозе (%)	Садржај укупних киселина (%)	Садржај витамина Ц ($mg \cdot 100 g^{-1}$ св.м.пло.)
контрола*	$5,91 \pm 0,1$ б	$5,08 \pm 0,1$ б	$0,79 \pm 0,0$ б	$0,92 \pm 0,1$ а	$47,1 \pm 2,9$ а
Z	$6,25 \pm 0,1$ б	$5,37 \pm 0,1$ б	$0,83 \pm 0,0$ б	$0,94 \pm 0,1$ а	$49,3 \pm 3,6$ а
2Z	$7,07 \pm 0,3$ а	$6,08 \pm 0,3$ а	$0,93 \pm 0,0$ а	$1,00 \pm 0,1$ а	$48,8 \pm 0,7$ а

*Контрола - без закидања изданака; Z – са једним закидањем изданака; 2Z – са два закидања изданака. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

Садржај укупних киселина се кретао од 0,92% у контролном до 1,00% у 2Z третману. Можемо констатовати да између анализираних третмана нису установљене значајне разлике за просечни садржај укупних киселина. Слична тенденција се уочава и у садржају витамина Ц, јер између проучаваних третмана нису регистроване значајне разлике.

Резултати испитивања садржаја шећера (укупних, инвертних и сахарозе), укупних киселина и витамина Ц у плоду испитиване сорте малине “Willamette” у 2011. години након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у табели 20. *2ProCa* и *Z+2ProCa* третмани утицали су на значајно повећање садржаја укупних шећера (7,89% и 7,42%, по редоследу) у поређењу са контролним (6,63%) и *2ProCa+2GA₃* (6,68%) третманом, међу којима нису утврђене значајне разлике за поменути параметар. Пропорционално садржају укупних шећера, можемо запазити да је просечно најнижи садржај инвертних шећера регистрован у контролном (5,59%) и *2ProCa+2GA₃* (5,82%) третману. Анализом варијансе су установљене значајне разлике у добијеним вредностима поменутих третмана са једне и *2ProCa* третмана са друге стране, у коме је регистрован највећи садржај инвертних шећера (6,85%). Садржај сахарозе је значајно варирао између испитиваних третмана. Статистички значајно веће вредности регистроване су у *Z+2ProCa* (1,00%) и *2ProCa* (0,99%)

третману у поређењу са контролним третманом код кога је регистрована најнижа просечна вредност сахарозе (0,83%).

Таб. 20 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај шећера, укупних киселина и витамина Ц у плоду сорте малине “Willamette” у 2011. години.

Третман	Садржај укупних шећера (%)	Садржај инвертних шећера (%)	Садржај сахарозе (%)	Садржај укупних киселина (%)	Садржај витамина Ц ($mg \cdot 100 g^{-1}$ св.м.пло.)
контрола*	$6,63 \pm 0,2$ б	$5,59 \pm 0,2$ б	$0,83 \pm 0,0$ ц	$2,14 \pm 0,0$ а	$52,5 \pm 0,6$ а
2 <i>ProCa</i>	$7,89 \pm 0,0$ а	$6,85 \pm 0,1$ а	$0,99 \pm 0,0$ а	$1,96 \pm 0,0$ б	$51,9 \pm 1,1$ а
Z	$7,23 \pm 0,2$ аб	$6,20 \pm 0,2$ аб	$0,94 \pm 0,0$ аб	$2,02 \pm 0,0$ б	$49,7 \pm 1,3$ а
Z+2 <i>ProCa</i>	$7,42 \pm 0,3$ а	$6,26 \pm 0,4$ аб	$1,00 \pm 0,0$ а	$1,97 \pm 0,0$ б	$52,8 \pm 0,7$ а
2Z	$7,29 \pm 0,3$ аб	$6,21 \pm 0,4$ аб	$0,96 \pm 0,1$ аб	$2,00 \pm 0,1$ б	$52,8 \pm 1,9$ а
2 <i>ProCa</i> +2 <i>GA</i> ₃	$6,68 \pm 0,4$ б	$5,82 \pm 0,3$ б	$0,84 \pm 0,0$ бц	$2,14 \pm 0,0$ а	$51,9 \pm 1,1$ а

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; 2*ProCa* – са два третирања *ProCa*; Z – са једним закидањем изданака; Z+2*ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; 2Z – са два закидања изданака; 2*ProCa*+2*GA*₃ - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

Нижи просечни садржај укупних и појединачних шећера у контролном и 2*ProCa*+2*GA*₃ третману праћен је значајно већим и истим садржајем укупних киселина (2,14%) у поређењу са осталим третманима. Добијене вредности садржаја укупних киселина кретале су се од 1,96% у 2*ProCa* до 2,02% у Z третману и нису се значајно разликовале. Између проучаваних третмана нису установљене значајне разлике у садржају витамина Ц. Највише и идентичне вредности добијене су у Z+2*ProCa* и 2Z третману ($52,8 mg \cdot 100 g^{-1}$ св.м.пло.).

Резултати испитивања садржаја шећера (укупних, инвертних и сахарозе), укупних киселина и витамина Ц у плоду испитиване сорте “Willamette” у 2012. години након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у табели 21.

Таб. 21 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај шећера, укупних киселина и витамина Ц у плоду сорте малине “Willamette” у 2012. години.

Третман	Садржај укупних шећера (%)	Садржај инвертних шећера (%)	Садржај сахарозе (%)	Садржај укупних киселина (%)	Садржај витамина Ц ($mg\ 100\ g^{-1}$ св.м.пло.)
контрола*	7,70 ± 0,2 бц	6,56 ± 0,2 аб	1,09 ± 0,0 б	1,39 ± 0,0 а	61,6 ± 3,0 а
2 <i>ProCa</i>	7,88 ± 0,2 аб	6,66 ± 0,2 аб	1,16 ± 0,0 аб	1,27 ± 0,1 аб	61,2 ± 3,0 а
Z	7,46 ± 0,2 бц	6,53 ± 0,2 аб	1,10 ± 0,0 б	1,37 ± 0,1 аб	62,5 ± 3,0 а
Z+2 <i>ProCa</i>	8,55 ± 0,2 а	7,25 ± 0,2 а	1,23 ± 0,0 а	1,19 ± 0,1 б	66,9 ± 2,5 а
2Z	7,13 ± 0,2 ц	6,00 ± 0,2 б	1,09 ± 0,0 аб	1,40 ± 0,1 а	62,5 ± 0,9 а
2 <i>ProCa</i> +2 <i>GA</i> ₃	7,72 ± 0,3 бц	6,31 ± 0,1 б	1,14 ± 0,0 б	1,37 ± 0,0 а	60,7 ± 3,3 а

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; 2*ProCa* – са два третирања *ProCa*; Z – са једним закидањем изданака; Z+2*ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; 2Z – са два закидања изданака; 2*ProCa*+2*GA*₃ - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гибберелинском киселином. Различите словне ознаке у једној колони указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

Статистички значајно нижи и приближан садржај инвертних шећера регистрован је у контролном (6,56%), 2Z (6,00%) и 2*ProCa*+2*GA*₃ (6,31%) третману у поређењу са Z+2*ProCa* третманом, који се одликовао највећим просечним садржајем поменутих шећера (7,25%). У структури укупних шећера доминирају инвертни шећери (глукоза и фруктоза), док је удео сахарозе испољио ниже просечне вредности, које су се кретале од 1,09% у контролном до 1,23% Z+2*ProCa* третману. Сагласно садржају појединачних шећера, највећа просечна вредност укупних шећера евидентирана је код Z+2*ProCa* третмана (8,55%). Интересантно је запазити да су у 2012. години, третмани са једним или два закидања изданака резултирали мањим садржајем укупних шећера (7,46% и 7,13%, по редоследу) у односу на третмане у којима је примењен само *ProCa*.

У зрелим плодовима испитиване сорте најмањи садржај укупних киселина регистрован је у Z+2*ProCa* третману (1,19%). Изузев њега, остали третмани нису показали значајне разлике у односу на контролни третман. Највећа просечна вредност регистрована је у 2Z третману (1,40%). Као и у претходним годинама истраживања, примењени третмани нису ни у 2012. години испољили значајан утицај на добијене вредности садржаја витамина Ц.

5.5.3. Садржај индивидуалних фенолних компоненти у плоду сорте малине “Willamette”

Резултати испитивања садржаја индивидуалних фенолних компоненти (деривати хидроксицинамичних киселина, флаваноли, деривати елагинске киселине, флавоноли и антоцијани) у плоду испитиване сорте “Willamette” у 2011. години након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака приказани су у табели 22.

5.5.3.1. Деривати хидроксицинамичних киселина

У плоду испитиване сорте од деривата хидроксицинамичних киселина детектована су два хексозида *p*-кумаринске киселине и хексозид кафеинске киселине. Између анализираних третмана, највећи садржај хексозида 1 *p*-кумаринске киселине регистрован је у 2Z третману ($0,494 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). У поређењу са поменутиим третманом значајно нижа вредност садржаја хексозида 1 *p*-кумаринске киселине установљена је само у 2*ProCa* третману ($0,313 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). Са друге стране, 2*ProCa* третман испољио је највећи садржај хексозида 2 *p*-кумаринске киселине ($2,032 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.), који је био значајно већи у поређењу са 2Z и Z+2*ProCa* третманом ($0,959$ и $0,994 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло., по редоследу) и 2*ProCa*+2*GA*₃ третманом ($1,311 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). Примена мере закидања изданака утицала је на повећање садржаја кафеинске киселине у плоду испитиване сорте. Измерене вредности садржаја хексозида кафеинске киселине у Z и 2Z третману ($0,550$ и $0,557 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло., по редоследу) нису значајно различите од контролног третмана ($0,539 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.), али биле су значајно веће у односу на вредности регистроване у 2*ProCa* третману ($0,353 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.).

5.5.3.2. Флаваноли

Обе примењене мере утицале су на значајно повећање садржаја епикатехина у плоду испитиване сорте у поређењу са контролом ($4,4 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.), а највећа вредност измерена је у 2Z третману ($9,9 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). Садржај процијанидина Б2 кретао се од $7,4 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. у Z+2*ProCa* третману

до $14,2 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. у *2ProCa* третману. Истовремено, значајност разлика регистрована је само између поменутих третмана.

5.5.3.3. Деривати елагинске киселине

Међу испитиваним третманима највећи садржај слободне елагинске киселине детектован је у *Z+2ProCa* третману ($68,7 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.), у коме је *ProCa* примењен два пута након једног закидања изданака. Самостална примена *ProCa* или закидања изданака није резултирала значајном променом садржаја слободне елагинске киселине у поређењу са контролом ($18,8 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). Највећи садржај пентозида 1 елагинске киселине регистрован је у третману са једним закидањем изданака ($14,5 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). Добијена вредност била је значајно већа само у поређењу са вредностима измереним у *2Z* третману ($11,9 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) који се није значајно разликовао од контролног третмана ($12,0 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). Значајно нижи садржај пентозида 2 елагинске киселине регистрован је у третману са два закидања изданака ($6,3 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) у поређењу са осталим анализираним третманима укључујући контролу. Примењене мере нису значајно утицале на садржај галоил–бис-хексахидродифеин (*HHDP*)-глукозе и 4-*O*-ацетоксилозида елагинске киселине у поређењу са контролом. Просечне вредности кретале су се од $199,2 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. (*Z+2ProCa*) до $277,9 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. (*2ProCa*) за галоил–бис-*HHDP*-глукозу, односно од $2,7 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. (контрола) до $3,1 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. (*2ProCa+2GA₃*) за 4-*O*-ацетоксилозид елагинске киселине.

5.5.3.4. Флавоноли

Из групе флавонола, у плодовима испитиване сорте малине детектовани су гликозиди кверцетина, изорамнетина и кампферол-3-глюкоронида. Између анализираних третмана значајност разлика није утврђена у вредностима садржаја кверцетин-3-глукозида, кверцетин-3-ксилозилглюкоронида и кверцетин-3-арабинопиранозида у поређењу са контролом. Закидање изданака утицало је на повећање садржаја кверцетин-3-глюкоронида у *Z* ($16,5 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) и *2Z* третману ($16,4 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). Добијене вредности су значајно веће у односу на вредности садржаја кверцетин-3-глюкоронида измерене у контролном ($10,8 \text{ mg kg}^{-1}$

¹св.м.пло.) и $2ProCa+2GA_3$ третману ($10,9 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). Комбинована примена *ProCa* и закидања изданака резултирала је повећањем садржаја кверцетин-3-дихексозида ($8,2 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.), кверцетин-3-вицианозида ($3,9 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) и кверцетин-3-галактозида ($4,8 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) у поређењу са свим осталим третманима, међу којима значајност разлика није установљена.

Садржај кампферол-3-глюкоронида у плоду испитиване сорте кретао се од $0,8 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. у контролном и $Z+2ProCa$ третману до $1,2 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. у Z и $2Z$ третману. Статистичком анализом утврђено је постојање значајних разлика између поменутих третмана у садржају кампферол-3-глюкоронида.

Комбинована или самостална примена *ProCa* и закидања прве серије младих изданака није значајно утицала на промене садржаја глукозида изорамнетина у односу на вредности измерене у плоду контролних биљака. Просечне вредности гликозида 1 кретале су се од $6,1 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. (контрола и $2Z$) до $6,9 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. ($Z+2ProCa$), док су вредности глукозида 2 изорамнетина вариране од $2,4 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. у контролном третману до $3,0 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. у $2ProCa$ и $Z+2ProCa$ третману.

Таб. 22а - Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај појединачних фенолних једињења ($mg\ kg^{-1}$ св.м.пло.) у плоду сорте малине “Willamette” у 2011. години.

Фенолна једињења	Једињење	Третман					
		контрола*	<i>2ProCa</i>	<i>Z</i>	<i>Z + 2ProCa</i>	<i>2Z</i>	<i>2ProCa + 2GA₃</i>
Деривати хидроксицинамичних киселина	<i>p</i> -кумаринска киселина-хексозид 1	0,478 ± 0,1 аб	0,313 ± 0,0 б	0,488 ± 0,1 аб	0,367 ± 0,0 аб	0,494 ± 0,1 а	0,481 ± 0,1 аб
	<i>p</i> -кумаринска киселина-хексозид 2	1,492 ± 0,3 абц	2,032 ± 0,2 а	1,852 ± 0,2 аб	0,959 ± 0,1 ц	0,994 ± 0,1 ц	1,311 ± 0,2 бц
	Кафеинска киселина-хексозид	0,539 ± 0,1 аб	0,353 ± 0,0 б	0,550 ± 0,1 а	0,414 ± 0,0 аб	0,557 ± 0,1 а	0,541 ± 0,1 аб
	Укупно	2,509	2,698	2,890	1,740	2,045	2,333
Флаваноли	Епикатехин	4,4 ± 1,2 б	9,2 ± 0,9 а	8,6 ± 1,6 а	9,5 ± 0,9 а	9,9 ± 1,2 а	6,9 ± 0,4 аб
	Процијанидин димер (процијанидин Б2)	14,0 ± 2,2 аб	14,2 ± 2,2 а	9,4 ± 1,4 аб	7,4 ± 1,9 б	11,9 ± 3,3 аб	13,5 ± 4,3 аб
	Укупно	18,4	23,4	18,0	16,9	21,8	20,4
Деривати елагинске киселине	Елагинска киселина-пентозид 1	12,0 ± 0,5 б	12,6 ± 0,9 аб	14,5 ± 1,0 а	13,9 ± 0,4 аб	11,9 ± 0,8 б	12,7 ± 0,6 аб
	Елагинска киселина-пентозид 2	9,5 ± 0,5 а	10,0 ± 0,6 а	9,0 ± 0,6 а	9,5 ± 0,3 а	6,3 ± 0,9 б	10,0 ± 0,5 а
	Елагинска киселина	18,8 ± 8,4 б	21,4 ± 4,6 б	42,5 ± 11,2 б	68,7 ± 5,7 а	28,8 ± 7,8 б	19,4 ± 5,1 б
	4- <i>O</i> -ацетоксилозид елагинске киселине	2,7 ± 0,1 а	3,0 ± 0,2 а	3,0 ± 0,2 а	2,8 ± 0,1 а	2,9 ± 0,3 а	3,1 ± 0,2 а
	Галоил-бис- <i>HHDP</i> -глукоза	232,9 ± 35,4 а	277,9 ± 22,1 а	228,9 ± 23,6 а	199,2 ± 34,0 а	225,9 ± 30,8 а	255,2 ± 6,0 а
	Укупно	275,9	324,9	297,9	294,1	275,8	300,4

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z + 2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa + 2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином. Различите словне ознаке у реду, а у оквиру сваког појединачног једињења указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

Таб. 226 - Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај појединачних фенолних једињења ($mg\ kg^{-1}$ св.м.пло.) у плоду сорте малине “Willamette” у 2011. години.

Фенолна једињења	Једињење	Третман					
		контрола*	<i>2ProCa</i>	<i>Z</i>	<i>Z + 2ProCa</i>	<i>2Z</i>	<i>2ProCa + 2GA₃</i>
Флавоноли	Кверцетин-дихексоид	5,3 ± 1,4 б	5,7 ± 0,3 б	6,6 ± 0,3 аб	8,2 ± 0,4 а	4,6 ± 0,4 б	5,4 ± 0,8 б
	Кверцетин-3- вицианозид	3,1 ± 0,2 б	3,1 ± 0,2 б	3,2 ± 0,2 б	3,9 ± 0,2 а	2,3 ± 0,1 б	2,6 ± 0,2 б
	Кверцетин-3- галактозид	1,9 ± 0,2 б	2,6 ± 0,1 б	2,7 ± 0,3 б	4,8 ± 1,3 а	2,2 ± 0,2 б	2,4 ± 0,1 б
	Кверцетин-3- глюкозид	1,5 ± 0,1 а	1,6 ± 0,1 а	1,8 ± 0,1 а	1,5 ± 0,1 а	1,7 ± 0,2 а	1,5 ± 0,2 а
	Кверцетин-3- глюкоронид	10,8 ± 1,2 ц	12,4 ± 1,9 абц	16,5 ± 1,6 а	12,0 ± 1,0 бц	16,4 ± 2,1 аб	10,9 ± 3,2 ц
	Кверцетин-3- ксилосилглюкоронид	0,3 ± 0,0 а	0,3 ± 0,0 а	0,4 ± 0,0 а	0,3 ± 0,0 а	0,4 ± 0,0 а	0,3 ± 0,1 а
	Кверцетин-3- арабинопиранозид	3,6 ± 0,3 а	4,2 ± 0,5 а	4,9 ± 0,4 а	4,0 ± 0,2 а	4,7 ± 0,6 а	4,9 ± 1,2 а
	Изорамнетин глюкозид 1	6,1 ± 0,3 а	6,4 ± 0,8 а	6,4 ± 0,4 а	6,9 ± 0,2 а	6,1 ± 0,6 а	6,7 ± 0,2 а
	Изорамнетин глюкозид 2	2,4 ± 0,1 а	3,0 ± 0,3 а	2,9 ± 0,2 а	3,0 ± 0,3 а	2,7 ± 0,2 а	2,8 ± 0,1 а
	Кампферол-3-глюкоронид	0,8 ± 0,1 б	0,9 ± 0,2 аб	1,2 ± 0,1 аб	0,8 ± 0,1 б	1,2 ± 0,2 а	0,9 ± 0,2 аб
Укупно		35,8	40,2	46,6	45,4	42,3	38,4
Антоцијани	Цијанидин-дихексоид	23,1 ± 3,0 б	22,7 ± 2,9 б	25,1 ± 2,8 аб	30,4 ± 2,4 а	10,0 ± 1,3 ц	7,8 ± 0,8 ц
	Цијанидин-3-софорозид	503,1 ± 10,5 бц	561,0 ± 34,7 аб	550,7 ± 35,3 б	654,4 ± 25,7 а	408,3 ± 30,9 д	409,7 ± 43,0 цд
	Цијанидин-3-галактозид	5,3 ± 1,1бц	7,6 ± 0,8 а	7,0 ± 0,8 аб	6,7 ± 0,8 аб	4,4 ± 0,5 ц	4,5 ± 0,6 ц
	Цианидин-3-глюкозид	160,2 ± 10,0 бц	172,7 ± 7,4 б	170,3 ± 16,8 бц	217,3 ± 12,4 а	137,4 ± 7,8 ц	147,2 ± 12,3 бц
	Пеларгонидин-3-софорозид	100,5 ± 6,3 бц	108,2 ± 4,6 б	106,8 ± 10,5 бц	136,3 ± 7,8 а	86,1 ± 4,9 ц	92,3 ± 7,7 бц
	Пеларгонидин-3-глюкозид	39,6 ± 2,7ц	49,3 ± 2,1 б	49,7 ± 4,4 б	59,8 ± 3,9 а	32,3 ± 4,1 ц	34,1 ± 2,9 ц
Укупно		831,8	921,5	909,6	1104,9	678,5	677,8

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином. Различите словне ознаке у реду, а у оквиру сваког појединачног једињења указују на статистички значајне разлике на нивоу 0,05.

5.5.3.5. Антоцијани

Анализом података приказаних у табели 22. може се уочити да су у плоду испитиване сорте доминантно заступљени антоцијани цијанидин-3-софорозид и цијанидин-3-глукозид. Просечне вредности цијанидин-3-софорозида су значајно варирале између анализираних третмана достижући највећу вредност у $Z+2ProCa$ третману ($654,4 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). Добијена вредност је значајно већа у поређењу са контролним и $2ProCa+2GA_3$ третманом, међу којима значајност разлика није утврђена. Значајно мањи садржај цијанидин-3-софорозида регистрован је у $2Z$ третману ($408,3 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) у поређењу са осталим испитиваним третманима, изузев $2ProCa+2GA_3$ третмана где је забележена слична вредност.

Комбинована примена $ProCa$ и закидања изданака утицала је позитивно на садржај цијанидин-3-глукозида у плоду испитиване сорте, што је потврдила значајно већа вредност измерена у $Z+2ProCa$ третману ($217,3 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). Самостална примена $ProCa$ се такође показала као добра, с обзиром да је вредност садржаја цијанидин-3-глукозида у $2ProCa$ третману била статистички значајно већа у односу на вредност регистровану у $2Z$ третману ($137,4 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). Просечне вредности садржаја цијанидин-дихексозида кретале су се од $7,8 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. ($2ProCa+2GA_3$) до $30,4 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. ($Z+2ProCa$). У поређењу са контролом, значајно веће вредности поменутог параметра детектоване су у $Z+2ProCa$ третману, док су значајно ниже вредности регистроване у $2Z$ и $2ProCa+2GA_3$ третману.

$2ProCa$ третман је условио највиши садржај цијанидин-3-галактозида ($7,6 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) у плоду испитиване сорте, с тим да су приближне вредности регистроване у Z ($7,0 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) и $Z+2ProCa$ ($6,7 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) третману.

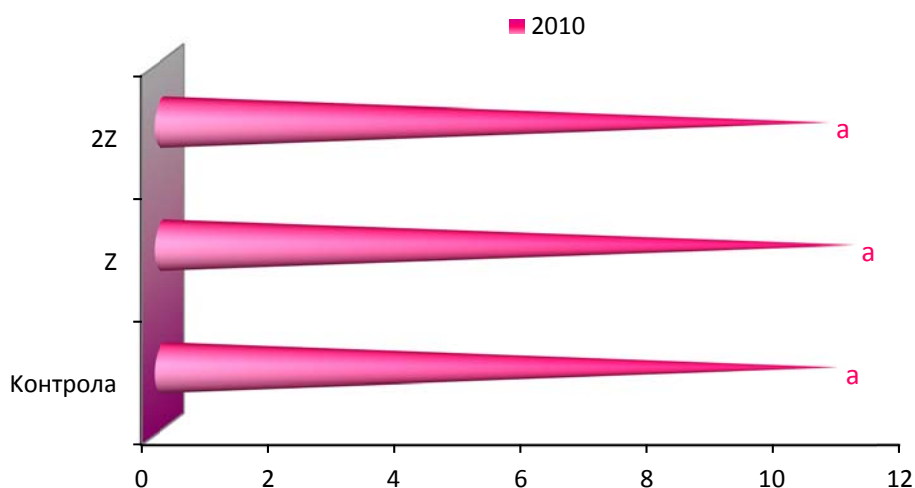
Из групе пеларгонидина у плоду испитиване сорте детектовани су пеларгонидин-3-софорозид и пеларгонидин-3-глукозид. Једно закидање изданака (Z) и самостална примена $ProCa$ ($2ProCa$) резултирали су повећањем садржаја пеларгонидин-3-глукозида ($49,7$ и $49,3 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло., по редоследу), чије вредности су значајно веће у поређењу са контролом, $2Z$ и $2ProCa+2GA_3$ третманом. Сходно вредностима регистрованим у поменутих третманима, њихова

комбинована примена ($Z+2ProCa$) условила је највећи садржај пеларгонидин-3-глукозида ($59,8 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.).

У плодовима испитиване сорте малине детектоване су и високе вредности пеларгонидин-3-софорозида, а просечан садржај кретао се од $86,1 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. ($2Z$) до $136,3 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. ($Z+2ProCa$). Истовремено, највиша вредност регистрована у $Z+2ProCa$ третману била је статистички значајно већа у поређењу са садржајем овог једињења код осталих третмана.

5.5.4. Садржај укупних антоцијана у плоду сорте малине “Willamette”

Резултати испитивања садржаја укупних антоцијана у плоду испитиване сорте у функцији закидања прве серије младих изданака у 2010. години, приказани су у графикону 14.

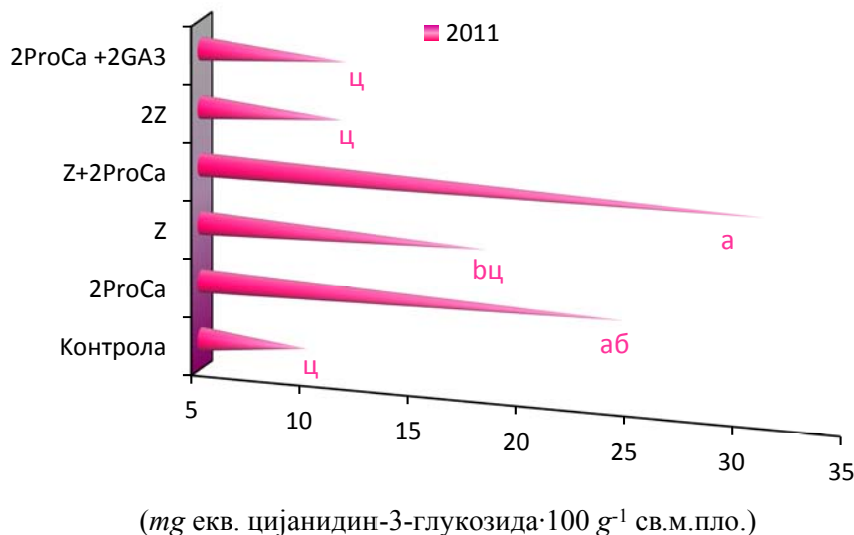


Граф. 14 - Утицај закидања првих серија младих изданака на садржај укупних антоцијана у плоду сорте малине “Willamette” у 2010. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања $ProCa$; Z – са једним закидањем изданака; 2Z – са два закидања изданака).

Примењене мере закидања изданака (једно или два) нису значајно утицале на промене садржаја укупних антоцијана у поређењу са контролом. Добијене просечне вредности кретале су се од $10,57 \text{ mg}$ екв. цијанидин-3-глукозида $\cdot 100 \text{ g}^{-1}$

¹св.м.пло. у 2Z третману до 10,97 mg екв. цијанидин-3-глукозида·100 g⁻¹св.м.пло. у третману са једним закидањем изданака (Z).

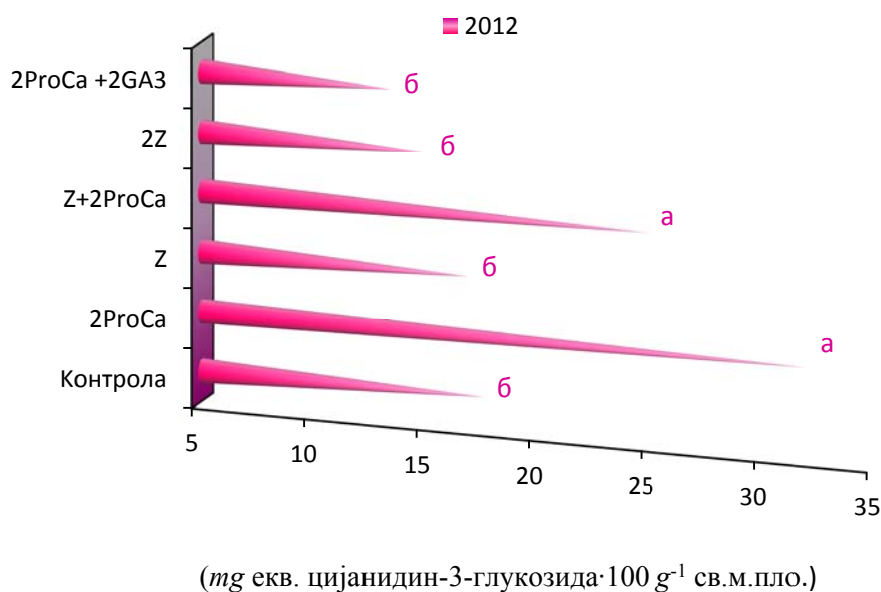
Резултати испитивања садржаја укупних антоцијана у плоду малине сорте “Willamette” у 2011. години након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у графикону 15.



Граф. 15 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај укупних антоцијана у плоду сорте малине “Willamette” у 2011. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гибберелинском киселином).

Поређењем средњих вредности садржаја антоцијана у плоду испитиване сорте након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака у 2011. години, запажа се значајно варирање између анализираних третмана. Генерално, примена *ProCa* резултирала је повећањем садржаја укупних антоцијана, при чему су добијене вредности значајно веће у поређењу са вредностима добијеним у контролном (9,86 mg екв. цијанидин-3-глукозида·100 g⁻¹св.м.пло.), 2Z (11,52 mg екв. цијанидин-3-глукозида·100 g⁻¹св.м.пло.) и 2*ProCa*+2*GA₃* (11,69 mg екв. цијанидин-3-глукозида·100 g⁻¹св.м.пло.) третманима, међу којима није испољена значајност разлика.

Резултати садржаја укупних антоцијана у плоду малине сорте “Willamette” у 2012. години након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у графикану 16.

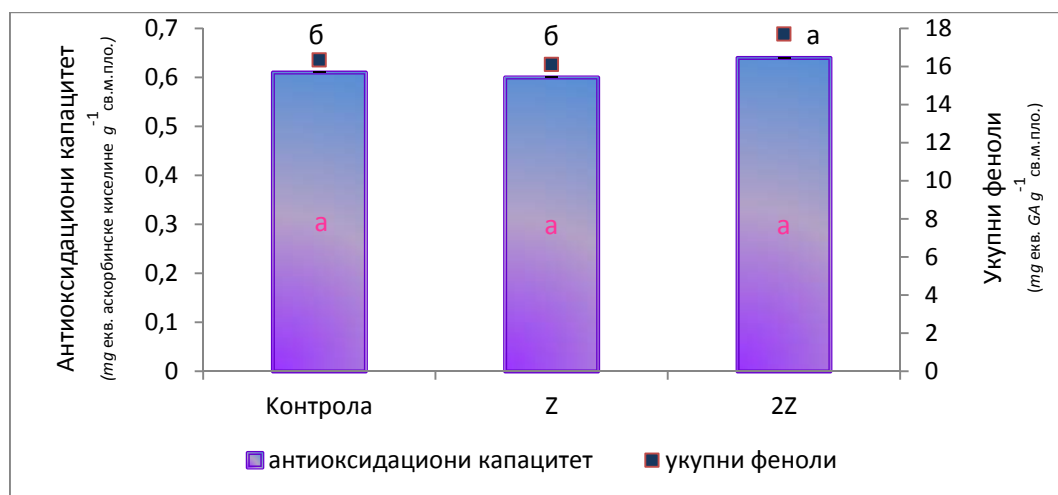


Граф. 16 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај укупних антоцијана у плоду сорте малине “Willamette” у 2012. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - без са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином).

Као и у претходној години, примена *ProCa* резултирала је већим садржајем укупних антоцијана у поређењу са осталим третманима. Наиме, *ProCa* третмани су испољили значајно већу вредност садржаја укупних антоцијана у односу на контролни (17,54 mg екв. цијанидин-3-глукозида · 100 g⁻¹ св.м.пло.) и *2ProCa+2GA₃* (13,42 mg екв. цијанидин-3-глукозида · 100 g⁻¹ св.м.пло.) третман. Највиша вредност је регистрована у *2ProCa* третману (31,91 mg екв. цијанидин-3-глукозида · 100 g⁻¹ св.м.пло.). *Z* и *2Z* третмани испољили су приближну, односно нешто нижу вредност садржаја укупних антоцијана у поређењу са контролом.

5.5.5. Садржај укупних фенола и антиоксидациони капацитет плода сорте малине “Willamette”

Просечне вредности садржаја укупних фенола и антиоксидационог капацитета плода сорте малине “Willamette” у функцији закидања прве серије младих изданака у 2010. години, приказани су у графикону 17.



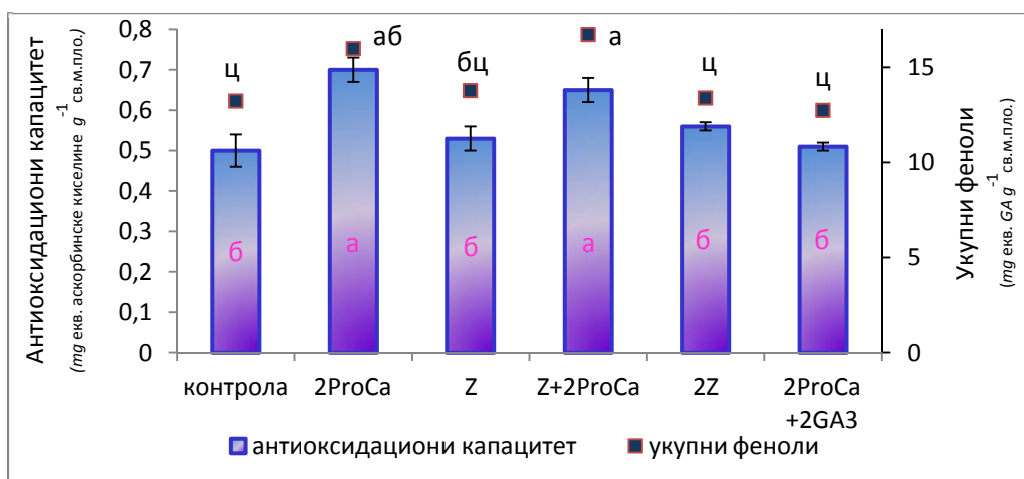
Граф. 17 - Утицај закидања првих серија младих изданака на садржај укупних фенола и антиоксидациони капацитет плода сорте малине “Willamette” у 2010. години (Контрола - без закидања изданака; Z – са једним закидањем изданака; 2Z – са два закидања изданака).

Највећа просечна вредност садржаја укупних фенола регистрована је у 2Z третману (17,71 mg екв. GA g⁻¹ св.м.пло.). Добијена вредност је значајно већа у поређењу са контролом (16,35 mg екв. GA g⁻¹ св.м.пло.) и Z третманом (16,11 mg екв. GA g⁻¹ св.м.пло.), међу којима значајност разлика није установљена.

Анализом добијених резултата за антиоксидациони капацитет плода може се уочити незнатно варирање између анализираних третмана. Просечне вредности кретале су се од 0,60 mg екв. аскорбинске киселине g⁻¹ св.м.пло. у Z третману до 0,64 mg екв. аскорбинске киселине g⁻¹ св.м.пло. у 2Z третману, али значајност разлика између анализираних третмана није установљена.

Просечне вредности садржаја укупних фенола и антиоксидационог капацитета плода сорте малине “Willamette” у 2011. години након примене ProCa и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у графикону 18. Резултати садржаја укупних фенола указују на одсуство значајности разлика између контролног (13,23 mg екв. GA g⁻¹ св.м.пло.), Z

(13,78 mg екв. $GA\ g^{-1}$ св.м.пло.), 2Z (13,39 mg екв. $GA\ g^{-1}$ св.м.пло.) и 2ProCa+2GA₃ (12,74 mg екв. $GA\ g^{-1}$ св.м.пло.) третмана, који су испољили ниже вредности за поменути параметар. У поређењу са њима, значајно веће вредности садржаја укупних фенола регистроване су у Z+2ProCa и 2ProCa третману (15,98 и 16,72 mg екв. $GA\ g^{-1}$ св.м.пло., по редоследу).

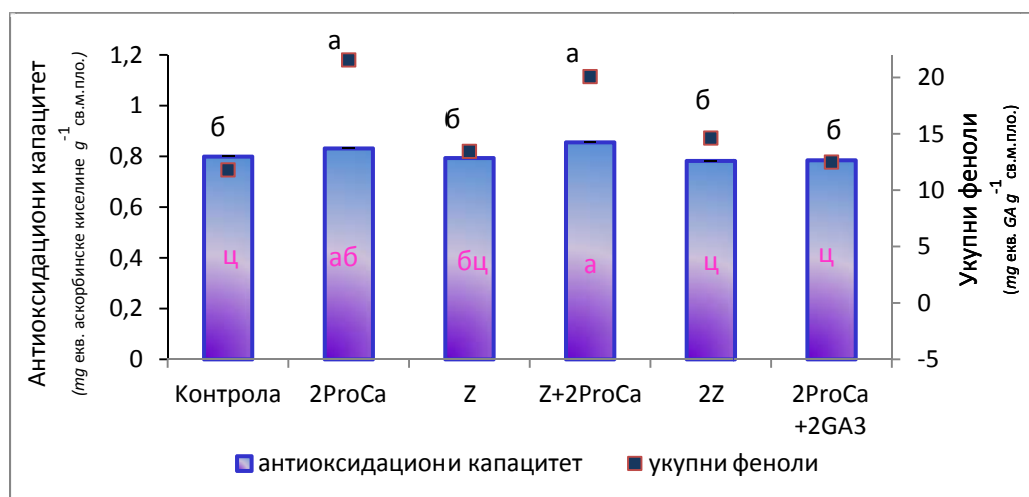


Граф. 18 – Утицај *Prohexadione-Ca* (ProCa) и закидања првих серија младих изданака на садржај укупних фенола и антиоксидациони капацитет плода сорте малине “Willamette” у 2011. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања ProCa; 2ProCa – са два третирања ProCa; Z – са једним закидањем изданака; Z+2ProCa - са једним закидањем изданака и са два третирања ProCa; 2Z – са два закидања изданака; 2ProCa+2GA₃ - са два третирања ProCa и непосредно затим гиберелинском киселином).

У поређењу са осталим третманима примена ProCa, самостално или у комбинацији са једним закидањем изданака, резултирала је значајно већим вредностима антиоксидационог капацитета (0,70 и 0,65 mg екв. аскорбинске киселине g^{-1} св.м.пло., по редоследу). Примењена мера закидања изданака допринела је незнатном повећању антиоксидационог капацитета у плоду испитиване сорте у односу на вредности измерене у плодовима контролних биљака (0,50 mg екв. аскорбинске киселине g^{-1} св.м.пло), али значајност разлика није установљена.

Просечне вредности садржаја укупних фенола и антиоксидационог капацитета плода сорте малине “Willamette” у 2012. години након примене ProCa и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказани су у графикону 19. Као и у претходној испитиваној години, садржај фенола пратио је добијене вредности антиоксидационог капацитета плода

испитиване сорте. Значајно веће вредности регистроване су у *Z+2ProCa* (20,07 mg екв. *GA g*⁻¹св.м.пло.) и *2ProCa* третману (21,56 mg екв. *GA g*⁻¹св.м.пло.) у поређењу са осталим третманима, укључујући контролу.



Граф. 19 - Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на садржај укупних фенола и антиоксидациони капацитет плода сорте малине “Willamette” у 2012. години (Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином).

Анализом вредности антиоксидационог капацитета плода у 2012. години може се уочити да је примена *ProCa* самостално, а нарочито у комбинацији са закидањем изданака, манифестовала значајно већу вредност антиоксидационог капацитета плода испитиване сорте (0,86 mg екв. аскорбинске киселине g⁻¹св.м.пло.) у поређењу са контролним (0,79 mg екв. аскорбинске киселине g⁻¹св.м.пло.) и плодовима из *2ProCa+2GA₃* и *2Z* третмана (0,78 mg екв. аскорбинске киселине g⁻¹св.м.пло.).

5.5.6. Корелациона зависност између садржаја укупних фенола, укупних антоцијана и антиоксидационог капацитета плода сорте малине “Willamette”

Корелациона зависност између просечних вредности садржаја укупних фенола и антиоксидационог капацитета плода, као и укупних антоцијана и антиоксидационог капацитета плода испитиване сорте по годинама истраживања, приказана је у табели 23.

Анализом података може се уочити позитивна линеарна корелација између садржаја укупних фенола и антиоксидационог капацитета плода код свих испитиваних третмана у трогодишњем периоду истраживања. У 2010. години утврђен је висок степен корелације код сва три испитивана третмана, а највећа вредност коефицијента регистрована је у Z третману (0,93). Средња јака корелација у 2011. години регистрована је само у контролном (0,74) и $2ProCa+2GA_3$ третману (0,60), док је код свих осталих третмана установљена јака корелација између садржаја укупних фенола и антиоксидационог капацитета плода ($r_{xy}>0,90$).

Висок коефицијент корелације регистрован је и у 2012. години код свих анализираних третмана, са изузетком Z третмана (0,78), који је испољио средње јаку корелацију између садржаја укупних фенола и антиоксидационог капацитета плода.

У свим анализираним третманима током трогодишњег периода утврђена је и позитивна корелација између садржаја укупних антоцијана и антиоксидационог капацитета у плоду испитиване сорте малине. Висок коефицијент корелације у 2010. години регистрован је само у Z третману (0,85), док је код контролног и $2Z$ третмана установљена средње јака корелација између укупних антоцијана и антиоксидационог капацитета ($r_{xy}\leq 0,80$).

Таб. 23 – Корелациона зависност између садржаја укупних фенола, укупних антоцијана и антиоксидационог капацитета плода сорте малине “Willamette”

Година	Третман	Pearason-ov коефициент корелације (r_{xy})	
		Корелациони однос између укупних фенола и антиоксидационог капацитета	Корелациони однос између укупних антоцијана и антиоксидационог капацитета
2010	контрола*	0,83	0,77
	Z	0,93	0,85
	2Z	0,88	0,80
2011	контрола	0,74	0,71
	2ProCa	0,98	0,78
	Z	0,97	0,80
	Z+2ProCa	0,95	0,76
	2Z	0,97	0,54
	2ProCa+2GA ₃	0,60	0,51
2012	контрола	0,83	0,77
	2ProCa	0,91	0,79
	Z	0,78	0,72
	Z+2ProCa	0,92	0,65
	2Z	0,95	0,51
	2ProCa+2GA ₃	0,83	0,64

*Контрола - без закидања изданака и без третирања ProCa; 2ProCa –са два третирања ProCa; Z – са једним закидањем изданака; Z+2ProCa - са једним закидањем изданака и са два третирања ProCa; 2Z – са два закидања изданака; 2ProCa+2GA₃ - са два третирања ProCa и непосредно затим гиберелинском киселином.

Вредности коефицијента корелације кретале су се од 0,51 (2ProCa+2GA₃) до 0,80 (Z третман) у 2011. години, односно од 0,51 (2Z) до 0,79 (2ProCa) у 2012. години.

5.6. Сензоричка оцена квалитета плода

Резултати сензоричког теста најважнијих атрибута квалитета плода код сорте малине “Willamette” у функцији закидања изданака приказани су у табели 24. Анализом података може се констатовати да су примењени третмани закидања изданака утицали на бољи сензорички квалитет плода испитиване сорте у поређењу са контролним плодовима, како збирно тако и по већини анализираних параметара.

Таб. 24 – Утицај закидања првих серија младих изданака на сензоричке особине плода сорте малине “Willamette” у 2010. години.

Третман	Атрактивност (0-6)	Укус (0-6)	Арома (0-4)	Конзистенција (0-4)	Укупна оцена
контрола*	4	5	3	3	15
Z	5	5	3	4	17
2Z	6	6	3	3	18

*Контрола - без закидања изданака; Z – са једним закидањем изданака; 2Z – са два закидања изданака.

Међу испитиваним третманима, највећу укупну сензоричку оцену квалитета плода остварио је 2Z третман (18), а најмању контролни третман (15). Посматрано по испитиваним параметрима квалитета плода, највише оцене за атрактивност (6) и укус (6) добили су плодови 2Z третмана, код којих је закидање нових, младих изданака извршено два пута. Плодови из Z третмана, са једним закидањем изданака, су најбоље оцењени за конзистенцију плода (4). У погледу ароме плодова, сва три третмана имају идентичну и релативно високу оцену (3).

Оцене сензоричког теста најважнијих параметара спољашњег изгледа и унутрашњег квалитета плода у 2011. години, након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказане су у табели 25.

Поређењем вредности укупне сензоричке оцене квалитета плода може се уочити да су најнижу оцену остварили контролни, 2Z и 2*ProCa*+2*GA*₃ третмани (13), док је комбинована примена *ProCa* и закидања прве серије младих изданака резултирала највишом оценом квалитета плода (16).

Таб. 25 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на сензоричке особине плода сорте малине “Willamette” у 2011. години.

Третман	Атрактивност (0-6)	Укус (0-6)	Арома (0-4)	Конзистенција (0-4)	Укупна оцена
контрола*	4	3	3	3	13
<i>2ProCa</i>	5	4	3	3	15
<i>Z</i>	4	4	3	3	14
<i>Z+2ProCa</i>	5	4	3	4	16
<i>2Z</i>	4	3	3	3	13
<i>2ProCa+2GA₃</i>	4	3	3	3	13

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; *2ProCa* – са два третирања *ProCa*; *Z* – са једним закидањем изданака; *Z+2ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; *2Z* – са два закидања изданака; *2ProCa+2GA₃* - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гибберелинском киселином.

Највише оцене за атрактивност плода добили су третмани чији изданци су третирани два пута са *ProCa* (5). Једно закидање изданака и примена *ProCa*, појединачно или у комбинацији, резултирала су бољим укусом (4) плода испитиване сорте, што је резултат већег садржаја хемијских компоненти које одређују квалитет плода. У погледу ароме плода, примењени третмани нису имали утицаја и вредновани су истом оценом као контролни третман (3).

Сензоричка оцена најважнијих параметара квалитета плода, односно спољашњег изгледа (атрактивност) и конзумних карактеристика плода у 2012. години након примене *ProCa* и закидања прве серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, приказана је у табели 26.

У 2012. години најнижу укупну сензоричку оцену добили су плодови контролног и *2ProCa+2GA₃* третмана, претежно захваљујући лошије оцењеној атрактивности (4) и конзистенцији плода (3). Посматрано по испитиваним параметрима, највеће оцене су добијене у третману *Z+2ProCa*, што је резултирало максималном укупном сензоричком оценом (20).

Таб. 26 – Утицај *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) и закидања првих серија младих изданака на сензоричке особине плода сорте малине “Willamette” у 2012. години.

Третман	Атрактивност (0-6)	Укус (0-6)	Арома (0-4)	Конзистенција (0-4)	Укупна оцена
контрола*	4	5	4	3	16
2 <i>ProCa</i>	6	5	4	3	19
Z	6	6	4	3	19
Z+2 <i>ProCa</i>	6	6	4	4	20
2Z	4	5	4	4	17
2 <i>ProCa</i> +2GA ₃	4	5	4	3	16

*Контрола - без закидања изданака и без третирања *ProCa*; 2*ProCa* – са два третирања *ProCa*; Z – са једним закидањем изданака; Z+2*ProCa* - са једним закидањем изданака и са два третирања *ProCa*; 2Z – са два закидања изданака; 2*ProCa*+2GA₃ - са два третирања *ProCa* и непосредно затим гиберелинском киселином.

Високу оцену за атрактивност (6) и укус (6) добили су и плодови из третмана са једним закидањем изданака (Z), док је боља конзистенција плода (4) регистрована у третману са два закидања изданака (2Z). У погледу ароме плода, код свих третмана се уочава идентична и највећа оцена (4).

6. ДИСКУСИЈА

6.1. Вегетативни потенцијал малине

Постојање интеракције између вегетативног пораста једногодишњих изданака и репродуктивне фазе код двогодишњих изданака у систему гајења једнородних сорти малине условљава њихову међусобну конкурентност у погледу искоришћавања светлости, воде и хранљивих материја. Истраживања *Waister et al.* (1977) су потврдила да у одсуству младих неродних изданака принос на родним изданцима се повећава, док се при смањеном броју родних изданака образује већи број младих једногодишњих изданака. Стога, одржавање избалансираног вегетативног и генеративног пораста представља основни предуслов профитабилне производње малине. Контролом бујности биљака и регулацијом њиховог вегетативног развоја унапређује се квалитет плода и висина приноса, смањују се производни трошкови и употреба средстава за заштиту биљака, што данас представља значајан фактор у производњи биолошки безбедне хране (*Medjdoub et al.*, 2004).

Једна од примењених мера контроле вегетативног пораста у овим истраживањима је и закидање прве серије младих изданака, које изведено једанпут или два пута није утицало на промену дужине и пречника једногодишњих изданака, као и на број нодуса по дужном метру изданка у поређењу са контролом (без закидања изданака). Добијени резултати су сагласни са истраживањима *Waister et al.* (1977), који су утврдили да закидање младих изданака не утиче на дужину и укупан број интернодија нових изданака. Са друге стране, примена биљног регулатора раста *Prohexadione-Ca* (*ProCa*) утицала је на смањење вегетативног пораста маладих изданака сорте малине “Willamette”, што је потврђено и код ремонтантне сорте малине “Ariadne” (*Palonen & Mohu*, 2009). До сличних резултата се дошло и код других врста воћака (*Medjdoub & Blanco*, 2004; *Southwich et al.*, 2004; *Lo Giudice et al.*, 2004; *Smit et al.*, 2005; *Black*, 2006; *Ramirez et al.*, 2010; *Jacyna & Lipa*, 2010). У третманима у којима је примењен *ProCa* самостално или у комбинацији са закидањем изданака дошло је до значајног смањења дужине изданака. Смањење дужине изданака у овим третманима настало је као резултат скраћивања интернодија, које је било праћено

повећањем броја нодуса по дужном метру изданка. Добијени резултати су у складу са наводима *Palonen & Mohu* (2009), који су установили да две примене *ProCa* код ремонтантне сорте малине "Ariadne" редукују дужину изданака за 29 до 41% у зависности од примењене концентрације (100 и 200 ppm, по редоследу). Просечна дужина изданака измерена код сорте малине "Willamette" генерално је већа од вредности до којих су дошли *Eyduran et al.* (2008) за исту сорту гајену у условима Турске, што се може објаснити различитим еколошким условима и њиховом погодношћу за производњу малине. Исти аутори су установили скоро два пута већу вредност пречника изданака у поређењу са резултатима приказаним у овом раду. Смањење пречника изданака настало је услед примене *ProCa* и сагласно је са раније добијеним резултатима *Palonen & Mohu* (2009). Са друге стране, закидање младих изданака резултирало је смањењем вегетативног пораста само у 2012. години, које није било праћено значајним скраћивањем дужине интернодија у поређењу са контролом. Добијене вредности за поменућу годину су у складу са наводима *Nenadića* (1986), који истиче да се касније развијени млади изданци, након закидања прве серије изданака, карактеришу слабијим вегетативним порастом. Међутим, с обзиром да су измерене просечне вредности дужине и пречника изданака знатно мање у 2012. години и да поменути ефекат није регистрован у претходним годинама реализације експеримента, редукција вегетативног пораста може бити и последица стреса изазваног већим средњим вредностима температуре у вегетационом периоду у 2012. години (16,3°C) у поређењу са 2011. годином (14,1°C) и вишегодишњим просеком (14,3°C). Високе температуре током интензивног пораста изданака малине у 2012. години биле су праћене и знатном нижом сумом падавина у вегетационом периоду (416,8 mm) што је такође успорило развој изданака и утицало на слабији вегетативни пораст.

6.2. Физиолошке особине малине

Ефекти биљних регулатора раста из групе инхибитора биосинтезе гибберелина (*GA*) праћени су преко промена у морфолошком развоју биљака, првенствено смањењу дужине интернодија, али и преко физиолошких промена биљака, које се јављају као последица споредних ефеката њихове примене. Прекусори *GA* у метаболичким процесима биљака повезани су са синтезом

стерола, каротеноида, биљних хормона (абцисинска киселина, цитиокинини, етилен), антоцијана и других једињења (*Rademacher et al.*, 1992; *Grossmann*, 1992; *Grossmann et al.*, 1994; *Rademacher et al.*, 1998; *Rademacher*, 2000). Стога, примена биљних регулатора, који инхибирају биосинтезу *GA* на различитим ступњевима синтезе до активних облика *GA*, може индиректно утицати на одређене метаболичке путеве и ензимске реакције повезане са тим процесима (*Rademacher*, 2000).

Гиберелини имају кључну улогу у процесима растења, издуживању биљних органа, старењу и контроли времена цветања (*Ouzounidou et al.*, 2008; *Yamaguchi*, 2008; *Yu et al.*, 2009). Цветање је критична фаза у развоју биљака и условљена је квалитетом светлости (дужина дана), температуром средине (процес јаровизације), факторима стреса, али и нивоом и односом биљних хормона који учествују у регулацији цветања (*Putterill et al.*, 2004). Генерално, *GA* су доминантни биљни хормони који подстичу прелазак биљака из вегетативне у генеративну фазу (*Domagalska et al.*, 2010). Низом експеримената на врсти “*Arabidopsis*”, мутанту који се карактерише патуљастим растом и касним цветањем услед модификације структурних гена који учествују у биосинтези активних облика гибберелина, установљена је тесна веза између експресије ових особина и смањеног садржаја гибберелина (*Koornneef et al.*, 1991; *Magome et al.*, 2004; *Domagalska et al.*, 2010). Важност *GA* у контроли времена цветања “*Arabidopsis*”-а први пут је установио *Langridge* (1957), који је доказао да егзогена апликација *GA* убрзава поменућу фенофазу. Како су ефекти *ProCa* везани за инхибицију активних облика гибберелина, сугерисано је да његова примена може утицати на ток фенофазе цветања, број цветова и појаву повратног цветања (*Lo Giudice et al.*, 2004; *Sugar et al.*, 2004; *Smit et al.*, 2005; *Palonen & Mohu*, 2008). Примена *ProCa* на једногодишњим изданцима малине у овом експерименту није утицала на одступање почетка цветања двогодишњих изданака у односу на контролни третман. Код једнородних сорти малине вегетативни пораст и индукција цветања су временски раздвојени, што може омогућити манипулацију вегетативним порастом без утицаја на фенофазу цветања. Просечно време цветања и зрења испитиване сорте, као и број дана трајања ових фенофаза у

складу су са наведеним карактеристикама сорте “Willamette” гајене у еколошким условима наших малиногорја (Nikolić & Milivojević, 2010).

Садржај хлорофила *a* и *b* и каротеноида, главних пигмената у листовима биљака, пружа важне информације о физиолошком статусу биљака, јер је количина апсорбоване енергије од стране листова директно у функцији садржаја фотосинтетских пигмената (Šabajeviene *et al.*, 2008). Досадашња истраживања утицаја биљних регулатора на процес фотосинтезе код биљака дала су врло различите резултате, при чему су регистрована смањења (Wampl & Culver, 1983; Ouzounidov *et al.*, 2011), неутрална реакција (Wood, 1984) или повећања фотосинтетске активности (Elfving & Proctor, 1986). На основу добијених података у овом експерименту може се закључити да примена *ProCa* и закидања серије младих изданака, појединачно или у комбинацији, није утицала на промену концентрације хлорофила *a* и каротеноида у листовима малине у поређењу са контролним биљкама. Значајно већа просечна вредност хлорофила *b* регистрована је током обе испитиване године у *2ProCa* и *Z+2ProCa* третманима. С обзиром да су просечне вредности хлорофила *b* у третману са једним или два закидања изданака биле приближне вредностима добијеним код контролних биљака, може се закључити да примена *ProCa* доприноси повећању концентрације хлорофила *b*. Третман *ProCa* проузроковао је значајно повећање садржаја фотосинтетичког пигмента хлорофила *b* у поређењу са нетретираним биљкама, што је у сагласности са резултатима Fletcher & Hofstra (1985) и Bekheta *et al.* (2006) код којих је употреба ретарданта раста резултирала модификацијама као што су повећање садржаја хлорофила и увећање димензија и броја хлоропласта, чиме је интензивирао и процес фотосинтезе. Стога поменуте модификације проузрокују како морфолошке, тако и физиолошке промене код третираних биљака, као што је увећање палисадног паренхима-хлоренхима и дебљине листа (Sabatini *et al.*, 2003). Хлоренхим је у тесној вези са проводним ткивом како би се материје створене у фотосинтези што ефикасније преносиле до свих делова биљке. Са друге стране, дебљањем листова је повећана отпорност на стресне факторе животне средине, што заједно доприноси бољем физиолошком статусу целе биљке. Добијени резултати су потврђени и другим истраживањима утицаја *ProCa* на фотопродуктивност и садржај фотосинтетских пигмената код јабуке (Miller,

2002; *Medjdoub et al.*, 2007), крушке (*Sabatini et al.*, 2003) и јагоде (*Reekie et al.*, 2005).

Почетак и даље растење биљака, као и процеси старења могу бити условљени различитим ендегеним и егзогеним факторима који утичу на фотосинтетску ефикасност, активност ензима и нутритивну вредност плода (*Yu et al.*, 2009). У нормалним условима растења ниске количине реактивних врста кисеоника (*ROS*), као што су супероксид анјон ($\cdot O_2^-$), хидроксил радикал ($\cdot OH$) и водоник пероксид (H_2O_2), настају као метаболички продукти биљних ћелија (*Cai-Hong et al.*, 2005). Са друге стране, интензивна продукција *ROS* изазива оксидативни стрес, који лимитира растење. Биљна ткива су развила механизам за контролу нивоа *ROS* и заштиту ћелија у условима стреса, који чине ензимске и неензимске компоненте антиоксидационог заштитног система (*Reddy et al.*, 2004; *Demiral & Turkan*, 2005). Стога је присуство *ROS* строго регулисано веома комплексним механизмом њихове продукције са једне и уклањања са друге стране (*Mittler et al.*, 2004). У условима стреса (суша, стрес солима, тешки метали, хербициди, токсини, регулатори раста итд.), када се концентрација *ROS*-а повећа, отпочиње ланчана реакција у којој антиоксидациони ензими као што су каталазе, супероксид дисмутаза и пероксидаза, врше дисмутацију реактивног кисеоника ($\cdot O_2^-$) и уклањање H_2O_2 из ткива биљака (*Meloni et al.*, 2003).

Пероксидазе (*POD*) су мултифункционални ензими, који имају важну физиолошку улогу у процесима растења, пре свега у конституисању ћелијског зида и фенолном метаболизму (*Dragišić Maksimović et al.*, 2008), као и у бројним метаболичким процесима у биљном ткиву. Као део система антиоксидационе заштите, *POD* катализују оксидацију неколико супстрата на рачун H_2O_2 , а њихов ниво се значајно мења у процесима развоја ћелије и под утицајем различитих биотичких и абиотичких фактора (*Barceló et al.*, 2003). Високе вредности активности *POD* у овом експерименту измерене су у свим третманима где је примењена мера закидања изданака, а највећа активност забележена је у *Z+2ProCa* третману. Самостална примена *ProCa* није резултирала променом активности *POD*, која је била на нивоу контроле. Нови млади изданци малине карактеришу се интензивним растењем, а познато је да су пероксидазе са различитих аспеката укључене у процесе растења, чиме се може објаснити

њихова повећана активност у свим третманима након примењене мере закидања. Повећане активности *POD* у поменутих третманима су потврђене и техником визуализације њиховог присуства уз додатно раздвајање протеина према наелектрисању. Изоелектрично фокусирање пероксидаза из листа испитиване сорте малине показало је да се у свим третманима у којима је примењена мера закидања изданака јавља по једна базна (*pI* 9,3) и једна кисела (*pI* 3,6) изоформа више него у осталим третманима. С обзиром да *POD* учествују у антагонистичким процесима као што су лигнификација, инхибиција издуживања ћелија и пролиферација, за сваки од наведених корака задужене су различите *POD* изоформе (Córdoba-Pedregosa et al., 2003). Учешће киселих изоформи је есенцијално у процесима лигнификације (Perrey et al., 1989), а појава киселих изопероксидаза ковалентно везаних за ћелијски зид је потврђена и у нашим претходним испитивањима на малинама (Dragišić Maksimović et al., 2013). Базне изопероксидазе су углавном екстрацелуларне и локализоване у различитим ћелијским компартментима, нпр. у вакуолама, одакле их биљка „ангажује“ по потреби, тј. у стресним ситуацијама (Perrey et al., 1989). Појава базних изоформи је повезана са процесима растења, а такође може бити изазвана повредом ткива (Dragišić Maksimović et al., 2008).

Истовремено, у процесима растења под утицајем различитих ензимских и неензимских фактора долази до продукције H_2O_2 , који представља супстрат за каталазе (*CAT*). H_2O_2 је укључен у врло различите реакције везане за све аспекте растења биљака, као што су развој коренових длачица, диференцијација и лигнификација ксилема, разградња и конструисање ћелијског зида, итд. Поред физиолошке функције H_2O_2 у процесу растења, излагање биљака различитим врстама стреса може повећати његову концентрацију у биљном ткиву. *CAT* представљају једне од најактивнијих ензима у природи јер показују високу специфичност за H_2O_2 , кога разлажу у екстремно кратком времену, нарочито при високим концентрацијама H_2O_2 у биљном ткиву (Mhamdi et al., 2010). Обе примењене мере испитиване у овом раду, закидање младих изданака и апликација *ProCa*, утицале су на повећање активности овог ензима у листовима малине, а највећа вредност регистрована је након њихове комбиноване примене. С обзиром на своју пермеабилност и релативну стабилност, ниво H_2O_2 је ензимски регулисан

од стране каталаза и пероксидаза које су локализоване у скоро свим ћелијским компартментима и одговорне су за фину регулацију нивоа *ROS* у ћелији преко активације и деактивације H_2O_2 (Elstner, 1987). H_2O_2 је кључни сигнални молекул који учествује у читавом низу реакција (Desikan et al., 2003), као и у активацији других значајних сигналних молекула биљака (Ca^{2+} , SA, ABA, JA, ethylene, NO) (Desikan et al., 2004). Сви наведени сигнални молекули и ензими функционишу заједно и имају комплексну улогу у трансдукцији сигнала у одговору на стрес, раст и развој биљака. Тиме се, са једне стране, може објаснити повећање активности *POD* и *CAT* у третираним листовима малине, док са друге стране *ProCa* поред своје основне функције као регулатора раста, повећава отпорност биљака на стрес, што такође може проузроковати повећање активности наведених ензима.

Биљни феноли су природни секундарни метаболити, који чине најчешћу и најраспрострањенију групу ароматичних једињења у биљкама (Daayf & Lattanzio, 2008). Фенолна једињења у биљкама су значајна за пигментацију, репродукцију, отпорност према патогенима, антиоксидациону и *UV* заштиту, синтезу ћелијског зида, као и за бројне друге функције (Lattanzio et al., 2008). Истраживања су показала да фенолни метаболизам није само заштитни механизам од биотичког и абиотичког стреса већ и део молекуларног програма који доприноси нормалном расту и развоју биљака (Noel et al., 2005; Taylor & Grotewold, 2005). Различите агротехничке мере и еколошки фактори могу покренути разне путеве синтезе (Veberič et al., 2012) и изазвати варирање у саставу и садржају фенола у биљном ткиву. У резултатима приказаним у овом раду примењене мере нису утицале на промену садржаја укупних фенола у листовима испитиване сорте малине у 2011. години. Међутим, у наредној години истраживања у контролном, *2ProCa*, *Z+2ProCa*, и *2Z* третману детектован је значајно већи садржај фенола у поређењу *2ProCa+2GA₃* и *Z* третманом. С обзиром да су наведене промене регистроване у 2012. години, ово одступање у садржају укупних фенола настало је вероватно као последица варирања климатских услова између година истраживања и појаве суше праћене високим температурама у 2012. години. То потврђују и средње месечне температуре које су у току три месеца (јун, јул и август) 2012. године

биле за око 3,0°C више од средње месечне температуре најтоплијег месеца (јул) у вишегодишњем просеку.

У здравом зеленом ткиву листа биљака полифенол оксидазе (*PPO*) су, у неактивној форми, локализоване на мембранама тилакоида и не учествују у синтези фенолних једињења (*Vaughn & Duke, 1984*). У процесима старења, стреса или оштећења ћелија долази до активације *PPO* у фенолне оксидазе. У нашем експерименту, у 2011. години након примене *ProCa* и закидања младих изданака није регистровано значајно варирање у активностима овог ензима у поређењу са контролом. У 2012. години, смањене активности *PPO* регистроване су у *Z* и *2ProCa + 2GA₃* третману у којима је истовремено детектован већи садржај укупних фенола. Добијени резултати указују да је однос ензим-супстрат дефинисан нивоом активности *PPO* и садржајем фенолних једињења у листовима испитиване сорте малине.

Значајно већа вредност активности супероксид дисмутаза (*SOD*) регистрована је у листовима нових младих изданака, који су се развили након примењене мере закидања изданака у *Z* и *2Z* третманима и који се карактеришу интензивним растењем. У третманима где је вршена апликација *ProCa* није уочена значајна разлика активности овог ензима у поређењу са контролним биљкама. *Dhindsa et al. (1982)* наводе да гиберелинска киселина представља важан фактор интензивног растења и инхибирања старења ткива путем модификовања процеса липидне пероксидације кроз одржавање високог нивоа активности ензима *SOD*. С обзиром да се редуковање вегетативног пораста након примене *ProCa* базира на инхибицији биосинтезе активних облика гиберелина, непромењена активност овог ензима у третманима са *ProCa* у односу на контролу може се објаснити инхибицијом процеса издуживања.

Оксидативни стрес је укључен у многе биолошке системе, међу којима су и зрење и старење плодова (*Masia, 1998*). Током нормалних процеса зрења долази до повећања садржаја реактивних врста кисеоника паралелно са порастом продукције етилена (*Brennan et al., 1977; Leshem et al., 1986; Masia, 1998; Gong et al., 2001*). Ако слободни радикали нису инактивисани, изазивају липидну пероксидацију (*Dhindsa et al., 1981*), која започиње негативне промене повезане са

процесима зрења плодова (Du & Bramlage, 1994) и старења (Du & Bramlage, 1995).

У том смислу, *CAT* и *SOD* су најважнији ензими који неутралишу слободне радикале и елиминишу токсични H_2O_2 из ткива плода малине. У овом раду обе примењене мере имале су позитиван утицај на активност *CAT* у плодовима испитиване сорте, а највећа активност забележена је у *Z+2ProCa* третману где је *ProCa* примењен након једног закидања прве серије младих изданака. Најнижа активност *CAT* регистрована је у контролном и *2ProCa+2GA₃* третману у коме је гиберелинска киселина примењена у циљу неутрализације ефеката примене *ProCa*. Добијени резултати су у складу са резултатима Ramírez *et al.* (2010), који су утврдили значајно повећање активности каталаза у зрелим плодовима јабуке након третмана биљака са *ProCa*. Слични ефекти примењених мера забележени су и мерењем активности *SOD* у плоду испитиване сорте. Највећа активност *SOD* измерена је у *2ProCa* и *Z+2ProCa* третманима, мада је и самостална примена закидања изданака резултирала већом активношћу поменутог ензима у поређењу са плодовима контролних биљака. Познато је да гиберелини смањују антиоксидациону активност (*CAT*, *SOD* и *APX*) повећавајући ниво *ROS* (Fath *et al.*, 2001). Стога се у плодовима биљака које су третиране са *ProCa*, где је инхибирана синтеза гиберелина, јавља висока активност *SOD*.

Са друге стране, *PPO* и *POD* су главни ензими одговорни за губитак квалитета плода услед фенолне деградације. Фенолна једињења су секундарни метаболити биљака који имају важну улогу у обезбеђивању боје и укуса плодова, а доприносе и њиховим здравствено-корисним ефектима (Tomás-Barberán & Espín, 2001). Њихов садржај у младим плодовима је јако висок и нагло се смањује током процеса зрења. Генерално, сматра се да су *PPO* ензими одговорни за губитак боје плодова (Lattanzio *et al.*, 1994), с обзиром да је оксидација фенолних супстрата катализована од стране *PPO* и да формиран хинони полимеризују у секундарним реакцијама што води до стварања браон пигмента-меланина (Kahn, 1985). Ипак, допринос других ензима губитку боје плода, као што су *POD*, може такође бити значајан (Rolle & Chism, 1987). Данас је утврђено да су губитак боје и фенолна деградација условљени активношћу ензима са једне и количином и саставом фенола са друге стране (Coseteng & Lee, 1987; Burda *et al.*, 1990; Martinez

& Whitaker, 1995). У експерименту изведеном на сорти малине “Willamette” обе примењене мере, закидање првих серија изданака и третман са *ProCa*, резултирале су повећањем активности *PPO* са највећим вредностима детектованим у *Z* и *2Z* третману. Dragišić Maksimović et al. (2013) истичу да акумулација фенолних једињења у плоду малине активира ензиме (полифенол оксидазе или различите пероксидазе), који их користе као супстрат. То потврђују и резултати добијени у овом раду за 2011. и 2012. годину, где су у третманима који укључују примену *ProCa* регистроване значајно веће вредности укупних фенола, чиме се може објаснити и сразмерно већа активност *PPO*. Самостална примена *ProCa* није условила значајну промену активности *POD* у плодовима испитиване сорте у поређењу са контролним плодовима. Са друге стране, у свим третманима где је примењена мера закидања изданака, самостално или у комбинацији са *ProCa*, детектована је већа активност *POD*. Закидањем младих изданака обезбеђује се боља осветљеност двогодишњих изданака, као и њихова снабдевеност водом и хранљивим материјама, што је могло убрзати процес зрења плодова испитиване сорте у време бербе у поређењу са плодовима контролних биљака. Већи степен зрелости може утицати на повећану активност ензима *PPO* и *POD*, с обзиром да се у процесу развоја и зрења плода садржај фенола постепено смањује као последица оксидативних процеса у којима поменути ензими користе ендogene феноле као субстрат (Amioti et al., 1992).

6.3. Генеративни потенцијал малине

Успешна производња малине условљена је првенствено добром експресијом параметара родности и одличним квалитетом плода (Fotirić-Akšić et al., 2011). Интензивирање производње подразумева примену различитих помотехничких мера, које омогућавају управљање генеративним потенцијалом у циљу остваривања високих приноса и беспрекорног квалитета плода, а које између осталих обухватају резидбу и примену регулатора растења. Параметри генеративног потенцијала код малине, као што су број родних гранчица по изданку, број цвасти по родној гранчици, као и остварени принос, најбољи су показатељи оправданости примене одређених мера у производњи малине.

Самостална примена закидања младих изданака у првој експерименталној години је условила значајне разлике у параметрима генеративног потенцијала родних изданака у поређењу са контролом. Сагласно повећању броја нодуса у третманима *2ProCa* и *Z+2ProCa* у претходној години, на двогодишњим изданицима формирао се значајно већи број родних гранчица у поређењу са осталим третманима у обе испитиване године. Позитиван утицај обе мере, самосталне примене *ProCa* и примене *ProCa* у комбинацији са закидањем младих изданака, може се објаснити стварањем бољих услова за разграђивање двогодишњих изданака преко смањењења волумена и густине склопа унутар шпалира. Вредности броја родних гранчица регистроване у *Z* и *2Z* третману нису се значајно разликовале од оних у контролном третману, што указује на чињеницу да је примена *ProCa* допринела испољавању бољих карактеристика родног потенцијала. У 2011. години није запажена значајна разлика у броју цвасти по родној гранчици, док је у наредној години регистровано значајно варирање између третмана за исти параметар. Нека истраживања спроведена на јабукама (*Medjdoub et al.*, 2004) и крушкама (*Southwick et al.*, 2004) нису забележила значајне ефекте *ProCa* на иницијацију цветања. Међутим, истраживања код ремонтантне сорте малине (*Palonen & Mouhu*, 2009) и винове лозе (*Lo Giudice et al.*, 2004) потврдила су смањење броја цветова након примене овог регулатора раста пре цветања. Стога, време примене *ProCa* је од кључног значаја и захтева врло пажљиво проучавање. Постојање два типа изданака у систему гајења једнородних сорти и могућност третирања само вегетативних – неродних изданака са ретардантом раста даје значајну предност овој врсти у поређењу са другим врстама. То је посебно значајно када се узму у обзир негативни ефекти примене овог ретарданта раста на формирање цветова. Испољене разлике у броју цвасти по годинама истраживања могле су настати као последица веома различитих климатских услова у време диференцирања цветних пупољака код малине током експерименталног периода. Диференцирање цветних пупољака је дуготрајан и сложен процес, који зависи од великог броја фактора. Поред смањења бујности, на ранији почетак и диференцирање већег броја цветних пупољака утичу и светлост, температура и влажност земљишта. У септембру 2011. године регистрована је нешто већа температура (18,1 °C) у поређењу са

претходном годином (13,0 °C) и вишегодишњим просеком (14,5 °C), што је повољно утицало на синтезу угљених хидрата који потенцирају формирање цветних пупољака. Светлост је такође битан фактор диференцирања цветних пупољака, а у септембру 2011. године забележена је знатно мања облачност (1,6) у односу на претходну годину (4,6) и вишегодишњи просек (4,5). Већа количина падавина одлаже почетак формирања цветних пупољака. Током септембра 2011. године пало је свега 45,0 mm падавина што је дупло мање од вишегодишњег просека за подручје Крупња (102,4 mm). Веће заметање плодова и последично већи принос регистровани су након примене *ProCa* у неким експериментима код јабуке (Glenn & Miller, 2005) и крушке (Smit et al., 2005). Резултати истраживања на малини приказани у овом раду су показали значајно повећање броја плодова по изданку у третманима са једним закидањем изданака (*Z*) и самосталном применом *ProCa* (*2ProCa*) у поређењу са бројем плодова на контролним изданицима, а највеће вредности регистроване су након њихове комбиноване примене (*Z+2ProCa*). Добијени резултати могу се објаснити већом продукцијом родних гранчица у свим третманима у којима је примењен *ProCa* и смањењем конкурентности изданака уклањањем прве серије младих изданака и стварањем бољих услова за њихов развој. С тим у вези Waister et al. (1977) су закључили да повећање приноса код сорте малине “Norfolk Giant” након закидања изданака настаје као резултат заметања већег броја плодова по родној гранчици или промене величине плода, што је сугерисано и од стране Lawson & Wiseman (1975). У случају броја плодова, свака промена мора бити последица разлике у броју приметних плодова и цветова који се нису развили у плод, пошто се диференцијација цветова дешава током јесени и зиме на изданицима из текуће вегетације када закидање изданака још није примењено. Повећање броја плодова по изданку у овом експерименту било је условљено закидањем изданака, док су разлике у величини плода регистроване само између *2Z* и контролног третмана током прве године истраживања. Eydurán et al. (2008) су у условима Турске добили знатно нижи принос по изданку (96 g) код сорте малине “Willamette” у поређењу са нашим контролним третманом, што је вероватно резултат изузетно повољних еколошких услова у Србији за гајење малине, као и нивоа примене агро и помотехнике. Принос по дужном метру шпалира се кретао у складу са

варирањем приноса по изданку између третмана током друге и треће испитиване године, са изузетком 2Z третмана код кога није уочена значајност разлика у поређењу са контролом.

6.4. Физичка својства плода малине

Физичка својства плода су важан показатељ њиховог квалитета, при чему је маса плода један од најважнијих параметара, који поред других чинилаца у великој мери утиче на висину приноса. На основу низа експеримената изведених код две сорте црвене малине (“Malling Jewel“ и “Norfolk Giant”) у различитим системима гајења и под различитим климатским условима *Waister et al.* (1977) су утврдили постојање конкуренције између вегетативног и генеративног развоја. Добијени резултати физичких својстава плода испитиване сорте малине у овом раду указују да је примењена мера закидања једногодишњих изданака позитивно утицала на масу и димензије плода двогодишњих изданака у 2010. години са значајно већим вредностима регистрованим у третману са два закидања изданака. Истраживање *Nenadić-a* (1986) је потврдило да потпуно уклањање прве серије изданака пре почетка цветања родних изданака има позитивне ефекте на принос и квалитет плода.

Након закидања изданака и примене *ProCa*, самостално или у комбинацији, измерене вредности масе плода у испитиваним третманима нису се значајно разликовале у поређењу са масом плодова контролних биљака. Слично овим резултатима, *Waister et al.* (1977) нису установили значајно варирање масе плода након примењене мере закидања изданака код сорти малине “Malling Jewel“ и “Norfolk Giant”. Према *Finn et al.* (2001) и *Kempler et al.* (2005) просечна маса плода сорте “Willamette” креће од 3,2 до 3,7 g у зависности од локалитета гајења, што је мање од вредности добијених у овим истраживањима за све анализиране третмане и испитиване године. Интересантно је запазити да су добијене вредности масе плода у 2012. години (3,93 g - 4,39 g) ниже у поређењу са вредностима добијеним у 2011. години (4,08 g - 4,59 g) за исти параметар. Постојање варирања у вредностима масе плода по годинама испитивања, може се тумачити различитим метеоролошким условима, односно сумом и распоредом падавина током интензивног пораста и зрења плода малине. У 2012. години

забележена је мања сума падавина током јуна (36,6 *mm*), а нарочито током јула месеца, када је пало свега 24,8 *mm* падавина, што је око пет пута мање од количине падавина излучених у јулу 2011. године (126,6 *mm*).

Код свих испитиваних третмана, параметри дужина и ширина плода, који чине димензије плода, кретали су се пропорционално са масом плода. Према *Milivojević et al.* (2010) плодови сорте “Willamette” се одликују издужено-конусним обликом, што потврђују и вредности индекса облика плода израчунате у овом раду код свих анализираних третмана (>1).

У ботаничком смислу плод малине је збирна коштуница, састављена од великог броја делимично сраслих појединачних сочних коштуница, које су сакупљене око испупчене и полусасушене цветне ложе (*Nikolić & Milivojević*, 2010). Иако није утицала на промене масе плода, самостална примена *ProCa* без закидања изданака резултирала је већим бројем ситнијих коштуница у плоду испитиване сорте. Исти ефекат је забележен у 2011. и 2012. години, што указује да примена *ProCa* доприноси формирању чврстих плодова малине са смањеном склоношћу ка осипању коштуница. Резултати броја коштуница у плоду сорте “Willamette” добијени у овом истраживању, показали су веће вредности у односу на резултате до којих су дошли *Milivojević et al.* (2010) испитујући исту сорту (85,7).

6.5. Хемијска својства плода малине

Сорта малине “Willamette” је позната по свом нутритивном квалитету плода, који се карактерише високим садржајем шећера, киселина и витамина Ц (*Milivojević et al.*, 2011).

Значајно већи садржај растворљиве суве материје у плодовима испитиване сорте малине регистрован је у 2Z третману (9,4%) у првој експерименталној години, када је овај параметар праћен само у функцији закидања изданака. У наредним годинама истраживања резултати садржаја растворљиве суве материје показали су веће вредности у свим третманима у поређењу са контролом. Примена *ProCa* и закидање младих изданака, самостално или у комбинацији, резултирали су повећањем садржаја растворљиве суве материје, која је основни параметар за одређивање квалитета плода, његове употребне и технолошке

вредности. Просечне вредности за обе експерименталне године кретале су се од 10,5% до 11,8% и биле су веће од вредности добијених за сорту “Willamette” од стране *Gülçin et al.* (2011) у условима североисточне Турске (9,7%), али и упоредиве са вредностима до којих су дошли *Milivojević et al.* (2012) за услове београдског Подунавља (10,2%).

Угљени хидрати представљају енергетске и градивне састојке плода малине, а најзначајнији међу њима су глукоза, фруктоза и сахароза (*Mišić, 1998*). Највећа количина укупних шећера регистрована је у плодовима из 2Z третмана (7,07%) у првој експерименталној години, и то као резултат већег садржаја инвертних шећера (6,08%) и сахарозе (0,93%). Примена *ProCa*, самостално или у комбинацији са једним закидањем изданака, резултирала је значајно већим садржајем укупних шећера у наредне две експерименталне године. На основну добијених резултата може се закључити да у структури укупних шећера доминирају инвертни шећери (глукоза и фруктоза), и да су највеће вредности регистроване у *ProCa* третманима. Удео сахарозе је био нижи, а вредности су се кретале од 0,83% до 1,23% и значајније су варирале између третмана. У другој и трећој години испитивања, највећи садржај сахарозе забележен је у *Z+2ProCa* третману где је *ProCa* примењен два пута након једног закидања изданака. Самостално закидање изданака условило је незнатно повећање, али не и статистички значајно веће вредности садржаја испитиваних шећера у поређењу са контролом. Просечне вредности анализираних шећера добијене у третманима са *ProCa* су веће од вредности које наводе *Milivojević et al.* (2012), који су испитивали квалитет плода сорте “Willamette” у условима београдског Подунавља.

Органске киселине, поред доприноса укусу плода, помажу и стабилизацији аскорбинске киселине и антоцијана, као неопходних једињења за одржавање боје плодова и продужено чување свежег и прерађеног воћа (*Zhao, 2007*). *Tešović* (1988) наводи да су органске киселине значајни састојци плода малине са доминантном заступљеношћу лимунске, а затим јабучне и ћилибарне киселине. Вредности садржаја укупних киселина у овом раду, након примењених мера појединачно или у комбинацији, варирале су између испитиваних година и третмана. Виши садржај киселина, поред контролног третмана, испољили су и

плодови из $2ProCa+2GA_3$ и $2Z$ третмана у 2012. години, што је у складу са нижим садржајем растворљиве суве материје у поменутим третманима. Као највећи недостатак сорте малине “Willamette” *Stanisavljević et al.* (2003) истичу висок садржај укупних киселина и недовољно изражену арому. Истраживања *Milivojević et al.* (2011) су такође потврдила висок садржај укупних киселина у плоду сорте “Willamette” ($0,29\text{ mg g}^{-1}$ св.м.пло.), што указује на супериоран квалитет плода ове сорте за потребе индустријске прераде. У свим третманима у којима је примењен испитивани регулатор раста (*ProCa*) регистровано је смањење садржаја укупних киселина, које је било праћено већим садржајем шећера, што је позитивно утицало на конзумне карактеристике плода.

Црвена малина је и одличан извор природних антиоксидационих једињења, који јој дају високу нутритивну, дијететску и лековиту вредност. Присуство витамина Ц у плоду малине, као моћног антиоксиданса, доприноси у великој мери испољеној антиоксидационој активности. Према наводима *Pantelidis et al.* (2007) садржај витамина Ц у плоду црвене малине се креће између 17 и $37\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ св.м.пло. Добијене вредности у овим истраживањима код сорте малине “Willamette” кретале су се од $47,1$ до $66,9\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ св.м.пло. у зависности од године, а између анализираних третмана значајност разлика није установљена. Супротно томе *Ramírez et al.* (2010) су закључили да примена *ProCa* повећава садржај витамина Ц у зрелим плодовима јабуке. Бројна истраживања показала су важну улогу витамина Ц у контроли оксидативних реакција у људском организму и превенцији кардиоваскуларних и канцерогених обољења (*Kaur & Kapoor*, 2001; *Henriquez et al.*, 2008).

У данашње време постоји растући интерес за плодом малине као важним извором биоактивних једињења са антиоксидационом активношћу (*Pantelidis et al.*, 2007). Фенолна једињења битно доприносе испољеној антиоксидационој активности, а бројна истраживања су већ потврдила њихово присуство у плодовима црвене малине, као и њихове здравствено-корисне ефекте (*Wang & Lin*, 2000; *Liu et al.*, 2002; *Kafkas et al.*, 2008). Фенолна једињења се у зависности од хемијске структуре могу поделити у неколико класа, међу којима у плоду малине доминирају флавоноиди, елагитанини и фенолне киселине (*Zhao*, 2007).

Примењене помотехничке мере могу значајно допринети промени фенолног садржаја у ткиву биљака (*Veberič et al.*, 2012), што су у овом раду потврдили и добијени резултати за индивидуалне фенолне компоненте детектоване у плоду малине. Плодови из третмана са два закидања младих изданака имали су већи садржај хексозида 1 *p*-кумаринске киселине ($0,494 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). У поређењу са поменутиим третманом самостална примена *ProCa* резултирала је значајно нижим вредностима за дати параметар ($0,313 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). Сличан тренд уочен је и код садржаја кафеинске киселине у плоду испитиване сорте, која је најнижу вредност показала у *2ProCa* третману. Са друге стране, примена *ProCa* условила је највећи садржај хексозида 2 *p*-кумаринске киселине ($2,032 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.). Укупни садржај деривата хидроксицинамичних киселина кретао се од $1,740 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. у *Z+2ProCa* третману до $2,890 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. у *Z* третману. Добијене вредности су биле веће од вредности које наводе *Kähkönen et al.* (2001) за плод црвене малине.

Флавоноиди су подељени у многе класе укључујући флавоноле, антоцијане, епикатехин, проантоцијанидине и изофлавоноиде (*Shahidi & Naczki*, 1995). У плодовима испитиване сорте регистроване су високе вредности укупних флаванола, који укључују епикатехин и процијанидин димер Б2. Садржај процијанидина Б2 у плодовима испитиване сорте кретао се од $7,4 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. у *Z+2ProCa* третману до $14,2 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. у *2ProCa* третману, али у поређењу са контролним плодовима значајне разлике нису утврђене. Епикатехин је окарактерисан као предоминантни флаванол у плоду црвене малине (*Määttä-Riihinen et al.*, 2004), што је супротно нашим резултатима који су показали већи садржај процијанидин димера Б2 у плоду малине сорте “Willamette”.

У складу са ранијим истраживањима (*Wildanger & Herrmann*, 1973; *Justesen et al.*, 1998; *Häkkinen et al.*, 1999; *Milivojević*, 2008) резултати добијени у овом раду су потврдили присуство кверцетина као доминантног фенола у плоду црвене малине. Комбинована примена *ProCa* и закидања изданака утицала је на повећање садржаја кверцетин-дихексозида ($8,2 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.), кверцетин-3-вицианозида ($3,9 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) и кверцетин-3-галактозида ($4,8 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) у поређењу са свим осталим третманима, међу којима значајност разлика за добијене вредности није установљена. Са друге стране, самостална

примена закидања прве серије изданака резултирала је већим садржајем кверцетин-3-глюкоронида. У поређењу са контролом, значајно већи садржај кампферол-3-глюкоронида регистрован је само у третману са два закидања прве серије младих изданака (2Z). Добијене вредности садржаја кампферола у овом раду су ниже од вредности које наводи *Milivojević* (2008) за сорту "Willamette". Самостална примена *ProCa* или његова примена у комбинацији са закидањем прве серије младих изданака нису значајно утицале на промене садржаја глюкозида изорамнетина у односу на вредности измерене у плоду контролних биљака. Испитиване мере, било примењене појединачно или у комбинацији, утицале су на повећање садржаја укупних флавонола у односу на контролни ($35,8 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) и $2ProCa+2GA_3$ ($38,4 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) третман.

Идентификација и квантификација антоцијана у плоду испитиване сорте у овом експерименту потврдила је наводе *Vukosavljević-a* (2003), који истиче да су доминантно заступљени антоцијани у плоду црвене малине цијанидин-3-глюкозид и цијанидин-3-софорозид, док се остале коњуговане форме цијанидина јављају спорадично. Испитиване мере примењене у комбинацији условиле су значајно већи садржај доминантно заступљених антоцијана, односно цијанидин-3-софорозида и цијанидин-3-глюкозида у плоду испитиване сорте. Самостална примена *ProCa* резултирала је највишим садржајем цијанидин-3-галактозида ($7,6 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) у плоду испитиване сорте, при чему је добијена вредност била десет пута нижа у поређењу са садржајем цијанидин-3-глюкозида за исти третман. У погледу садржаја идентификованих коњугованих форми пеларгонидина, запажа се два до три пута већи садржај пеларгонидин-3-софорозида у односу на вредности пеларгонидин-3-глюкозида у свим испитиваним третманима. Ипак највише вредности за оба поменута једињења су регистроване у $Z+2ProCa$ третману, као што је утврђено и код цијанидин-3-софорозида и цијанидин-3-глюкозида. Повећање садржаја антоцијана у плоду испитиване сорте након примене *ProCa* и закидања младих изданака може се објаснити стварањем бољих светлосних услова путем редукције вегетативног пораста и смањења густине склопа у шпалирском систему гајења малине. Према наводима *Milivojević* (2008), светлост је један од најшире проучаваних фактора спољашње средине, који утиче на метаболизам фенолних једињења, односно стимулише синтезу флавоноида,

посебно антоцијана и у мањем степену гликозида флавонола. Биоактивне компоненте плодова као што су фенолне киселине и различити флавоноиди, имају широк спектар биолошких ефеката и као заштитни састојци у исхрани утичу врло повољно на здравље људи, превенцију рака и хроничних обољења (Veberič, 2010).

Јагодасто воће је главни извор елагинске киселине, која је уобичајено присутна у виду полимера (елагитанина) или гликозидних деривата (Häkkinen et al., 1999; Siriwoharn et al., 2004; Cordenunsi et al., 2005). Резултати овог експеримента показали су врло висок садржај деривата елагинске киселине, чије вредности су се кретале од $275,8 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. (2Z) до $324,9 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло. (2ProCa). Дериват елагинске киселине галоил-бис-*HHDP*-глукоза имао је доминантну заступљеност у плоду сорте малине "Willamette", при чему није уочена значајност разлика у измереним вредностима између испитиваних третмана. Међутим, садржај слободне елагинске киселине, иако знатно нижи у односу на садржај претходно поменутог једињења, био је статистички значајно већи у третману са комбинованом применом закидања изданака и апликацијом ProCa ($68,7 \text{ mg kg}^{-1}$ св.м.пло.) у односу на остале испитиване третмане. У третману са 2 закидања изданака уочене су ниже вредности садржаја пентозида елагинске киселине у поређењу са контролом. Међу дериватима елагинске киселине, 4-*O*-ацетоксилозид је имао најмању заступљеност, без постојања значајности разлика у добијеним вредностима између третмана. Поређењем резултата добијених у овом експерименту за садржај елагинске киселине са литературним наводима, интересантно је запазити да су Milivojević et al. (2011) у својим истраживањима добили знатно ниже вредности за дати параметар код сорте "Willamette". Узимајући у обзир идентификована фенолна једињења у овом експерименту може се констатовати да доминантно место у фенолном профилу код сорте "Willamette" имају антоцијани и деривати елагинске киселине. Ова констатација налази потврду у ранијим наводима Kähkönen et al. (2001), Viljanen et al. (2004) и Beekwilder et al. (2005).

Примењене мере закидања изданака (једно или два) нису значајно утицале на промене у садржају укупних антоцијана у поређењу са контролом у првој експерименталној години. У наредне две године испитивање примене ProCa резултирало је повећањем садржаја укупних антоцијана, при чему су добијене

вредности значајно веће у поређењу са контролним третманом. Нешто више вредности садржаја укупних антоцијана у плоду црвене малине регистровани су *Pantelidis et al.* (2007), што се може објаснити утицајем различитих средина у којима су биљке гајене, руковањем са плодовима након бербе, начином складиштења, али и евентуалним разликама у процедури екстракције.

Садржај укупних фенола показао је сличан тренд са установљеним варирањима садржаја укупних антоцијана између примењених третмана. Добијени резултати указују на чињеницу да су антоцијани једињења која највише доприносе укупном фенолном садржају, и да ће сорте са високим садржајем антоцијана вероватно испољити и високе вредности укупних фенола. У свим третманима у којима је *ProCa* примењен у претходној години регистрован је значајно већи садржај укупних фенола у плоду испитиване сорте. Како мера закидања изданака није допринела значајнијим променама садржаја укупних фенола током целог експерименталног периода у поређењу са контролом, може се закључити да је примена *ProCa*, с обзиром на његово ограничено деловање, допринела индиректно испољавању бољих карактеристика квалитета плода путем регулисања бујности изданака и стварања бољих услова за њихов развој.

Висок садржај укупних антоцијана и фенола у свим *ProCa* третманима резултирао је и високим вредностима укупног антиоксидационог капацитета плода испитиване сорте малине, сагласно раније наведеним резултатима за јабуку од стране *Ramírez et al.* (2010). Снажна корелација установљена између антиоксидационог потенцијала и садржаја укупних фенола и антоцијана у плодовима малине потврђена је бројним истраживањима (*Pantelidis et al.*, 2007; *Milivojević et al.*, 2011; *Dragišić Maksimović et al.*, 2013), што указује на чињеницу да параметар “укупни феноли” може послужити као индикатор антиоксидационог капацитета (*Milivojević et al.*, 2010). Анализом корелационе зависности садржаја укупних фенола и укупног антиоксидационог капацитета у овом експерименту уочена је позитивна линеарна корелација код свих испитиваних третмана у трогодишњем периоду истраживања. Сагласно добијеним резултатима, у истраживањима *Milivojević et al.* (2011) регистрован је висок садржај укупних антоцијана и фенола, као и установљена висока вредност коефицијента корелације (0,97) између поменутих једињења у плоду сорте “Willamette”.

Pantelidis et al. (2007) су установили нижи коефицијент корелације између садржаја укупних антоцијана и антиоксидационог капацитета у поређењу са високом вредности коефицијента између укупних фенола и антиоксидационог капацитета код две сорте црвене малине "Heritage" и "Autumn Bliss", што је сагласно са резултатима добијеним у овом раду код испитиване сорте "Willamette". Наиме, садржај укупних антоцијана у екстрактима плода испитиване сорте малине показао је средње јаку повезаност са укупним антиоксидационим капацитетом код свих испитиваних третмана током трогодишњег експеримента. Веће вредности коефицијента корелације регистроване између садржаја укупних фенола и укупног антиоксидационог капацитета у односу на антоцијане указују да поред антоцијана испољеној антиоксидационој активности плода малине доприносе и нека друга фенолна једињења. С тим у вези, ранија истраживања *Stajčić et al.* (2012) сугеришу да је поред садржаја, тип фенолног једињења битан за детерминисање антоксидационе активности плодова јагодастих воћака. У овом случају, допринос од просечно 17% измереној антиоксидационој активности, поред антоцијана, могла су дати и нека друга идентификована фенолна једињења у плоду испитиване сорте малине, укључујући флаваноле (епикатехин, процијанидин), флавоноле (кверцетин, кампферол) и фенолне киселине (елагинска, *p*-кумарична, кафеинска).

6.6. Сензоричка оцена квалитета плода малине

Важну улогу у потрошњи воћа поред нутритивне вредности, имају и атрибути сензоричког квалитета плода, који укључују спољашњи изглед, текстуру и укус плодова. У том погледу, *Mišić & Nikolić* (2003) наводе да се сорта "Willamette" одликује врло квалитетним плодовима, погодним за потрошњу у свежем стању, смрзавање и прераду.

На основу укупне сензоричке оцене квалитета плода добијене у овом раду за 2010. годину, можемо констатовати да је примењена мера закидања изданака позитивно утицала на квалитет плода, претежно захваљујући високим оценама добијеним за атрактивност (6) и укус плода (6). Добијене оцене су у складу са наводима *Nenadić* (1986), који истиче да уклањање прве серије младих изданака

обезбеђује више светла и хранљивих материја родним изданцима, што позитивно утиче на квалитет плода малине.

Анализом резултата сензоричког теста плода сорте малине “Willamette” у функцији примене *ProCa*, може се уочити да су третмани са *ProCa* и закидањем изданака у другој и трећој години реализације експеримента утицали на бољи сензорички квалитет плода испитиване сорте у поређењу са контролним третманом, како збирно тако и по већини анализираних параметара. Посматрано по испитиваним параметрима, највеће оцене добијене су у третману са комбинованом применом испитиваних мера, што је резултирало укупном оценом 16 у 2011. години и максималном укупном сензоричком оценом 20 у 2012. години. Генерално, вредности укупне сензоричке оцене квалитета плода након примене испитиваних мера су веће у поређењу са резултатима *Nikolić et al.* (2008), у чијим истраживањима је сорта “Willamette” остварила укупну оцену од 14,4 поена. Интересантно је запазити да је укупна сензоричка оцена квалитета плода код свих третмана у 2012. години била већа у поређењу са 2011. годином, што је вероватно резултат већег садржаја и бољег баланса хемијских једињења, која представљају детерминишуће факторе укуса плода малине.

7. ЗАКЉУЧАК

На основу резултата испитивања биолошко-производних особина сорте малине “Willamette” након примене регулатора раста *ProCa* и помотехничке мере закидања прве серије младих изданака, могу се извести следећи закључци:

- Примена регулатора раста *ProCa* и помотехничке мере закидања прве серије младих изданака условљава одређене промене у физиолошком понашању и метаболичким процесима биљака, што резултира променама у порасту, продуктивности и квалитету плодова малине.
- *ProCa* се показао као ефикасно средство за смањење вегетативног пораста и пречника младих изданака. Редукција дужине изданака настала као резултат скраћивања интернодија забележена је током целог експерименталног периода и била је праћена повећањем броја нодуса по дужном метру изданка. Закидање прве серије младих изданака, изведено једном или два пута, није утицало на смањење дужине и значајне промене пречника једногодишњих изданака, као и на број нодуса по дужном метру изданка у поређењу са контролом (без третмана).
- Обе испитиване мере, примењене појединачно или у комбинацији, нису утицале на одступања у почетку фенофаза цветања и зрења двогодишњих изданака у односу на контролни третман. На основу просечних вредности добијених за трогодишњи период испитивања на подручју Крупња где је експеримент реализован, може се констатовати да фенофаза цветања код сорте “Willamette” почиње 11.05., а фенофаза зрења 09.06. Запажа се и приближно трајање поменутих фенофаза од 34, односно 35 дана.
- Као последица споредних ефеката примене *ProCa* и закидања серије младих изданака забележене су промене у физиолошком статусу биљака, односно концентрацији фотосинтетских пигмената и активности ензима антиоксидационог заштитног система. Ниједан од анализираних третмана није утицао на промену концентрације хлорофила *a* и каротеноида, док је примена *ProCa*, самостално или у комбинацији са једним закидањем изданака, знатно повећала концентрацију хлорофила *b* у листовима испитиване сорте малине.
- Самостална примена *ProCa* у овом експерименту није условила промену активности пероксидаза (*POD*), које су са различитих аспеката укључене у процесе растења. Стога, високе вредности активности *POD* су измерене у

листовима нових младих изданака, који су се развили и интензивно расту након самосталне примене закидања прве серије изданака или комбиноване примене са *ProCa*. Значајно повећање активности ензима каталаза (*CAT*) у листовима малине је такође регистровано у третману са комбинованом применом закидања изданака и *ProCa*. У свим третманима где је примењена мера закидања, у листовима нових младих изданака регистровано је повећање активности супероксид дисмутаза (*SOD*). Иако примена *ProCa* изазива стресно стање путем блокаде издуживања изданака, самостална примена *ProCa* није резултирала значајном променом активности *SOD* у листовима малине. На основу резултата добијених за активност полифенол оксидаза (*PPO*) и садржај укупних фенола у листу испитиване сорте може се закључити да у 2011. години није запажен значајан утицај примењених мера на добијене вредности, док се у 2012. години уочавају значајна варирања у активности *PPO* између анализираних третмана, која су корелирала са променама садржаја укупних фенола. Наиме, значајно нижа активност *PPO* регистрована је у листовима из *2ProCa* и контролног третмана (75,58 и 89,94 $U \cdot mg^{-1}$ прот., по редоследу), који су истовремено испојили највећи садржај укупних фенола.

➤ Смањењем вегетативног пораста и стварањем бољих услова за развој плодова примењене мере утицале су и на активност ензима антиоксидационе заштите значајних са аспеката очувања хранљиве вредности и сензоричког квалитета плода малине. Обе испитиване мере, а нарочито примењене у комбинацији, утицале су на повећање активности ензима *CAT* и *SOD*, који елиминишу слободне радикале и токсични H_2O_2 из ткива плода малине. Значајно повећање активности *PPO* у плодовима испитиване сорте регистровано је у свим третманима у односу на контролни и *2ProCa+2GA₃* третман, с тим да је највећа активност поменутог ензима измерена у третманима са једним и са два закидања изданака. Самостална примена *ProCa* није условила значајну промену активности *POD* у плодовима испитиване сорте у поређењу са контролним третманом. Са друге стране, у свим третманима где је примењена мера закидања изданака, самостално или у комбинацији са *ProCa*, детектована је већа активност *POD*. Повећане активности *POD* у поменутих третманима су потврђене и техником изоелектричног фокусирања, која је и визуелно показала да се у свим третманима

у којима је примењена мера закидања изданака јавља по једна додатна базна (pI 9,3) и кисела (pI 3,6) изоформа.

➤ Сагласно повећању броја нодуса по дужном метру изданка у свим третманима у којима је примењен *ProCa* на једногодишњим изданцима у претходној години, значајно већи број родних гранчица се запажа на двогодишњим изданцима у поређењу са контролом и изданцима из третмана са закидањем у другој и трећој испитиваној години. Већа продукција родних гранчица на изданцима малине након примене *ProCa*, резултирала је повећањем броја плодова по изданку, а највеће вредности регистроване су након комбиноване примене закидања изданака и апликације *ProCa*. Принос по дужном метру шпалира се током друге и треће испитиване године кретао у складу са варирањем приноса по изданку између третмана, са изузетком третмана са два закидања изданака код кога није уочена значајност разлика у поређењу са контролом за број плодова по изданку и принос по дужном метру шпалира.

➤ Мера закидања првих серија младих изданака је у 2010. години испољила позитиван утицај на масу и димензије плода двогодишњих изданака са значајно већим вредностима регистрованим у третману са два закидања изданака. Међутим, у 2011. и 2012. години значајне разлике у маси плода нису уочене између примењених третмана, као ни у поређењу са контролом. Параметри дужина и ширина плода, који чине димензије плода, кретали су се пропорционално са масом плода. На основу вредности добијених током реализације експеримента запажа се да је вредност индекса облика у свим третманима већа од 1, што одговара претежно конусном облику плода испитиване сорте. Самостална примена *ProCa* без закидања изданака резултирала је већим бројем ситнијих коштуница у плоду испитиване сорте.

➤ Закидање прве серије младих изданака и примена *ProCa* на једногодишњим изданцима малине, изведени појединачно или у комбинацији, позитивно су утицали на хемијске особине плодова испитиване сорте. У свим експерименталним годинама забележено је повећање садржаја растворљиве суве материје и укупних шећера у свим третманима у поређењу са контролом. На основну добијених резултата може се закључити да у структури укупних шећера садржаних у плоду испитиване сорте доминирају инвертни шећери (глукоза и

фруктоза), и да су највеће вредности регистроване након примене *ProCa*. Садржај укупних киселина је током испитиваних година значајније варирао између третмана, али највеће вредности су забележене у контролном третману у складу са регистрованим нижим садржајем растворљиве суве материје. Испитивани регулатор раста (*ProCa*) утицао је на смањење садржаја укупних киселина, које је било праћено већим садржајем шећера, што је позитивно утицало на конзумне карактеристике плода. Резултати садржаја витамина Ц указују да примењене мере нису условиле значајно варирање у садржају поменутог једињења између анализираних третмана током експерименталног периода.

➤ Садржај индивидуалних фенолних компоненти у плоду испитиване сорте указује на постојање варирања у добијеним вредностима између анализираних третмана зависно од проучаваног фенолног једињења. С тим у вези треба истаћи да је закидање изданака утицало на повећање садржаја хексозида 1 *p*-кумаринске и кафеинске киселине, док је примена *ProCa* резултирала већим садржајем хексозида 2 *p*-кумаринске киселине. Из групе флаванола детектован је већи садржај процијанидина Б2 у плоду испитиване сорте, а примењене мере нису утицале на значајно варирање у садржају поменутог једињења. Резултати добијени у овом раду су потврдили присуство кверцетина као доминантног фенола у плоду црвене малине. Комбинована примена *ProCa* и закидања изданака утицала је на повећање садржаја кверцетин-дихексозида, кверцетин-3-вицианозида и кверцетин-3-галактозида у поређењу са свим осталим третманима. Са друге стране, примена закидања прве серије изданака условила је повећање садржаја кверцетин-3-глюкоронида и кампферол-3-глюкоронида. Испитиване мере нису значајно утицале на промене садржаја глукозида изорамнетинола у односу на вредности измерене у плоду контролних биљака. Након примене *ProCa* и закидања младих изданака дошло је до повећања садржаја различитих антоцијана у плоду испитиване сорте услед стварања бољих светлосних услова путем редукције вегетативног пораста и смањења густине склопа у шпалирском систему гајења малине. Испитиване мере примењене у комбинацији условиле су значајно већи садржај доминантно заступљених антоцијана, односно цијанидин-3-софорозида и цијанидин-3-глукозида у плоду сорте малине “Willamette”. Садржај пеларгонидин-3-софорозида био је два до три пута већи у односу на вредности

пеларгонидин-3-глукозида у плодовима испитиване сорте, а комбинована примена испитиваних мера условила је значајно веће вредности код оба наведена једињења у односу на друге третмане и контролу. Међу бројним фенолним компонентама, у плоду испитиване сорте детектована је и висока концентрација слободне елагинске киселине и деривата елагинске киселине галоил-бис-*HHDP*-глукозе. Комбинована примена закидања изданака са апликацијом *ProCa* резултирала је значајно већим садржајем слободне елагинске киселине у поређењу са осталим анализираним третманима.

➤ На основу добијених вредности садржаја укупних антоцијана у анализираним третманима може се констатовати повећање садржаја укупних антоцијана у третману са *ProCa*, при чему су добијене вредности значајно веће у поређењу са контролним третманом. Сличан тренд уочен је и у садржају укупних фенола са установљеним варирањима између примењених третмана. Добијени резултати указују на чињеницу да су антоцијани једињења која највише доприносе укупном фенолном садржају плода малине.

➤ Вредности укупног антиоксидационог капацитета плода испитиване сорте малине кретале су се пропорционално садржају укупних антоцијана и фенола, тако да је највећа просечна вредност укупног антиоксидационог капацитета регистрована у *ProCa* третманима. Између садржаја укупних фенола и антиоксидационог капацитета плода, као и укупних антоцијана и антиоксидационог капацитета плода установљена је позитивна линеарна корелација код свих испитиваних третмана у трогодишњем периоду истраживања, што је уједно и потврда да су фенолна једињења имала значајан допринос у испољеној антиоксидационој активности.

➤ Резултати сензоричког теста најважнијих параметара квалитета плода указују да су примењене мере позитивно утицале на квалитет плода испитиване сорте малине како збирно, тако и по већини анализираних параметара. Претежно су високе оцене добијене за атрактивност, укус и конзистенцију плода, док се оцена за арому плода није мењала након примене испитиваних мера.

➤ Утврђена одступања климатских чинилаца у 2012. години резултирала су смањењем вегетативног пораста биљака и повећањем активности ензима антиоксидационе заштите, као и садржаја фенола у листовима и плодовима

малине. Истовремено, већи број родних гранчица и цвасти по изданку у 2012. години настао је као резултат изузетно повољних температурних и светлосних услова током септембра 2011. године, када почиње процес диференцирања цветних пупољака код црвене малине. Неповољан распоред падавина у 2012. години, нарочито у време интензивног пораста плода условио је смањење просечне масе плода у односу на резултате добијене у претходне две године експеримента. Са друге стране, више сунчаних дана у време зрења плодова током 2012. године допринело је бољој избалансираности једињења садржаних у плоду, што је свеукупно утицало на бољи укус и већу сензоричку оцену квалитета плода. Због постојања варирања у климатским условима између година испитивања, као и специфичности примењених третмана по годинама, резултати нису приказани као просечне вредности за трогодишњи период.

➤ Појава варијабилности у биолошко-производним карактеристикама сорте малине “Willamette” између анализираних третмана указује да примењена мера закидања првих серија младих изданака и хемијска регулација бујности изданака који се развију у следећој серији могу значајно допринети унапређењу производње, повећању приноса и квалитета плода малине. Примена *ProCa* показала се ефикасном у смањењу вегетативног пораста, повећању приноса и испољавању бољег хемијског, нутритивног и сензоричког квалитета плода испитиване сорте. Са друге стране, закидање младих изданака без примене *ProCa* није значајно утицало на вегетативни пораст и продуктивност, али је индиректно допринело побољшању хемијских и сензоричких карактеристика плодова у односу на контролни третман. Стога, једно закидање изданака комбиновано са применом *ProCa* у концентрацијама од 125 и 200 *ppt* када млади изданци достигну висину до 30 *cm* може се препоручити као адекватна мера за успостављање избалансираног односа вегетативног пораста и генеративног потенцијала, и побољшање квалитета плода у комерцијалној производњи малине.

8. ЛИТЕРАТУРА

- Aebi, H., 1983. Catalase. In: Bergmeyer, HU Verlag Chemie (eds) Methods of enzymatic analysis, 2nd edn. Weinheim, Germany.
- Allen, R.D., Webb, R.P., Schake, S.A. 1997. Use of transgenic plants to study antioxidant defenses. *Free Radical Biology and Medicine*, 23:473-479.
- Amiot, M.J., Tacchini, M., Aubert, S., Nicolas, J. 1992. Phenolic composition and browning susceptibility of various apple and pear cultivars and maturity. *Journal of Food Science*, 57:958-962.
- Apel, K., Hirt, H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55:373-399.
- Arnao, M.B., Cano, A., Acosta, M. 1999. Methods to measure the antioxidant activity in plant material. A comparative discussion. *Free Radical Research*, 32:89-96.
- Arts, I.C., Van de Putte, B., Hollman, P.C. 2000. Catechin contents of foods commonly consumed in The Netherlands. 1. Fruits, vegetables, staple foods, and processed foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48:1746-1751.
- Bailey, L.F., McHargue, J.S. 1943. Enzyme activity in tomato fruits and leaves at different stages of development. *American Journal of Botany*, 30:763-766.
- Bañados, M.P., Zoffoli, J.P., Soto, A., González, J. 2002. Fruit firmness and fruit retention strenght in raspberry cultivars in Chile. *Acta Horticulturae*, 585:489-493.
- Bannister, J.V., Bannister, W.H., Rotilio, G. 1987. Aspects of structure, function, and applications of superoxide dismutase. *Critical Reviews in Biochemistry*, 22:111-180.
- Barceló, A.R., Pomar, F., López-Serrano, M., Pedreño, M.A. 2003. Peroxidase: a multifunctional enzyme in grapevines. *Functional Plant Biology*, 30:577-591.
- Beattie, J., Crozier, A., Duthie, G. 2005. Potential health benefits of berries. *Current Nutrition and Food Science*, 1:71-86.
- Basak, A., Rademacher, W. 2000. Growth regulation of pome and stone fruit trees by use of prohexadione-Ca. *Acta Horticulturae*, 514:41-51.
- Beekwilder, J., Jonker, H., Meesters, P., Hall, R.D., Van de Meer, I.M., Ric de Vos, C.H. 2005. Antioxidants in raspberry: on-line analysis links antioxidant activity

- to a diversity of individual metabolites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 3313-3320.
- Bekheta, M.A., Şahbaz, R., Lieberei, R. 2006. Uniconazole-induced changes of stress responses of *Vicia faba*: phenolase activation serves as an indicator for membrane stability. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 80:129-134.
- Bellani, L.M., Guarnier, M., Scialabba, A. 2002. Differences in the activity and distribution of peroxidases from three different portions of germinating *Brassica oleracea* seeds. *Plant Physiology*, 114:102-108.
- Bergqvist, J., Dokoozlian, N., Ebisuda, N. 2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the central San Joaquin Valley of California. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52:1-7.
- Black, B.L. 2006. Strawberry runner suppression with prohexadione-calcium. *Acta Horticulturae*, 708:249-252.
- Blokhina, O., Virolainen, E., Fagerstedt, K.V. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Annals of Botany*, 91:179-194.
- Bowler, C., Van Montagu, M., Inzé, D. 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43:83-116.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72:248-254.
- Braun, J.W., Garth, J.K.L. 1984. Growth and fruiting of 'Heritage' primocane fruiting red raspberry in response to daminozide and ethephon. *Journal of the American Society Horticultural Science*, 109:207-209.
- Brennan, T., Van Montagu, M., Inze, D. 1977. Involvement of hydrogen peroxide in regulation of senescence in pear. *Plant Physiology*, 59:411-416.
- Bruce, R.J., West, C.A. 1989. Elicitation of lignin biosynthesis and isoperoxidase activity by pectic fragments in suspension culture of castor bean. *Plant Physiology*, 91:889-897.

- Bueno, P., del Rio, L.A. 1992. Purification and properties of glyoxisomal cuprozinic superoxide dismutase from watermelon cotyledons (*Citrullus vulgaris* Cchard). Plant Physiology, 98:331-336.
- Bulatović, S. 1991. Savremeno voćarstvo, Nolit, Beograd.
- Burda, S., Oleszek, W., Lee, C.Y. 1990. Phenolic compounds and their changes in apples during maturation and cold storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 38:945-948.
- Byers, E., Yoder, K.S. 1999. Prohexadione-calcium inhibits apple, but not peach tree growth, but has little influence on apple fruit thinning or quality. Horticultural Science, 34:1205–1209.
- Vazquez-Araujo, L., Chambers, E., Adhikari, K., Carbonell-Barrachina, A.A. 2010. Sensory and physicochemical characterization of juices made with pomegranate and blueberries, blackberries, or raspberries. Journal of Food Science, 75:398-404.
- Vaidyanathan, H., Sivakumar, P., Chakrabarsty, R. Thomas, G. 2003. Scavenging of reactive oxygen species in NaCl-stressed rice (*Oryza sativa* L.)-differential response in salt-tolerant and sensitive varieties. Plant Science, 165:1411-1418.
- Van Camp, W., Inzé, D., Van Montagu, M. 1997. The regulation and function of tobacco superoxide dismutases. Free Radical Biology and Medicine, 23:515-520.
- Vaughn, K.C., Duke, S.O. 1984. Function of polyphenol oxidase in higher plants. Physiologia Plantarum, 60:106–112.
- Veberič, R. 2010. Bioactive compounds in fruit plants. El. knjiga, Biotehniška fakulteta, Ljubljana.
- Veberič, R., Slatnar, A., Jakopič, J., Štampar, F., Mikulič Petkovšek, M. 2012. Primarni i sekundarni metaboliti u voću. Zbornik radova i apstrakata 14-og Kongresa voćara i vinogradara Srbije sa međunarodnim učešćem, Vrnjačka Banja, Srbija, 9:55-62.
- Veličković, M. 2002. Voćarstvo. „GND- produkt“, Beograd.
- Veličković, M. 2004. Opšte voćarstvo I: biologija i ekologija voćaka. Poljoprivredni fakultet, Beograd, pp 319.

- Veličković, M., Vulić, T., Milinković, L., Stanisavljević, M. 2004. Vegetativni i generativni potencijal važnijih sorti i selekcija maline u agroekološkim uslovima Dragačevskog malinogorja. *Jugoslovensko voćarstvo*, 38:101-108.
- Villardel, P., Carbo, J., Bonany, J., Guanter, G. 2000. Foliar application of prohexadione-Ca for reducing vegetative growth of apple and pear trees. *Journales de Experimentacion en Fruticultura*, 21:217-223.
- Viljanen, K., Kylli, P., Kivikari, R., Heinonen, M. 2004. Inhibition of protein and lipid oxidation in liposomes by berry phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52:7419-7424.
- Vicuna, D. 2005. The role of peroxidases in the development of plants and their responses to abiotic stresses. Doctoral theses, Institute of Technology, Dublin.
- Voća, S., Duralija, B., Družić, J., Skenderović-Babojelić, M., Dobričević, N., Čmelik, Z. 2006. Influence of cultivation systems on physical and chemical composition of strawberry fruits cv. Elsanta. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71:171-174.
- Vukosavljević, P., Bukvić, B., Janković, M., Mašović, S. 2003. Change of anthocyanins content during raspberry extraction. *Journal of Agricultural Sciences*, 48:85-102.
- Vulić, J. 2009. Konzerviranje maline zamrzavanjem. *Tehnologija hrane*.
www.tehnologijahrane.com.
- Vulić, T., Veličković, M., Jevtić, V. 1999. Klimatske specifičnosti glavnih malinarskih rejona Srbije. *Zbornik radova XIV savetovanja Unapređenje proizvodnje voća i grožđa*, Beograd, 5:279-286.
- Gavrilović-Damnjanović, J., Mitrović, O., Stanisavljević, M. 2004. Pogodnost ploda nekih sorti maline za zamrzavanje. *Jugoslovensko voćarstvo*, 38:215-219.
- Ghora, Y., Vasilakakis, M., Stavroulakis, G. 2000. Effect of growth retardants (cycocel, daminozide and paclobutrazol) on growth and development of red raspberries, cv. Autumn Bliss, cultivated under plastic greenhouse conditions in Chania-Crete, Greece. *Acta Horticulturae*, 513:453-458.
- Glen, D.M., Miller, S.S. 2005. Effects of Apogee on growth and whole canopy photosynthesis in spur delicious apple trees. *Horticultural Science*, 40:397-400.

- Gong, Y., Toivonen, P.M.A., Lau, O.L., Wiersma, P.A. 2001. Antioxidant system level in 'Braeburn' apple is related to its browning disorder. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 42:259-264.
- González, E. M., de Ancos, B., Cano, M. P. 1999. Partial characterization of polyphenol oxidase activity in raspberry fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47:4068-4072.
- Goulart, B.L. 1989. Growth and flowering of greenhouse-grown red raspberry treated with plant growth regulators. *HortScience*, 24:296-298.
- Greene, D.W. 1986. Effect of paclobutrazol and analogs on growth, yield, fruit quality, and storage potential of 'Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 111:328-332.
- Greene, D.W. 1999. Tree growth management and fruit quality of apple trees treated with prohexadione-calcium (BAS 125). *HortScience*, 34:1209-1212.
- Grossmann, K. 1990. Plant growth retardants as tools in physiological research. *Plant Physiology*, 78:640-648.
- Grossmann, K. 1992. Plant growth retardants: their mode of action and benefit for physiological research. *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture*, 13:788-797.
- Grossmann, K., König-Kranz, S., Kwiatkowski, J. 1994. Phytohormonal changes in intact shoots of wheat and oil seed rape treated with acylcyclohexanedione growth retardant prohexadione calcium. *Plant Physiology*, 90:139-143.
- Guak, S., Beulak, M., Looney, N.E. 2005. Controlling growth of sweet cherry trees with prohexadione calcium: Its effect on cropping and fruit quality. *Acta Horticulturae*, 667:433-437.
- Gülçin I., Topal, F., Çakmakçı R., Bilsel, M., Gören, A.C, Erdogan, U. 2011. Pomological features, nutritional quality, polyphenol content analysis, and antioxidant properties of domesticated and 3 wild ecotype forms of raspberries (*Rubus idaeus* L.). *Journal of Food Science*, 76:585-593.
- Daayf, F., Lattanzio, V. 2008. Recent advances in polyphenol research, Volume 1, Preface. Blackwell Publishing Ltd, United Kingdom.
- Dale, A., Daubeney, H.A. 1985. Genotype-environment interactions involving British and Pacific Northwest red raspberry cultivars. *HortScience*, 20:68-69.

- Daniel, E.M., Krupnick, A.S., Heur, Y.H., Blinzler, J.A., Nims, R.W., Stoner, G.D. 1989. Extraction, stability, and quantification of ellagic acid in various fruits and nuts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2:338–349.
- Davis, T.D., Steffens, G.L., Sankhla, N. 1988. Triazole plant growth regulators. *Horticultural Reviews*, 10:63-105.
- De Gara, L., De Pinto, M.C., Tommasi, F. 2003. The antioxidant systems vis-a-vis reactive oxygen species during plant pathogen interaction. *Plant Physiology and Biochemistry*, 41:863-870.
- Deighton, N., Brennan, R., Finn, C., Davies, H.V. 2000. Antioxidant properties of domesticated and wild *Rubus* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80:1307-1313.
- Deisseroth, A., Dounce, A. 1970. Catalase: physical and chemical properties, mechanism of catalysis and physiological role. *Physiological Reviews*, 50:319-375.
- Demiral, T., Turkan, I. 2005. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 53:247-257.
- Desikan, R., Hancock, J.T., Neill, S.J. 2003. Oxidative stress signaling. In Hirt, H., Shinozaki, K. (eds.), *Plant responses to abiotic stress: topic in current genetics*. Springer-Berlag, Berlin, Heidelberg, New York. pp. 121-148.
- Desikan, R., Cheng, M.K., Clarke, A., Golding, S., Sagi, M., Fluhr, R., Rock, C., Hancock, J., Neill, S. 2004. Hydrogen peroxide is a common signal for darkness- and ABA-induced stomatal closure in *Pisum sativum*. *Functional Plant Biology*, 31:913-920.
- Devi, K. N., Vyas, A. S., Singh, M.S., Singh, N.G. 2011. Effect of bioregulators on growth, yield and chemical constituents of soybean (*Glycine max*). *Journal of Agricultural Science*, 3:151-159.
- Dokoozlian, N.K., Kliewer, W.M. 1996. Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121:869–874.
- Domagalska, M.A., Sarnowska, E., Nagy, F., Davis, S.J. 2010. Genetic analyses of interactions among gibberellin, abscisic acid, and brassinosteroids in the control

- of flowering time in *Arabidopsis thaliana*. PLoS ONE 5(11): e14012. doi:10.1371/journal.pone.0014012.
- Dragišić Maksimović, J., Maksimović, V., Živanović, B., Hadži-Tašković Šukalović, V., Vuletić, M. 2008. Peroxidase activity and phenolic compounds content in maize root and leaf apoplast, and their association with growth. Plant Science, 175:656-662.
- Dragišić Maksimović, J.J., Živanović, B.D. 2012. Quantification of the antioxidant activity in salt-stressed tissues (Chapter 16). In: Plant Salt Tolerance: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology, Shabala, S., Cuin, T.A. (Eds.), vol. 913, pp. 237-250. Humana Press: Springer Science+Business Media, LLC.
- Dragišić Maksimović, J.J., Milivojević, J.M., Poledica, M.M., Nikolić, M.D., Maksimović, V.M. 2013. Profiling antioxidant activity of two primocane fruiting red raspberry cultivars (*Autumn bliss* and *Polka*). Journal of Food Composition and Analysis, 31:173-179.
- Du, Z., Bramlage, W.J. 1994. Superoxide dismutase activities in senescing apple fruit (*Malus domestica* Borkh.). Journal of Food Science, 59:581-589.
- Du, Z., Bramlage, W.J. 1995. Peroxidative activity of apple peel in relation to development of poststorage disorders. HortScience, 30:205-208.
- Dhindsa, R.S., Plumb-Dhindsa, P., Thorpe, T.A. 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental Botany, 32:93-101.
- Dhindsa, R.S., Plumb-Dhindsa, P.L., Reid, D.M. 1982. Leaf senescence and lipid peroxidation: Effects of some phytohormones, and scavengers of free radicals and singlet oxygen. Physiologia Plantarum, 56:453-457.
- Dwyer, J.P., Bannister, P., Jameson, P.E. 2001. Effects of three plant growth regulators on growth, morphology, water relations, and frost resistance in lemonwood (*Pittosporum eugenioides* A. Cunn.). New Zealand Journal Botany, 33:415-424.
- Egan, H., Kirk, R., Sawyer, R. (Eds) 1981. The Luff Schoorl method. Sugars and preserves. 152-153. In Pearson's chemical analysis of foods. 8th edn. Harlow. UK: Longman Scientific and Technical.

- Elfing, 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., Lang, G.A., Visser, D.B. 2003. Prohexadione-Ca and ethephon reduce shoot growth and increase flowering in young vigorous sweet cherry trees. *HortScience*, 38:293-298.
- Elfving, D.C., Lang, G.A. 2005. Effects of prohexadione-calcium and ethephon on growth and flowering of 'Bing' sweet cherry. *Acta Horticulturae*, 667:439-446.
- Elstner, E.F. 1987. Metabolism of activated oxygen species. In: *The Biochemistry of Plants*. Davies, D.D. ed. Academic Press, San Diego, CA. pp. 253-317.
- Evans, R.R., Evans, J.R., Rademacher, W. 1997. Prohexadione-calcium for suppression of vegetative growth in eastern apples. *Acta Horticulturae*, 451:663-666.
- Evans, J.R., Evans, R.R., Regusci, C.L., Rademacher, W. 1999. Mode of action, metabolism, and uptake of BUS 125W, prohexadione-calcium. *HortScience*, 34:1200-1201.
- Eyduran, S.P., Eyduran, E., Sabit Agaoglu, Y. 2008. Estimation of fruit weight by cane traits for various raspberries (*Rubus idaeus* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 7:3044-3052.
- Zadernowski, R., Naczek, M., Nesterowicz, J. 2005. Phenolic acid profiles in some small berries *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53:2118–2124.
- Zhao, Y. 2007. Berry fruit. Value-added products for health promotion. CRS Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida, USA.
- Jacyna, T., Buczek, M. 2008. Use of bioregulators to hasten sweet cherry canopy development. *Acta Horticulturae*, 795:509-512.
- Jacyna, T., Lipa, T. 2010. Direct and apparent residual effects of prohexadione-calcium applied to young cropping sweet cherry trees. *Acta Agrobotanica*, 63:87–92.
- Jia, H.J., Araki, A., Okamoto, G. 2005. Influence of fruit bagging on aroma volatiles and skin coloration of "Hakuho" peach (*Prunus persica* Batsch.). *Postharvest Biology and Technology*, 35:61–68.
- Jimenez, A., Creissen, G., Kular, B., Firmin, J., Robinson, S., Verhoeyen, M., Mullineaux, P. 2002. Changes in oxidative processes and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. *Planta*, 214:751-758.

- Justesen, U., Knuthsen, P., Leth, T. 1998. Quantitative analysis of flavonols, flavones, and flavanones in fruits, vegetables and beverages by high-performance liquid chromatography with photo-diode array and mass spectrometric detection. *Journal of Chromatography A*, 799:101–110.
- Kandil, H., Eleiwa, M.M.A. 2008. Effect of growth regulator uniconazole and salt stress on growth, yield and nutrients content of *Ammi majus* L. plants. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2:458-465.
- Kanematsu, S., Asada, K. 1990. Characteristic amino acid sequences of chloroplast and cytosol isozymes of CuZn-superoxide dismutase in spinach, rice and horsetail. *Plant Cell Physiology*, 31:99-112.
- Kastori, R. (1998): Fiziologija biljaka. Feljton, d.o.o., Novi Sad, pp 506.
- Kaur, C., Kapoor, H.C., 2001. Antioxidants in fruits and vegetables-the millennium's health. *International Journal of Food and Technology*, 36:703-725.
- Kauss, H., Jeblick, W. 1995. Pretreatment of parsley suspension cultures with salicylic acid enhances spontaneous and elicited production of H₂O₂. *Plant Physiology*, 108:1171-1178.
- Kafkas, E., Ozgen, M., Ozogul, Y., Turemis, N. 2008. Phytochemical and fatty acid profile of selected red raspberry cultivars: a comparative study. *Journal of Food Quality*, 31:67–8.
- Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Heinonen, M., 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49:4076-4082.
- Kahn, V. 1985. Effect of proteins, protein hydrolyzates and amino acids on o-dihydroxyphenolase activity of polyphenol oxidase of mushroom, avocado and banana. *Journal of Food Science*, 50:111-115.
- Kempler, C., Daubeney, H.A., Harding, B., Finn, C. 2005. 'Esquimalt' red raspberry. *HortScience*, 40:2192-2194.
- Kojić, M., Pekić, S. 1998. Botanika. Nauka, Beograd, pp 523.
- Koornneef, M., Hanhart, C.J., Van der Veen, J.H. 1991. A genetic and physiological analysis of late flowering mutants in *Arabidopsis thaliana*. *Molecular and General Genetics*, 229.1: 57-66.

- Koponen, J.M., Happonen, A.M., Mattila, P.H., Törrönen, A.R. 2007. Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65:1612–1619.
- Langridge, J. 1957. Effect of day-length and gibberellic acid on the flowering of *Arabidopsis*. *Nature*, 180:36-37.
- Lattanzio, V., Cardinali, A., Palmeri, S. 1994. The role of phenolics in the postharvest physiology of fruits and vegetables: browning reactions and fungal diseases. *Italian Journal of Food Science*, 1:3-22.
- Lattanzio, V., Kroon, P.A., Quideau, S., Treutter, D. 2008. Plant phenolics-secondary metabolites with diverse functions. In research advances in polyphenol research. Daayf, F., Lattanzio, V., Eds; Wiley-Blackwell Publishing: Oxford, Vol. 1, Chapter 1, pp 1-35.
- Lawson, H.M., Wiseman, J.S. 1975. Raspberry management. Annual Report, Scottish Horticultural Research Institute, 1974:34-35
- Lichtenthaler, H.K., Buschmann, C. 2001. Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV-VIS Spectroscopy. In: Current protocols in food analytical chemistry. (Eds.): John Wiley & Sons, Inc., New York, USA. pp. F4.3.1-F4.3.8.
- Lee, C.Z. 1991. Browning reactions-Enzymatic. In: The Encyclopedia of Food Science and Technology. Hui, Z.N. (Eds.). Wiley, New York. pp. 223-230.
- Leshem, Y.Y., Halevy, A.H., Frenkel, C., Frimer, A.A. 1986. Oxidative processes in biological systems and their role in plant senescence. In: Processes and control of plant senescence developments in crop science In: Leshem, Y.Y., Halevy, A.H., Frenkel, C. (Eds.), Elsevier, Amsterdam.
- Liu, M., Li X.Q., Weber, C., Lee, C.Y., Brown, J., Liu, R.H. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:2926–30.
- Lo Giudice, D., Wolf, T.K., Zoecklein, B.W. 2004. Effects of Prohexadione-calcium on grape yield components and fruit and wine composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55:73-83.

- Määttä-Riihinen, K.R., Kamal-Eldin, A., Törrönen, A.R. 2004. Identification and quantification of phenolic compounds in berries of *Fragaria* and *Rubus* species (family *Rosaceae*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52:6178-6187.
- Magome, H., Yamaguchi, S., Hanada, A., Kamiya, Y., Oda, K. 2004. Dwarf and delayed-flowering 1, a novel *Arabidopsis* mutant deficient in gibberellin biosynthesis because of overexpression of a putative AP2 transcription factor. *Plant Journal*, 37:720-9.
- Mandemaker, A.J., Cutting, J.G.M., Smith D.B., Dixon J. 2005. Effect of prohexadione-calcium on shoot growth, fruit set and retention in 'hass' avocado in New Zealand. *New Zealand Avocado Grower's Association Annual Research Report*, 5:35-42.
- Manriquez, D., Defilippi, B., Retamales, J. 2005. Prohexadione-calcium, a gibberellin biosynthesis inhibitor can reduce vegetative growth in 'Bing' sweet cherries. *Acta Horticulturae*, 667:447-451.
- Marinković, D., Mišić, P. D., Zec, G., Čolić, S. 2004. Pomološke osobine sorti maline u Pančevačkom ritu. *Jugoslovensko voćarstvo*, 38:91-99.
- Markakis, P. 1974. Anthocyanins and their stability in foods. *Critical Reviews in Food Technology*, 4:437-341.
- Marks, S.C., Mullen, W., Crozier, A. 2007. Flavonoid and chlorogenic acid profiles of English cider apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87:719-728.
- Martinez, M.V., Whitaker, J.R. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends in Food Science & Technology*, 6:195-200.
- Masia, A. 1998. Superoxide dismutase and catalase activities in apple fruit during ripening and post-harvest and with special reference to ethylene. *Physiological Plantarum*, 104:668-672.
- Mathew, A.G., Parpia, H.A. 1971. Food browning as polyphenol reaction. *Advances in Food Research*, 19:75-145.
- Medjdoub, R., Val, J., Blanco, A. 2004. Prohexadione-Ca inhibits vegetative growth of 'Smoothie Golden Delicious' apple trees. *Scientia Horticulturae*, 101:243-253.
- Medjdoub, R., Val, J. Blanco, A. 2005. Inhibition of vegetative growth in red apple cultivars using prohexadione-calcium. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80:263-271.

- Medjdoub, R., Val, J., Blanco, A. 2007. Physiological effects of prohexadione-calcium in apple trees: effects on parameters related to photoproductivity. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82:126-132.
- Meloni, D.A., Oliva, M.A., Martinez, C.A., Cambraia, J. 2003. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 49: 69-76.
- Meyers, K.J., Watkins, C.B., Pritts, M.P., Liu, R.H. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:6887–6892.
- Miesle, T. J., Proctor, A., Lagrimini, L.M. 1991. Peroxidase activity, isoenzymes, and tissue localization in developing highbush blueberry fruit. *Journal of the American Society Horticultural Science*, 115:827-830.
- Mikulic-Petkovsek, M., Slatnar, A., Stampar, F., Veberic, R. 2012. HPLC-MSn identification and quantification of flavonol glycosides in 28 wild and cultivated berry species. *Food Chemistry*, 135:2138-2146.
- Milivojević, J., Matović, G., Bošnjaković, G., Ruml, M., Gajić, B., Milivojević, J., Živković, M., Cecić, N., Denić, M. 2005. Uticaj navodnjavanja na prinos maline sorte *Willamette* u kišnoj vegetacionoj sezoni. *Voćarstvo*, 39:49-59.
- Milivojević, J. 2008. Pomološka i antioksidativna svojstva plodova jagodastih vrsta voćaka. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Milivojević, J., Nikolić, M., Bogdanović, J., Maletić, R., Milatović, D. 2010. Fizičko-hemijska i antioksidativna svojstva sorti i samoniklih vrsta rodova *Fragaria* i *Rubus*. *Voćarstvo*, 44:55-64.
- Milivojević, J., Maksimović, V., Nikolić, M., Bogdanović, J., Maletić, R., Milatović, D. 2011. Chemical and antioxidant properties of cultivated and wild *Fragaria* and *Rubus* berries. *Journal of Food Quality*, 34:1-9.
- Milivojević, J., Nikolić, M., Radivojević, D., Poledica, M. 2012. Yield components and fruit quality of florican fruiting raspberry cultivars grown in Serbia. *Acta Horticulturae*, 946:95-99.
- Miller, S. S., 1995. Root pruning and trunk scoring have limited effect on young bearing apple trees. *HortScience*, 30:981-984.

- Miller, S.S. 2002. Prohexadione-calcium controls vegetative shoot growth in apple. *Journal of Tree Fruit Production*, 3:11–28.
- Miller, S.S., Tworowski, T. 2003. Regulating vegetative growth in deciduous fruit trees. *Plant Growth Regulation Society of America Quarterly*, 31:8-46.
- Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7:405-410.
- Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M., Van Breusegem, F. 2004. The reactive oxygen species in plants. *Trends in Plant Science*, 9:490-498.
- Mišić, P.D. 1998. *Malina. Zajednica za voće i povrće*, Beograd.
- Mišić, P.D., Nikolić, D.M. 2003. *Jagodaste voćke*. Institut za istraživanja u poljoprivredi Srbija, Beograd, pp 407.
- Mišić, P.D., Tešović, Ž., Stanisavljević, M., Milutinović, M., Nikolić, M., Milenković, S. 2004. *Malina u Srbiji i Crnoj Gori-prošlost, sadašnjost i budućnost*. *Jugoslovensko voćarstvo*, 38:5-22.
- Moyer, R.A., Hummer, K.E., Finn, C.E., Frei, B. Wrolstad, R.E. 2002. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium*, *Rubus* and *Ribes*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:519-525.
- Mullen, W., McGinn, J., Lean, M.E.J., Maclean, M.R., Gardner, P., Duthie, G.G., Yokota, T., Crozier, A. 2002. Ellagitannins, flavonoids, and other phenolics in red raspberries and their contribution to antioxidant capacity and vasorelaxation properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:5191–5196.
- Mhamdi, A., Queval, G., Chaouch, S., Vanderauwera, S., Van Breusegem, F., Noctor, G. 2010. Catalase function in plants: a focus on *Arabidopsis* mutants as stress-mimic models. *Journal of Experimental Botany*, 61:1-24.
- McCord, J. M., Fridovich, I. 1969. Superoxide dismutase: an enzymic function for erythrocyte peroxidase (hemocuperin). *Journal of Biological Chemistry*, 244:6049-6055.
- McGregor, G.R. 1987. Daminozide affects growth and yield of 'Heritage' red raspberry. *HortScience*, 22:38–40.
- Nenadić, D. 1986. Uklanjanje prvih serija izdanaka – nov metod u gajenju maline. *Jugoslovensko voćarstvo*, 20:539-543.
- Nešković, M., Konjević, R., Čulafić, L. 2003. *Fiziologija biljaka*. NNK-International, Beograd. pp. 117.

- Nicotra, A. 1982. Growth regulators in pear production. *Acta Horticulturae*, 125:131–146.
- Nikolić, M., Milivojević, J., Radivojević, D. 2008. Kvalitet ploda jednorodnih sorti crvene maline gajenih u Beogradskom regionu. *Arhiv za poljoprivredne nauke*, 69:63-71.
- Nikolić, M., Ivanović, M., Milenković, S., Milivojević, J., Milutinović, M. 2008. The state and prospects of raspberry production in Serbia. *Acta Horticulturae*, 777:257-261.
- Nikolić, M., Milivojević, J. 2010. Jagodaste voćke – tehnologija gajenja. Naučno voćarsko društvo Srbije, Čačak, pp 592.
- Nikolić, D., Keserović, Z., Magazin, N., Paunović, S., Miletić, R., Nikolić, M., Milivojević, J. 2012. Stanje i perspektive voćarstva u Srbiji. Zbornik radova i apstrakata 14-og Kongresa voćara i vinogradara Srbije sa međunarodnim učešćem, Vrnjačka banja, Srbija 9:3-22.
- Noel, J.P., Austin, M.B., Brpmati, E.K. 2005. Structure-function relationships in plant phenylpropanoid biosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology*, 8:249-253.
- Ogawa, K., Kanematsu, S., Asada, K. 1996. Intra- and extra-cellular localization of "cytosolic" CuZn-superoxide dismutase in spinach leaf and hypocotyl. *Plant and Cell Physiology*, 37:790-799.
- 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*, 40:1185-1193.
- Ouzounidou, G., Giannakoula, A., Asfi, M., Ilias I. 2011. Differential responses of onion and garlic against plant growth regulators. *Pakistan Journal of Botany*, 43:2051–2057.
- Owens, C.L., Stover, E. 1999. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. *Horticultural Science*, 34:1194–1196.
- Palmer, J.W., Jackson, J.E., Ferree, D.C. 1987. Light interception and distribution in horizontal and vertical canopies of red raspberries. *Acta Horticulturae*, 173:159-166.

- Palma, J.M., Sandalio, L.M., del Río, L.A. 1986. Manganese superoxide dismutase and higher plant chloroplasts: a reappraisal of a controverted cellular localization. *Journal of Plant Physiology*, 125:427–439.
- Palonen, P., Mouhu, K. 2008. Prohexadione-Calcium treatments reduce vegetative growth of primocane fruiting raspberry 'Ariadne'. *Acta Horticulturae*, 777:257-261.
- Palonen, P., Mouhu, K. 2009. Vegetative growth and flowering of primocane raspberry 'Ariadne' as affected by prohexadione-calcium. *HortScience*, 44:529-531.
- Pantelidis, G.E., Vasilakakis, M., Manganaris, G.A., Diamantidis, G. 2007. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and cornelian cherries. *Food Chemistry*, 102:777-783.
- Parker, C.A., Joyce, T.A. 1967. Delayed fluorescence and some properties of chlorophyll triplets. *Photochemistry and Photobiology*, 6:395-406.
- Pelayo, C., Ebeler, S.E., Kader, A.A. 2003. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 °C in air or air+20 kPa CO₂. *Postharvest Biology and Technology*, 27:171-183.
- Perrey, R., Hauser, M.T., Wink, M. 1989. Cellular and subcellular localization of peroxidase isoenzymes in plants and cell suspension cultures from *Lupinus polyphyllus*. *Zeitschrift für Naturforschung* 44c: 931-936.
- Perl-Treves, R., Perl, A. 2002. Oxidative stress: an introduction. In: *Oxidative stress in plants*. Van Montagu M., Inze D., Taylor and Francis Books Ltd, London and New York.
- Perl, A., Perl-Treves, R., Galili, S., Aviv, D., Shalgi, E., Malkin, S., Galun, E. 1992. Enhanced oxidative-stress defense in transgenic potato expressing tomato Cu, Zn superoxide dismutase. *Theoretical and Applied Genetics*, 85:568-576.
- Prive, J. P., Cline, J., Fava, E. 2006. Influence of prohexadione-calcium (Apogee®) on shoot growth of non-bearing mature apple trees in two different growing regions. *Canadian Journal of Plant Science*, 86:227-233.
- Putterill, J., Laurie, R., Macknight, R. 2004. It's time to flower: the genetic control of flowering time. *Bioessays*, 26:363-373.

- Rademacher, W., Speakman, J.B., Evans, R.R., Evans, J.R., Römmelt, S., Michalek, S., Lux-Endrich, Treutter, A. D., Iturriagagoitia-Bueno, T., John, P. 1998. Prohexadione-Ca-a new plant growth regulator for apple with interesting biochemical features, p. 113–118. In: Proceedings. Plant Growth Regulation Society of America. 25th Annual Meetingg., LaGrange, Ga.
- Rademacher, W., Temple-Smith, K.E., Griggs, D.L., Hedden, P. 1992. The mode of action of acylcyclohexanediones a new type of growth retardant. p. 571–577. In: Karssen, C.M. Van Loon, L.C. Vreugdenhil, D. (eds.). Progress in plant growth regulation. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands.
- Rademacher, W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 51:501-531.
- Rademacher, W., Kober, R. 2003. Efficient use of prohexadione-Ca in pome fruits. European Journal of Horticultural Science, 68:101-107.
- Rademacher, W., Spinelli, F., Costa, G. 2006. Prohexadione-Ca: Modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. Acta Horticulturae, 727:97-106.
- Ramírez, H., Rancaño, A.J.H., Benavides, M.A., Mendoza, V.R., Padron, C.E. 2006. Influencia de promotores de oxidación controlada en hortalizas y su relación con antioxidants. Revista Chapingo Serie Horticultura, 12:189-195.
- Ramírez, H., Leza-Hernández, P.C., Benavides, A., Amado-Ramírez, C., Martínez-Osorio, A., Rivera-Cruz, C.E. 2010. Prohexadione-Ca modifies content of gibberellins and vitamin C, antioxidant capacity and enzymatic activity in apple. Acta Horticulturae, 884:139-144.
- Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., Vivekanandan, M. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology, 161:1189-1202.
- Reekie, J.Y.C., Hicklenton, P.R. 2001. Strawberry growth response to prohexadione–calcium. Strawberry research to 2001. Proceedings of the 5th North American Strawberry Conference, 5:147–152.
- Reekie, J.Y., Hicklenton, P.R., Struik, P.C. 2005. Prohexadione-calcium modifies growth and increases photosynthesis in strawberry nursery plants. Canadian Journal of Plant Science, 85:671-677.

- Rikovski, I., Džamić, M., Rajković, M. 1989. Praktikum iz analitičke hemije. Građevinska knjiga, Beograd.
- Ricard, J.P., Messier, C. 1996. Abundance, growth and allometry of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) along natural light gradient in a northern hardwood forest. Forest Ecology and Management, 81:153-160.
- Rolle, R.S., Chism, G.W. 1987. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. Journal of Food Quality, 10:157-177.
- Sabatini, E., Noferini, M., Fiori, G., Grappadelli, L.C., Costa, G. 2003. Prohexadione-Ca positively affects gas exchanges and chlorophyll content of apple and pear trees. European Journal of Horticultural Science, 68:123-128.
- Sakihama, Y., Cohen, M.F., Grace, S.C., Yamasaki, H. 2002. Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants. Toxicology, 177:67-80.
- Sandalio. L.M., del Rio, L.A. 1988. Intraorganellar distribution of superoxide dismutase in plant peroxisomes. Plant Physiology, 88:1215-1218.
- Santos-Buelga, C., Scalbert, A. 2000. Proanthocyanidins and tannin-like compounds - nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80:1094-1117.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16:144-158.
- Siriworn, T., Wrolstad, R.E. 2004. Characterization of phenolics in Marion and Evergreen blackberries. Journal of Food Science, 69:233-240.
- 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.
- Southwick, S.M., Ingels, C., Hansen, R., Glozer, K. 2004. The effects of Apogee on shoot growth, secondary flowering, fire blight, fruit quality, yield and return bloom in 'Bartlett' pear growing in California. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 79:380-389.

- Stajčić, S.M., Tepić, A.N., Djilas, S.M., Šumić, J.M., Čandanović-Brunet, J.M., Četković, G.S., Vulić, J.J., Tumbas, V.T. 2012. Chemical composition and antioxidant activity of berry fruits. *Acta Periodica Tehnologica*, 43:93-105.
- Stanisavljević, M., Leposavić, A., Milenković, S., Petrović, S. 2003. Biološko-pomološke osobine novijih sorti i selekcija maline. *Jugoslovensko voćarstvo*, 37:123-129.
- Sugar, D., Elfving, D.C., Mielke, E.A. 2004. Effects of prohexadione-calcium on fruit size and return bloom in pear. *HortScience*, 39:1305-1308.
- Sun, J., Chu, Y.F., Wu, X.Z., Liu, R.H. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:7449-7454.
- Shahidi, F., Naczsk, M. 1995. Food phenolics. Sources, chemistry, effects, applications. Lancaster, USA: Technomic Publishing Company, Inc.
- Scalzo, J., Politi, A., Pellegrini, N., Mezzetti, B., Battino, M. 2005. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition*, 21:207-213.
- Scandalios, J.G. 1993. Oxygen stress and superoxide dismutase. *Plant Physiology*, 101:7-12.
- Schinkel, H., Streller, S., Wingsle, G. 1998. Multiple forms of extra cellular-superoxide dismutase in needles, stem tissues and seedlings of Scots pine. *Journal of Experimental Botany*, 49:931-936.
- Schupp, J.R., Robinson, T.L., Cowgill, P.J.J.R., Compton, J.R. 2003. Effect of water conditioners and surfactants on vegetative growth control and fruit cracking of 'Empire' apple caused by prohexadione-calcium. *HortScience*, 38:1205-1209.
- Taylor, L.P., Grotewold, E. 2005. Flavonoids as developmental regulators. *Current Opinion in Plant Biology*, 8:317-323.
- Tešović, Ž. (1988) Proučavanje međuzavisnosti biohemijskih osobina ploda maline, *Rubus idaeus* L. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Tomás-Barberán, F.A., Espín, J.C. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81:853-876.

- Tyas, J.A., Hofman, P.J., Underhill, S.J.R., Kerry, L. 1998. Fruit canopy position and panicle bagging affects yield and quality of 'Tai so' lychee. *Scientia Horticulturae*, 72:203–213.
- Uchida, A., Jagendorf, A.T., Hibino, T., Takabe, T. 2002. Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. *Plant Science*, 163:515-523.
- Unrath, C.R. 1999. Prohexadione-Ca: a promising chemical for controlling vegetative growth of apples. *Horticultural Science*, 34:1197–1200.
- UPOV. (2003): Protocol for distinctness, uniformity and stability tests, *Rubus idaeus* L., Raspberry. European Union, Community plant variety office, CPVO-TP/43/1.
- FAO (2011). Food Agriculture and Organization. www.fao.org. Accessed 01.07.2013.
- Fath, A., Bethke, P.C., Jones, R.L. 2001. Enzymes that scavenge reactive oxygen species are down-regulated prior to gibberellic acid-induced programmed cell death in barley aleurone. *Plant Physiology*, 126:156-166.
- Fielding, J.L., Hall, J.L. 1978. A biochemical and cytochemical study of peroxidase activity in roots of *Pisum sativum* II. Distribution of enzymes in relation to root development. *Journal of Experimental Botany*, 29:983-991.
- Filella, I., Serrano, I., Serra, J., Peuelas, J. 1995. Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. *Crop Science*, 35:1400-1405.
- Filis, B., Sauvage, F.X., Nicolas, J. 1985. Tomato peroxidises, purification and some properties. *Sciences des Aliments*, 5:217-232.
- Finn, C.E., Lawrence, F.J., Yorgey, B., Strik, B.C. 2001. 'Coho' red raspberry. *HortScience*, 36:1159-1161.
- Fletcher, R.A., Hofstra, G. 1985. Triadimefon a plant multi-protectant. *Plant Cell Physiology*, 26:775-780.
- Fletcher, R.A., Hofstra, G. 1988. Triazoles as potential plant protectants. In Berg, D., Plempel, M. (eds.), *Sterol biosynthesis inhibitors: Pharmaceutical and Agrochemical Aspects*. Ellis Horwppd, Chichester, pp. 321-331.
- Fletcher, R. A., Giller, A., Sankhla, N., Davis, T. D. 2000. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Reviews*, 24:55-108.

- Fotirić-Akšić, M., Radović, A., Milivojević, J., Nikolić, M., Nikolić, D. 2011. Genetic parameters of yield components and pomologic properties in raspberry seedlings. *Genetika*, 43: 667-674.
- Forshey, C.G., Elfing, D.C. 1989. The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. *Horticultural Reviews*, 11:229–287.
- Halliwell, B. 1990. How to characterize a biological antioxidant. *Free Radical Research Communications*, 9:1-32.
- Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C. 1998. *Free radicals in biology and medicine*. Oxford University Press, London.
- Häkkinen, S.H., Kärenlampi, S.O., Heinonen M., Mykkänen, H.M., Törrönen, A.R., 1999. Content of the flavonols quercetin, myrcetin and kaempferol in 25 edible berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47:2274-2279.
- Hammerschmidt, R., Nuckles, E. M., Kuc, J. 1982. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. *Physiology and Plant Pathology*, 20:73-82.
- Hassan, H.M. 1989. Microbial superoxide dismutases. *Advances in genetics*, 26:65-97.
- Heinonen, I.M., Meyer, A.S., Frankel, E.N. 1998. Antioxidant activity of berry phenolics on human low density lipoprotein and liposome oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46:4107-4112.
- Henriquez, C., Carrasco, C., Gomez, M., Speisky, H. 2008. Slow and fast-reacting antioxidants from berries: their evaluation through the FRAP *Ferric reducing antioxidant power) assay *Acta Horticulturae*, 777:531-536.
- Hollman, P.C.H., Katan, M.B. 1999. Health effects and bioavailability of dietary flavonols. *Free Radical Research*, 31:75–80.
- Hudina, M., Stampar, F. 2009. Effect of a postbloom naphthaleneacetic acid thinning spray and hand thinning on quality and quantity of pear fruit (*Pyrus communis* L) cv. Harrow Sweet. *Canadian Journal of Plant Science*, 89:1109-1116.
- Cai-Hong, P., Jun, Z.S., Zhong, G.Z., Bao-Shan, W.W. 2005. NaCl treatment markedly enhances H₂O₂ scavenging system in leaves of halophyte *Suaeda salsa*. *Plant Physiology*, 125:490-499.

- Candan, N., Tarhan, L. 2003. The correlation between antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in *Mentha pulegium* organs grown in Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} and Mn^{2+} stress conditions. *Plant Science*, 163:769-779.
- Cline, J.A., Embree, C.G., Hebb, J., Nichols, D.S. 2008. Performance of prohexadione-calcium on shoot growth and fruit quality of apple – effect of spray surfactants. *Canadian Journal of Plant Science*, 88:165-174.
- Colaric, M., Veberic, R., Stampar, 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.
- Cordenunsi, B.R., Genovese, M.I., João, R.O., Hassimotto, N.A., Santos, R.J., Lajolo, F.M. 2005. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry*, 91:113–121.
- Córdoba-Pedregosa, M.C., Córdoba, F., Villalba, J.M., González-Reyes, J.A. 2003. Differential distribution of ascorbic acid, peroxidase activity, and hydrogen peroxide along the root axis in *Allium cepa* L. and its possible relationship with cell growth and differentiation. *Protoplasma*, 221:57-65.
- Coseteng, M.Y., Lee, C.Y. 1987. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science*, 52:985-989.
- Costa, G., Andreotti, C., Sabatini, E., Bregoli, A.M., Bucchini, 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.
- Cowan, A.K., Cripps, R.F., Richings, E.W., Taylor, N.J. 2001. Fruit size: towards an understanding of the metabolic control of fruit growth using avocado as a model system. *Physiology Plant*, 111:127–136.
- Crandall, P.C., Garth, J.K.L. 1981. Yield and growth response of ‘Heritage’ raspberry to daminozide and ethephon. *HortScience*, 16:654-655.
- Curran, P.J., Dungan, J.L., Gholz, H.L. 1990. Exploring the relationship between reflectance red edge and chlorophyll content in slash pine. *Tree Physiology*, 7:33-48.

- Cheng, G.W., Breen, P.J. 1991. Activity of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and concentrations of anthocyanins and phenolics in developing strawberry fruit. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 116:865–869.
- Cho, J.M., Howard, R.L., Prior, L.R., Clark, R.J. 2005. Flavonol glycosides and antioxidant capacity of various blackberry and blueberry genotypes determined by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53:2149–2158.
- Šabajeviene, G., Uselis, N., Kvikliene, N., Samuoliene, G., Sasnauskas, A., Duchovskis, P. 2008. Effect of growth regulators on apple tree cv. 'Jonagold King' photosynthesis and yield parameters. *Scientific Articles*, 27:23-32.
- Šoškić, A. 1991. *Voćarstvo*. Nauka, Beograd, pp 454.
- Waister, P.D., Cormack, M.R., Sheets, W.A. 1977. Competition between fruiting and vegetative phases in the red raspberry. *Journal of Horticultural Science*, 52:75-85.
- Wample, R.L. Culver, E.B. 1983. The effect of paclobutrazol on growth, photosynthesis and carbohydrate content of 'Delicious' apple. *Scientia Horticulturae*, 26:139-147.
- Wang, S.Y., Lin, H.S. 2000. Antioxidant activity in fruit and levels of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48:140-146.
- Wielgus, M. 2008. Vegetative growth and its inhibition in young cropping sweet cherry trees: Growth inhibition by prohexadione-Ca and ethephon. MS Thesis, University of Life Sciences in Lublin, Poland.
- Wildanger, W., Herrmann, K. 1973. The phenolics of fruits. II. The flavonols of fruits. *Z Lebensm-Unters Forsch*, 151:103–108.
- Williams, M.W. 1984. Use of bio-regulators to control vegetative growth of fruit trees and improve fruiting efficiency. *Acta Horticulturae*, 146:97-104.
- Wollenweber, E., Dietz, V.H. 1981. Occurrence and distribution of free flavonoid aglycones in plants. *Photochemistry*, 20:869-932.
- Wood, B.W. 1984. Influence of paclobutrazol on selected growth and chemical characteristics of young pecan seedlings. *HortScience*, 19:837-839.

- Wu, X., Prior, R.L. 2005. Systematic identification and characterization of anthocyanins by HPLC-ESI-MS/MS in common foods in the United States: fruits and berries, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53:2589-2599.
- Quiles, M.J., Lopez, N.I. 2004. Photoinhibition of photosystems I and II induced by exposure to high light intensity during oat plant grown effects on the chloroplastic NADH dehydrogenase complex. *Plant Science*, 166:815-823.
- Yamaguchi, S. 2008. Gibberellin metabolism and its regulation. *The Annual Review of Plant Biology*, 59:225-251.
- Yu, K., Wei, J., Ma, Q., Yu, D., Li, J. 2009. Senescence of aerial parts is impeded by exogenous gibberellic acid in herbaceous perennial *Paris polyphylla*. *Journal of Plant Physiology*, 166:819-830.

9. БИОГРАФИЈА

Поледица (Милун) Милена рођена је 1982. године у Ужицу. Основну и Средњу школу завршила је у Ивањици. Пољопривредни факултет у Београду уписала је школске 2000/01. године на Одсеку за воћарство и виноградарство, где је дипломирала 2008. године са просечном оствареном оценом у току студија 8,51. Докторске студије је уписала школске 2009/10. године на студијском програму "Пољопривредне науке - Воћарство и виноградарство". У коауторству је објавила 12 научних радова публикованих у целости или у форми извода, од тога 3 рада су публикована у међународним часописима са *SCI* листе.

10. ПРИЛОЗИ

10.1. Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписана Милена М. Поледица

Број индекса 09/11

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

**„Утицај *Prohexadione-Ca* и закидања првих серија изданака на биолошко-
производне особине сорте малине „Willamette“ (*Rubus idaeus* L.)“.**

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршила ауторска права и користила интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанта

У Београду, 06.01.2014. год.



10.2. Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Милена М. Поледица

Број индекса 09/11

Студијски програм Пољопривредне науке - Воћарство и виноградарство

Наслов рада „Утицај Prohexadione-Ca и закидања првих серија изданака на биолошко-производне особине сорте малине“Willamette“ (Rubus idaeus L.)“.

Ментор др Јасминка Миливојевић, доцент

Потписана Милена М. Поледица

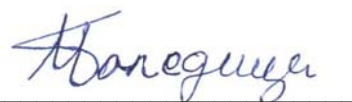
изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предала за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанта

У Београду, 06.01.2014. год.



10.3. Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

„Утицај *Prohexadione-Ca* и закидања првих серија изданака на биолошко-производне особине сорте малине“*Willamette*“ (*Rubus idaeus* L.)“,

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предала сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучила.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

Потпис докторанта

У Београду, 06.01.2014. год.

