



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
АГРОНОМСКИ ФАКУЛТЕТ У ЧАЧКУ

Радмила Р. Илић, мас. инж. пољ.

**РАСТ СТАБЛА, ПРОДУКТИВНОСТ, КВАЛИТЕТ  
ПЛОДА И МИНЕРАЛНА КОМПОЗИЦИЈА ЛИСТА  
КРУШКЕ (*Pyrus communis* L.) У ЗАВИСНОСТИ  
ОД ВРСТЕ ХРАНИВА**

докторска дисертација

Чачак, 2024. година



UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC  
FACULTY OF AGRONOMY

Radmila R. Ilić, Mas. Eng. Agr.

**TREE GROWTH, PRODUCTIVITY, FRUIT  
QUALITY AND LEAF MINERAL COMPOSITION  
OF PEAR (*Pyrus communis* L.) DEPENDING ON  
FERTILIZERS**

Doctoral Disertation

Čačak, 2024.

Идентификациона страница докторске дисертације

<b><i>I Аутор</i></b>
Име и презиме: Радмила Илић
Датум и место рођења: 27.02.1990. године, Сарајево, БиХ
Садашње запослење: Агрономски факултет у Чачку
<b><i>II Докторска дисертација</i></b>
Наслов: "РАСТ СТАБЛА, ПРОДУКТИВНОСТ, КВАЛИТЕТ ПЛОДА И МИНЕРАЛНА КОМПОЗИЦИЈА ЛИСТА КРУШКЕ ( <i>Pyrus communis</i> L.) У ЗАВИСНОСТИ ОД ВРСТЕ ХРАНИВА"
Број страница: 118
Број табела: 15
Број слика: 9; Број графикана: 6
Број библиографских података: 317
Установа и место где је рад израђен: Агрономски факултет у Чачку
Научна област: Воћарство
<b>Ментор:</b> Проф. др Томо Милошевић, редовни професор Агрономског факултета у Чачку, Универзитета у Крагујевцу
<b><i>III Оцена и одбрана</i></b>
Датум пријаве теме: 21.10.2021.
Број одлуке и датум прихватања теме докторске дисертације: IV-04-835/34 од 14.09.2016.
Комисија за оцену подобности теме и кандидата:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Др Горица Пауновић, ванредни професор, Агрономски факултет у Чачку, ужа научна област: Воћарство;</li> <li>2. Др Љиљана Бошковић-Ракочевић, редовни професор, Агрономски факултет у Чачку, ужа научна област: Агрохемија;</li> <li>3. Др Иван Глишић, ванредни професор, Агрономски факултет у Чачку, ужа научна област: Воћарство;</li> <li>4. Др Небојша Милошевић, виши научни сарадник, Институт за воћарство у Чачку, научна област: Биотехничке науке;</li> <li>5. Др Томо Милошевић, редовни професор, Агрономски факултет у Чачку, ужа научна област: Воћарство.</li> </ol>
Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Др Горица Пауновић, ванредни професор, Агрономски факултет у Чачку, ужа научна област: Воћарство;</li> <li>2. Др Љиљана Бошковић-Ракочевић, редовни професор, Агрономски факултет у Чачку, ужа научна област: Агрохемија;</li> <li>3. Др Иван Глишић, ванредни професор, Агрономски факултет у Чачку, ужа научна област: Воћарство;</li> <li>4. Др Небојша Милошевић, виши научни сарадник, Институт за воћарство у Чачку, научна област: Биотехничке науке;</li> <li>5. Др Маријана Пешаковић, научни саветник, Институт за воћарство у Чачку, научна област: Биотехничке науке.</li> </ol>
Датум одбране докторске дисертације:

## Захвалница

Желим да изразим своју дубоку захвалност свима који су допринели реализацији овог истраживачког пројекта и стварању ове докторске дисертације.

Најпре се желим захвалити свом ментору, проф. др Тому Милошевићу, на неизмерној подршци, стручном вођству и посвећености током читавог процеса истраживања. Његова мудрост, подстицајне сугестије и преданост били су кључни за успех овог рада.

Господину Бранку Лазовићу и његовој породици, на чијем газдинству и у чијем засаду крушке је обављен целокупан оглед, дугујем огромну захвалност на исказаној подршци и несебичном гостопримству.

Захваљујем се др Горици Пауновић, проф. др Љиљани Бошковић-Ракочевић и др Ивану Глишићу на стручној и моралној подршци као и на пријатељским саветима. Њихова стручност и преданост су ме усмеравали ка дубљој анализи и разумевању теме.

Др Маријани Пешаковић и др Небојши Милошевићу хвала на вредним сугестијама и конструктивним саветима које су пружили током израде ове докторске дисертације и који су додатно обогатили ово истраживање.

Посебна захвалност иде др Мирјани Радовановић, др Весни Ђуровић, др Јелени Младеновић, др Јелени Томић, Зорану Динићу и Бранки Поповић, чији су доприноси, помоћ, сарадња и пријатељски савети били неизоставан део овог пројекта.

Мојој мајци и сестри хвала на непрестаној подршци, разумевању, стрпљењу и љубави током свих година мог школовања. Без њихове подршке ово достигнуће не би било могуће.

Хвала мојој кћерки Ружици, сину Илији и супругу Марку, који су били мој ослонац током овог дугог и изазовног периода. Ваша безгранична љубав и стрпљење били су снага која ме је водила.

Такође, желим се захвалити својој родбини, пријатељима и колегама који су ми пружили подршку у тешким, а делили радости у успешним тренуцима.

Захваљујем се Агрономском факултету у Чачку, Институту за воћарство у Чачку и Институту за земљиште у Београду на пруженој инфраструктури и ресурсима који су омогућили спровођење дела овог истраживања.

На крају, желим изразити захвалност свима онима који су, директно или индиректно, допринели мом професионалном и личном развоју.

Ова дисертација је посвећена свима који су веровали у мене током овог пута.

Радмила Илић

# РАСТ СТАБЛА, ПРОДУКТИВНОСТ, КВАЛИТЕТ ПЛОДА И МИНЕРАЛНА КОМПОЗИЦИЈА ЛИСТА КРУШКЕ (*Pyrus communis* L.) У ЗАВИСНОСТИ ОД ВРСТЕ ХРАНИВА

## Резиме

Током четири узастопне године (2015–2018.) испитиван је утицај органских (говеђи стајњак и Humus Vita Stallatico, HVS), минералних [кречни амонијум нитрат са 27% укупног азота (KAN), комплексно NPK минерално ђубриво (5-10-22)], органо-минералних (Multi-Comp Base, MCB) хранива и природних зеолита (Агрозел) на вегетативни раст, родност, физичке и хемијске особине плода и минералну композицију листа сорте крушке Вилијамовке. Истраживања су обављена по стандардној методологији у производном засаду крушке у еколошким условима Чачка.

Резултати су показали да су, код већине испитиваних параметара, примењена хранива, година испитивања и њихова међусобна интеракција имали значајног утицаја. Анализом варијансе је закључено да исхрана, без обзира на врсту хранива, значајно утиче на повећање вегетативне масе и приноса плодова крушке. Органска хранива, као што су Стајњак и Агрозел су се показала као спороделујућа хранива, тако да су позитивни резултати са њиховом применом добијени пред крај експеримента. Када је у питању унутрашњи квалитет плода, посебно су се са позитивним утицајем истакла хранива као што су Агрозел, NPK, KAN. MCB је имао позитиван ефекат на садржај шећера у плоду.

Исхрана и година испитивања су значајно утицали и на садржај макро- и микроелемената у листу крушке Вилијамовке 60 дана након пуног цветања. Због великих варирања, закључује се да је најоптималнија комбинована примена органских и минералних хранива.

Код већине испитиваних параметара уочена је значајна интеракција храниво × година, при чему је најбољи ефекат свих примењених хранива био у годинама са више падавина.

**Кључне речи:** Крушка, Вилијамовка, исхрана, вегетативни раст, особине плода.

# TREE GROWTH, PRODUCTIVITY, FRUIT QUALITY AND LEAF MINERAL COMPOSITION OF PEAR (*Pyrus communis* L.) DEPENDING ON FERTILIZERS

## Abstract

In four consecutive years (2015-2018), the influence of organic (manure and Humus Vita Stallatico, HVS), mineral [calcium ammonium nitrate with 27% total nitrogen (CAN), complex NPK mineral fertilizer (10-30-20)], organo-mineral (Multi-Comp Base, MCB) fertilizers and natural zeolites (Agrozel) on vegetative growth, fertility, physical and chemical properties of fruit and mineral composition of the leaves of pear cv. William's was investigated. The study was conducted according to the standard methodology in a production pear orchard under Čačak ecological conditions.

The results showed that for most of the investigated parameters, the applied fertilizers, the experimental year and their mutual interaction had a significant influence. The analysis of variance showed that fertilization, regardless of the type of fertilizer, had a significant effect on increasing the vegetative growth and yield of pear fruit. Organic fertilizers such as manure and Agrozel proved to be slow-acting fertilizers, so positive results with their application were obtained towards the end of the experiment. As far as the internal quality of the fruit is concerned, fertilizers such as Agrozel, NPK, KAN had a positive effect. MCB had a positive effect on the sugar content of the fruit.

Fertilizer and experimental year had a significant influence on the content of macro- and microelements in the William's pear leaf 60 days after full bloom. Due to the large fluctuations, it is concluded that a combined application of organic and mineral nutrients is the most optimal.

A significant interaction between fertilizer and year was found for most of the parameters studied, with the best effect of all fertilizers applied occurring in years with more precipitation.

**Keywords:** pear, William's, fertilization, vegetative growth, fruit characteristics.

## САДРЖАЈ

<b>1. УВОД</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА</b> .....	<b>5</b>
<b>3. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ</b> .....	<b>6</b>
3.1. Вегетативни и генеративни потенцијал крушке .....	8
3.2. Физичке особине плода крушке .....	10
3.3. Хемијске особине плода крушке.....	11
3.4. Утицај хранива на раст и принос крушке .....	15
3.5. Утицај хранива на особине плода крушке.....	20
3.5.1. Утицај природних зеолита на особине стабла и плода.....	23
3.6. Утицај еколошких чинилаца на раст и развој крушке .....	25
3.7. Минерални састав листа.....	25
<b>4. РАДНА ХИПОТЕЗА</b> .....	<b>29</b>
<b>5. ОБЈЕКАТ, МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА</b> .....	<b>30</b>
5.1. Објекат .....	30
5.2. Материјал .....	31
5.2.1. Особине испитиване сорте крушке .....	31
5.2.2. Особине примењених хранива.....	32
5.2.2.1. Говеђи стајњак.....	32
5.2.2.2. Humus Vita Stallatico .....	33
5.2.2.3. Кречни амонијум нитрат (KAN).....	33
5.2.2.4. Сложено NPK минерално ђубриво .....	33
5.2.2.5. Multi-Comp Base .....	33
5.2.2.6. Агрозел .....	33
5.3. Методе рада.....	34
5.3.1. Експериментални дизајн .....	34
5.3.2. Вегетативни потенцијал крушке.....	35
5.3.3. Родност.....	35
5.3.4. Физичке особине плода.....	36
5.3.5. Хемијске особине плода.....	38
5.3.5.1. Одређивање садржаја растворљиве суве материје.....	38
5.3.5.2. Одређивање садржаја пепела.....	38
5.3.5.3. Одређивање садржаја укупних киселина .....	38
5.3.5.4. Одређивање садржаја укупних шећера, инвертних шећера и сахарозе ...	39

5.3.5.5. Одређивање индекса зрења и индекса сласти плода.....	39
5.3.5.6. Одређивање садржаја витамина С.....	39
5.3.5.7. Одређивање рН вредности сока плода.....	39
5.3.5.8. Одређивање садржаја појединачних органских киселина .....	39
5.3.5.9. Одређивање садржаја укупних фенола.....	40
5.3.5.10. Одређивање садржаја укупних флавоноида.....	40
5.3.5.11. Одређивање антиоксидативне активности.....	40
5.3.5.12. Одређивање садржаја макро- и микроелемената у листу крушке.....	41
5.3.6. Статистичка обрада података.....	41
<b>6. ЕКОЛОШКИ УСЛОВИ .....</b>	<b>43</b>
6.1. Климатски услови на подручју Чачка.....	44
6.1.1. Температура ваздуха.....	44
6.1.2. Падавине.....	46
6.2. Земљиште.....	47
<b>7. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА .....</b>	<b>49</b>
7.1. Вегетативни потенцијал крушке .....	49
7.1.1. Површина попречног пресека дебла .....	49
7.1.2. Површина листа .....	52
7.2. Принос.....	54
7.3. Физичке особине плода .....	58
7.3.1. Маса плода.....	58
7.3.2. Димензије и индекси облика плода и чврстина мезокарпа .....	62
7.4. Хемијске особине плода.....	67
7.4.1. Садржај примарних метаболита .....	67
7.4.1.1. Садржај растворљиве суве материје, органских киселина, рН вредност сока плода, индекс зрења плода и садржај пепела.....	67
7.4.1.2. Садржај укупних и инвертних шећера, сахарозе и индекс (коефицијент) сласти .....	74
7.4.2. Садржај секундарних метаболита.....	78
7.4.2.1. Садржај укупних фенола.....	78
7.4.2.2. Садржај укупних флавоноида.....	79
7.4.2.3. Садржај витамина С.....	79
7.4.3. Антиоксидативни капацитет плода.....	81
7.5. Садржај минералних материја у листу.....	83
7.5.1. Модели за интерпретацију минералног статуса биљке – DOP и $\Sigma$ DOP индекс.....	88
7.6. Корелације између испитиваних особина и анализа главних компоненти.....	91
<b>9. ЗАКЉУЧАК.....</b>	<b>95</b>
<b>10. ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>98</b>



## СПИСАК ТАБЕЛА

- Таб. 1.** Стандардне количине биогених елемената у лишћу крушке
- Таб. 2.** Преглед температура ваздуха за Чачак и околину за период 1991-2015. година
- Таб. 3.** Преглед суме падавина за Чачак за период 1991-2015. година
- Таб. 4.** Хемијске особине земљишта пре примене хранива (0 до 30 cm)
- Таб. 5.** Принос по стаблу и јединици површине, коефицијент родности и површина листа Вилијамовке у зависности од примењеног хранива
- Таб. 6.** Маса и линеарне димензије плода Вилијамовке у периоду од 2015. до 2018. године у зависности од примењеног хранива
- Таб. 7.** Механичке особине плода Вилијамовке у периоду од 2015. до 2018. године у зависности од примењеног хранива
- Таб. 8.** Хемијске особине плода Вилијамовке у периоду од 2015-2018. године у зависности од примењених хранива
- Таб. 9.** Садржај појединачних органских киселина у плоду Вилијамовке у периоду од 2015-2018. године у зависности од примењених хранива
- Таб. 10.** Просечан садржај укупних и инвертних шећера и сахарозе и индекс сласти плода Вилијамовке у периоду од 2015. до 2018. године у зависности од утицаја примењених хранива
- Таб. 11.** Просечан садржај укупних фенола, укупних флавоноида, витамина С и антиоксидативни капацитет плода Вилијамовке у периоду од 2015. до 2018. године у зависности од примењеног хранива
- Таб. 12.** Садржај макроелемената у листу Вилијамовке у зависности од врсте примењених хранива
- Таб. 13.** Садржај микроелемената у листу Вилијамовке у зависности од врсте примењених хранива
- Таб. 14.** DOP индекс и  $\Sigma$ DOP за садржај макроелемената у листу Вилијамовке у току четири године испитивања
- Таб. 15.** DOP индекс и  $\Sigma$ DOP за садржај микроелемената у листу Вилијамовке у току четири године испитивања

## СПИСАК ГРАФИКОНА

- Граф. 1.** Просечне месечне температуре и сума падавина у току експерименталног периода (2015-2018) у односу на вишегодишњи просек (ВП)
- Граф. 2.** Финалне вредности ППД Вилијамовке у зависности од примењених хранива
- Граф. 3.** Промена тенденције утицаја хранива на просечан принос плодова Вилијамовке по стаблу током четири године испитивања
- Граф. 4.** Промена тенденције утицаја хранива на просечну масу плода Вилијамовке током четири године испитивања
- Граф. 5.** Пирсонов коефицијент корелације за испитиване особине
- Граф. 6.** Анализа главних компоненти (РСА) за 41 агрономску и помолошку особину с посебним освртом на физичке и хемијске особине и антиоксидативни капацитет које су испитиване на плодовима Вилијамовке

## СПИСАК СЛИКА

- Сл. 1.** Производни засад крушке у којем су вршена испитивања
- Сл. 2.** Плодови Вилијамовке
- Сл. 3.** Примена хранива у редове Вилијамовке у огледном засаду крушке
- Сл. 4.** Берба Вилијамовке, август 2018. године
- Сл. 5.** Одређивање масе плода Вилијамовке на техничкој ваги KERN FCB (Kern & Sohn GmbH, Balingen, Germany)
- Сл. 6.** Одређивање садржаја укупних киселина и рН вредности сока у плодовима Вилијамовке
- Сл. 7.** Хроматографски приказ издвајања лимунске киселине у плоду Вилијамовке
- Сл. 8.** Одређивање садржаја укупних фенола у плодовима Вилијамовке у лабораторији Агрономског факултета
- Сл. 9.** Засад крушке у коме су вршена испитивања, јун, 2017. године

## СПИСАК СКРАЋЕНИЦА

ПППД	површина попречног пресека дебла
РСМ	растворљиве суве материје
УК	укупне киселине
ЈК	јабучна киселина
ЛК	лимунска киселина
ЈК/ЛК	однос између јабучне и лимунске киселине
УШ	укупни шећери
ИШ	инвертни шећери
ИС	индекс сласти
нз	Није значајно
П/С	принос по стаблу
П/ha	принос по хектару
КР	коефицијент родности
ПЛ	површина листа
МП	маса плода
ВП	висина плода
ШП	ширина плода
ЧП	чврстина плода
Da	средњи аритметички пречник
Dg	средњи геометријски пречник
φ	сферичност
Ra	однос између веће и мање димензије
S	површина плода
П/С	принос по стаблу
П/ha	принос по хектару
КР	коефицијент родности
ПЛ	површина листа
МП	маса плода
ВП	висина плода
ШП	ширина плода
ЧП	чврстина плода

## УВОД

Крушка (*Pyrus communis* L.) је једна од најзначајнијих воћних врста која се гаји у свету. У структури воћарске производње у Србији, крушка заузима друго место иза јабуке у групи јабучастих воћних врста, односно треће место иза шљиве и јабуке у укупној производњи. Иако се лако адаптира на различите агроклиматске услове (Botelho et al., 2012) има веће захтеве у погледу еколошких чинилаца у односу на јабуку па се и гаји на мањим површинама у односу на њу (Sosna i Kortylewska, 2012).

Крушка представља изванредну намирницу за исхрану људске популације. Плодови се могу користити у свежем или прерађеном стању али и сушени због великог богатства у хранљивим материјама, као што су шећери, органске киселине и различити примарни и секундарни метаболити са високом нутритивном и здравственом вредношћу (Hudina i Štampar, 2005). Свежи плодови крушке у себи садрже до 20% суве материје, 9-15% укупних шећера, 0,30-0,60% органских киселина, 0,80-1,50% целулозе, знатне количине танина, пектина, минералних материја, витамина и других биолошки значајних супстанци (Mratinić, 2016). Због присуства биоактивних једињења, плодови крушке поседују антиинфламаторно, антитусивно, диуретично и антихипергликемично дејство (Li et al., 2014) које се у народној медицини користи преко две хиљаде година.

Према подацима FAOSTAT (2023), Србија се налази на 23. месту у свету по годишњој производњи крушке. У Србији постоје веома повољни природни услови за гајење крушке. Међутим, они ни издалека нису искоришћени, што потврђују велике осцилације у количини и квалитету плода из године у годину. Тако је на пример, у 2015. години производња крушке износила 71895 t, а у 2018. години 53905 t остварених на 4982 ha. У 2019. години остварена је производња од 54859 t на 4970 ha, да би у 2020. години износила 67110 t на 5036 ha. С друге стране, на светском нивоу се примећује значајан напредак у воћарској производњи, укључујући и производњу крушке. Тако је у периоду од 2000. до 2018. године производња крушке порасла за 31,49%.

Интензивирање производње крушке, и воћа уопште, је резултат пре свега напретка у погледу наводњавања и исхране, што је значајно утицало не само на повећање приноса већ и на здравствену безбедност плодова и животне средине (Milošević et al., 2013a). Савремена воћарска производња подразумева да се за исхрану воћака користи минимална, али ефикасна количина минералних хранива и пестицида (Milošević i Milošević, 2019).

Последњих година поново расте интерес произвођача за гајењем крушке у Србији, јер је од седамдесетих до деведесетих година прошлог века гајена на већим површинама и имала је већу производњу у односу на тренутно стање (Милошевић, 1997). Разлози оваквог стања у производњи крушке у Србији су многобројни. Најзначајнији су: нестанак великих плантажних засада у тзв. друштвеном власништву, застарела технологија гајења и споро прихватање савременог технолошког концепта, застарелост и шаренило сортимента, појачан напад проузроковача бактеријалне пламењаче [*Erwinia amylovora* (Burill) Winslow et al.], релативно тешко сузбијање крушкине буве (*Psylla* spp.), нестабилно домаће и инострано тржиште, споро увођење међународних стандарда везаних за квалитет и здравствену исправност плода, итд. Затим проблем стварају велики губици приликом транспорта после бербе због осетљиве природе pokožице плода крушке, непостојање одговарајућих, тј. савремених капацитета за складиштење, чување плодова, класирање и паковање плодова, превазиђена амбалажа, укључујући материјал од које је направљена као и маркетиншка решења, висок удео плодова нижих квалитетних класа и сл.

Управљање исхраном у воћњацима је сложен процес који укључује међусобно деловање многих фактора који утичу на раст и квалитет воћа. Регулисано снабдевање хранљивим састојцима, поред задовољења потреба воћке у одређеним фазама раста и развоја, треба да обезбеди континуирани раст стабла, да утиче на зону кореновог система и ефикасност усвајања хранљивих материја са старењем. Примена хранива је уобичајена пракса за побољшање нивоа одређеног хранљивог елемента у земљишту да би се добио повољан одговор на раст, принос и квалитет плода.

Међу различитим факторима производње, исхрана крушке је последњих година добила значајну пажњу. То је због неизоставне улоге различитих хранљивих материја у квалитетној производњи плодова. Такође и због утицаја на њихов однос према физиолошким поремећајима и другим ефектима, посебно на смањено дисање, одложено сазревање и повећану чврстину плодова, чиме се продужава складиштење и рок трајања плодова. Недостатак ових хранљивих материја доводи до смањења производње воћа и лош квалитет, док вишак хранљивих материја такође омета квалитетну производњу плодова због њихових антагонистичких ефеката и негативног утицаја на здравствену исправност. Неравнотежа хранљивих материја узрокује неколико поремећаја који последично утичу на квалитет и принос крушке. Хранљиве материје у земљишту и лишћу имају значајан утицај на принос и квалитет плодова због њихове улоге у метаболизму биљака (Nijjar, 1990).

Крушка, као и друге вишегодишње воћке, износи из земљишта велике количине биогених елемената па тако захтева одређену минералну исхрану за свој нормалан раст и развој. Исхрана представља основну агротехничку меру, која има за циљ повећање приноса и побољшање квалитета плода крушке. Овом мером се поправљају особине земљишта, а утиче и на припремљеност крушке да издржи ниске температуре, а подстиче и већу отпорност на сушу, болести и штеточине (Mratinić, 2016). Постизање високих приноса је условљено претежно режимом исхране. Велике количине хранива се износе из земљишта плодовима, изградњом нових органа и ткива. Исхраном се уносе минералне материје у земљиште са циљем да се њихове количине, у лако приступачном облику, одржавају у оптимуму за крушку.

Због веома динамичних промена на и у стаблима воћака, а које су биохемијског и физиолошког карактера, испољавају се одређени захтеви у погледу коришћења органских и минералних хранива. Због специфичности кореновог система код воћака као вишегодишњих биљака њихова исхрана је знатно сложенија него исхрана других биљних врста. Дуговечност воћака, дубина на којој се развија њихов корен, стадијум развића са неједнаким захтевима за појединим хранљивим елементима и многобројни други чиниоци, чине да исхрана представља значајан проблем у практичном воћарству. Исхрану крушке треба усагласити са њеним потребама, тако да буде у складу са особинама земљишта, климом, начином гајења крушке, жељеним приносом и његовим квалитетом, особинама ђубрива и општом технологијом.

Правилно примењеном исхраном се побољшава структура земљишта, од чега зависе водно-ваздушни и топлотни режим и повећава се плодност земљишта. На тај начин се регулише нормалан и успешан раст и развитак воћака, а нарочито родност и квалитет плода.

Многи аутори истичу да норме ђубрива не би требало уопштавати, нити примењивати шаблонизовано ђубрење (Милошевић, 1997; Mratinić, 2016). Да би се приближно тачно одредиле норме хранива, треба узети у обзир плодност земљишта, узраст и виталност стабала, принос у претходној години, планирани принос, могућност наводњавања, примењени степен резидбе и сл.

Колико се који елементи користе у исхрани зависи од воћне врсте, родности, узраста и др. (Убавић и сар., 2016). Генерално, највеће потребе воћака су за азотом (N), затим калијумом (K), па фосфором (P). Воћке имају нешто мање потребе у микроелементима, али то не умањује њихов значај у исхрани. Неопходни микроелементи ређе ограничавају принос. Они се примењују само повремено и у мањој количини. Земљиште садржи различите количине неопходних елемената који се различито усвајају од стране биљака. У земљишту се налазе и/или стварају различита једињења и дешавају се многобројни процеси, тако да воћке нису увек у могућности да узму одговарајући елеменат у потребном тренутку. С друге стране, хранљиве материје се из земљишта губе приносом, ерозијом, гасовитим путем и дренажним водама. Зато је потребно надокнадити изнете елементе из земљишта уношењем различитих органских и минералних хранива, а при томе не изазвати загађење животне средине, наравно и плодова.

Врло често се истиче утицај спољашње средине на усвајање хранљивих елемената од стране крушке. На пример, не усвајају се сви јони при истим температурама. При оптималним температурама усвајање јона је брже пошто се убрзава синтеза беланчевина и других једињења у чији састав улазе усвојени јони. Са повећањем температуре повећава се дисање, што доводи до повећања садржаја органских киселина. Вишегодишње воћке су стално изложене разним абиотичким стресовима током живота што има негативан утицај на нормалан раст и развој. Потреба за правилним уношењем хранљивих материја је кључна за оптимизацију производње како би се побољшала способност воћака да толеришу различите неповољне утицаје животне средине.

Повољни природни услови за гајење крушке у Србији могу у будућности резултирати и интензивнијом производњом, ако би се извршила рејонизација сорти, увеле у производњу нове отпорније сорте и подлоге, иновирала технологија гајења

увођењем интензивних система и повећањем густине садње и повела перманентна и организована борба против сушења крушке изазаваног бактеријском пламењачом.

Последњих деценија, производња крушке се у нашој земљи суочава са низом проблема тако да ће будућа истраживања бити посвећена решавању истих, а посебно исхрани као једном од кључних фактора успешног гајења ове воћне врсте у циљу остваривања њене економски оправдане и одрживе производње и добијања плодова високе биолошке вредности.

## ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Један од основних предуслова интензивне производње крушке, јесте да се унапреди технологија гајења. Познато је већ да правилна исхрана воћака има неизоставну и незаменљиву улогу у постизању редовне и задовољавајуће родности праћене одличним квалитетом плода.

Главни циљ истраживања је испитивање утицаја органских (говеђи стајњак и Humus Vita Stallatico, HVS), минералних [кречни амонијум нитрат са 27% укупног азота (KAN), комплексно NPK минерално ђубриво (5-10-22)], органо-минералних (Multi-Comp Base, MCB) хранива и природних зеолита (Агрозел) на вегетативни раст, родност, физичке и хемијске особине плода и минералну композицију листа сорте крушке Вилијамовке.

С обзиром да је императив у производњи крушке добијање стабилних и економски оправданих приноса уз постизање врхунског унутрашњег и спољашњег квалитета плода који је здравствено безбедан, секундарни циљ истраживања јесте управо процена правилности примене наведених врста хранива у комерцијалном засаду крушке. Један од подциљева је и да се утврди повезаност и условљеност између агрономских и помолошких параметара као и параметара хемијске композиције листа и издвајање оног хранива које изазива најбоље особине стабла, плода и листа.

Имајући у виду значај крушке као стоног воћа и сировине за прераду, производња од 60-70000 t у нашој земљи не задовољава у потпуности потребе домаћег тржишта. С тога сматрамо значајним допринос овог рада за воћарску праксу у циљу бржег ширења квалитетних сорти крушке у Србији и сличним еколошким условима. Пошто исхрана крушке до сада није добила велику пажњу и није било много студија спроведених на ову тему, циљ рада је да се утврди утицај хранљивих материја на принос и квалитет крушке. Због тога је, између осталог, одлучено да се испита и однос хранљивих материја у лишћу плодова сорте Вилијамовке гајене у Србији.



## ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

Крушка припада породици Rosaceae, подфамилији Maloideae и роду *Pyrus*. Више од 80 врста укључено је у род *Pyrus* (Browicz, 1993). Дивље врсте распрострањене су у Европи, Северној Африци, Западној, Централној и Источној Азији и Јапану. Неке од њих се у Европи гаје од најстаријих времена. Сматра се да многе врсте потичу са истока Азије и узгајају се у Кини, Јапану, Кореји, итд. најмање 3000 година (Mratinić, 2016). Остали главни центри диверзитета укључују Медитеран, Грузију и Централну Азију. Крушка се у Европи узгајала још 1000 година пре нове ере. Све врсте рода *Pyrus* су способне за међусобну хибридизацију упркос широкој географској распрострањености. Отуда је често тешко разликовати сличне таксоне и таксоне који су у прошлости добијали називе врста и сада се сматрају природним хибридима, подврстама или сортама (Bell et al., 1996).

Врста *P. communis* L. (обична, дивља крушка) је највероватније пореклом из Европе и главна је врста која се узгаја у Европи, северној Америци, Јужној Америци, Африци и Аустралији. Сорте ове врсте као што су, примера ради, Вилијамовка (Williams' Bon Chrétien, Bartlett) и Анжујка (Anjou) су међу две најпрепознатљивије сорте крушке у Северној Америци и Европи, док је Конферанс најпопуларнија сорта која се узгаја у Италији, Холандији и другим европским земљама, укључујући Уједињено Краљевство.

Плод крушке је један од најраспрострањенијих производа у исхрани људи због свог сочног и пријатног укуса. Обично се користи у свежем стању или за производњу прерађевина као што су сокови, ракије, воћно вино, пире, желе и џемови. У Азији, посебно у Кини, Јапану и Кореји, крушка се већ више од 2000 година користи као традиционални народни лек за ублажавање алкохолизма, отклањање затвора, ублажавање кашља и упале плућа. Крушка је на петом месту у свету у односу на остале воћне врсте и то после банане, поморанџе, јабуке и грожђа, са производњом од 23,9 милиона тона и површином од око 1,61 милиона ha. У 2021. години, Кина је била највећи произвођач (15,9 милиона t) са више од 1,0 милиона ha површине, а следе Сједињене Америчке Државе, Аргентина, Турска, Јужна Африка, Белгија, Холандија, Шпанија, Индија, Италија, као водећих десет земаља света по производњи крушке (FAOSTAT, 2023).

Крушка се првенствено гаји због плодова који имају велику употребну вредност, пре свега као свежи, а затим и прерађени у низ производа. Због великог

садржаја тзв. примарних и секундарних метаболита, значајни су за исхрану и за здравље људи (Hudina i Štampar, 2005). Плодови крушке су одличан извор витамина С. Мање су алергени у односу на многе друге врсте воћа, тако да се кашице од крушке могу увести као прва храна за дојенчад (Vadivel i Janardhanam, 2005).

После другог светског рата па све до 1985. године, Европа је била највећи произвођач крушке у свету, са учешћем од 40-60% у светској производњи. 2012. године то учешће се svelo на свега 10% светске производње. Насупрот томе, производња крушке у Азији је имала тенденцију сталног пораста. Ово се може објаснити чињеницом да се у Европи гаје готово искључиво сорте које воде порекло од *Pyrus communis* L. које су све угрожене проузроковачима болести као што су *Erwinia amylovora* (бактериозна пламењача) и Pear decline (микрoплазматично сушење) и еколошким стресовима (пре свега мраз). У Азији доминирају у гајењу сорте пореклом од аутохтоних врста: *P. Serotina*, *P. Ussuriensis* и *P. Bretshneideri* које су отпорније или толерантније према овим озбиљним патогеним агенсима и према мразу (Mratinić, 2016).

У Србији је, после шљиве и јабуке, крушка најзначајнија воћна врста. У високо интензивним засадима (преко 1000 стабала по јединици површине) углавном су заступљене подлоге дуња МА и Ба.29 (Milošević i Milošević, 2016). Једна од најстаријих и тренутно водећих сорти крушке у Србији и свету је Вилијамовка која по квалитету плода и даље предњачи многим другим сортама. Поред шљиве и кајсије, најзначајнија је сировина за производњу ракије.

Вилијамовка је најароматичнија и најомиљенија крушка. Најранија истраживања о њеном саставу датирају из 1927. године. До сада је идентификовано чак 68 испарљивих једињења у Вилијамовци (Komes i Gani, 2010).

Успех у воћарској производњи условљен је не само избором сорте и подлоге, системом гајења и погодним еколошким чиниоцима, већ и мерама неге, где је посебно значајна исхрана или ђубрење.

Исхрана воћака је агротехничка мера која се примењује пре бербе и која утиче на продуктивност и квалитет плодова воћа. Због тога се обавља врло пажљиво и стручно, јер се након бербе квалитет плодова не може побољшати. У производним засадима у Србији, првенствено се користи сложено NPK (15:15:15) и азотно минерално храниво (KAN и/или уреа) и стајско ђубриво (Milošević et al, 2013a). Комплексно NPK минерално ђубриво и стајњак додају се у земљиште у касну јесен, а N ђубрива у рано пролеће. Микроелементи се додају када их нема довољно у земљишту, односно у ткивима и органима биљке, најчешће фолијарно. Од недавно се у касну јесен у земљиште уноси природни зеолит, комерцијалног назива „Агрозел“, сам или када се помеша са N, P, K и/или стајским ђубривом. Добро је позната чињеница да примена зеолита у земљишту повећава његову електричну проводљивост, што као резултат повећава капацитет задржавања хранљивих елемената и обично повећава рН вредност земљишта (средство за кондиционирање тла). Потврђено је да, када се помеша са једињењима N, P и K, природни зеолит појачава деловање таквих једињења као храниво са спорим ослобађањем. Штавише, то се односи и на остале важне хранљиве елементе као што су Ca, Mg и микроелементи. Зеолит, такође, може побољшати физичка својства земљишта. Подаци из литературе показују да природни зеолити побољшавају раст и развој биљака и да је њихова примена резултирала повећањем приноса неких врста воћака

као што су јабука (Torii, 1978) или кајсија (Milosevic i Milosevic, 2009; Milošević et al., 2013a).

Бројни аутори су се бавили проблемима исхране воћака. Када је крушка у питању, највећи број истраживача проучавао је утицај различитих врста хранива и времена примене, као и количину и однос додатих хранива на родност и квалитет плода (Јанковић, 1994).

### 3.1. Вегетативни и генеративни потенцијал крушке

У току вегетационог периода, раст крушака протиче у периодичном образовању новог лишћа, цветова, летораста, плодова, пупољака и корена. Посебно је уочљив раст летораста. Летораст се развијају из вегетативних пупољака образованих у претходној вегетацији. Раст летораста у дужину се обично завршава у јуну, у зависности од климатских чинилаца, док се најинтензивнији раст дешава најчешће средином маја. Код врло бујних сорти ова фаза може да се продужи и у јуну. Поред сорте и подлоге, на ово утиче и обезбеђеност водом, минералним елементима и количином већ формираних резервних материја. Иако се за растење летораста може рећи да је то генетска особина крушке, оно у значајној мери зависи од много других фактора: еколошки чиниоци, тип земљишта, примењене агротехничке и помотехничке мере, старост засада и многи други фактори. Температура је значајан еколошки фактор који на пораст летораста делује индиректно. Тако на пример, под утицајем ниских зимских температура, ишчезавају инхибитори раста који се налазе у пупољцима, што спречава појаву летораста младара пре кретања вегетације (Mratinić, 2016).

С друге стране, добра обезбеђеност хранљивим материјама је врло важна карика у расту летораста. Од макро- и микроелемената који се уносе са хранивима, највећи утицај има азот, чије се дејство, као и дејство осталих хранљивих елемената, повезује и са растом осталих органа (цветови и листови).

Прекомерни вегетативни раст и нередовно рађање често су непожељни у воћарској производњи. У многим засадима крушке појављује се проблем превелике бујности стабала и као последица тога алтернативно плодоношење (Crisosto et al., 1997). Регулација раста у интензивном систему гајења крушке сматра се важном мером технологије гајења за постизање редовних приноса и квалитетних плодова. Млада стабла Вилијамовке су позната по ниском степену заметања плодова. Висок проценат плодова отпадне и током редовног јунског опадања.

Вегетативни раст и принос воћа је под утицајем неколико фактора, али изнад свега највећи утицај има исхрана (Dar et al., 2015). Такође, раст дрвета у току вегетације, зависи и од дубине садње и начина одржавања земљишта у воћњаку (Kolečevski et al., 1995). Исто тако, у многим литературним подацима (Bonanu et al., 2000; Maas, 2007) могу се наћи резултати који указују на то да је површина попречног пресека дебла (ПППД) добар параметар за одређивање водног статуса стабла.

Димензије дебла исказане кроз површину попречног пресека дебла (ПППД) су значајан индикатор пораста дрвета, тј. његове бујности (Simovski i Ristevski., 1986). Али, важно је истаћи да је ПППД променљива особина, а варирање је првенствено условљено избором сорте и подлоге. Тако, Kiprijanovski i Ristevski (2009) наводе да је, на крају вегетационог периода десете године, ПППД Вилијамовке калемљене на Ба.29

износио 59 cm<sup>2</sup>. Вредности за ПППД код сорти Абе фетел и Конферанс у деветој години старости, калемљене на Ба.29 износиле су 25.9 cm<sup>2</sup>, односно 25.7 cm<sup>2</sup> (Castro i Rodriguez, 2002). Вегетативни раст, мерен кроз ПППД, је варијабилна особина која највише зависи од изабране подлоге (Castle, 1995; Milosevic et al., 2009). Неки аутори су показали да старост засада, узгојни облик и принос утичу на бујност (Vitanova et al., 2007). Такође је познато да и сорта може значајно утицати на понашање подлоге у погледу бујности стабла (Gonçalves et al., 2006) кроз интеракцијски однос са подлогом.

С друге стране, Bhat et al. (2009) истичу да су број листова и њихова површина одлучујући фактори за оптималан раст и развој код свих воћних врста. Површина листа је варијабилно својство и зависи од низа фактора. То потврђује податак да се код сорте Пакхамс тријумф на шест различитих подлога просечна површина листа кретала од 54,16 cm<sup>2</sup> до 92,18 cm<sup>2</sup> (Giacobbo, 2008).

Поред свега овога, бројни аутори имају став да је исхрана у воћњаку такође један од кључних фактора који утичу на бујност и вегетативни раст уопште (Rathore, 1991; Ruehmann et al., 2002; Dar et al., 2012).

Принос представља најважнију компоненту воћарске производње. На принос утичу бројни чиниоци: сорта, подлога, примењене агротехничке и помотехничке мере, старост засада, еколошки услови, здравствено стање стабала итд. (Glišić, 2004). Главне параметре генеративног потенцијала крушке чине број и врста родних граница, обилност цветања и опрашивања. Међутим, код крушке, обилност цветања представља само потенцијалну обилност рађања, али восина приноса зависи од много других фактора. Као и већина воћних врста, и крушка цвета у пролеће (март-април-мај). Вилијамовка је сорта крушке код које може наступити и такозвано нередовно цветање, које наступи неколико недеља по завршетку нормалног цветања (Stančević, 1980).

Опрашивање сорти крушке врши се ентомофилно. Грађа и изглед цвета су такви да привлаче инсекте. У опрашивању учествују многе врсте инсеката, али 80-85% учествује медоносна пчела (*Apis mellifera* L.) (Mratinić, 2016). Нектар крушке у себи садржи одређену количину каприлне и капронске киселине, које су непријатног мириса, и због тога инсекти нерадо посећују цвет крушке (Милошевић, 1997). Да би дошло до оплођења, неопходно је да се успешно обави опрашивање, као и да буду испуњени одговарајући биолошки и еколошки услови.

Честа појава код неких сорти крушке, међу њима и Вилијамовке, је партенокарпија која представља образовање плода без оплодње (Пауновић и Кулина, 2018). Ова особина је од великог значаја за праксу, јер су се такве сорте показале отпорнијим према одређеним штеточинама и суровијим метеоролошким условима у време цветања и оплодње (Mratinić, 2016).

Развитак плода код крушке зависи од много чинилаца, али се посебно истиче снабдевеност хранљивим материјама. Ова етапа је различите дужине у зависности од сорте (Mratinić, 2012). Само добро познавање особина сорте омогућује, да у интензивном гајењу крушке, уз примену савремених агротехничких и помотехничких мера, настојимо да обезбедимо оптималне услове за раст и развој и испољавање њених генетских и фенотипских карактеристика.

Вилијамовка је сорта крушке која име средњу способност разграђавања. Код ње је око 50% заступљено кратко родно дрво. Према ИБПГР (1986-1998)

дескриптору, по времену почетка цветања сврстава се у средње сорте, а по времену сазревања у средње ране. Средње је родности, али квалитет плода је екстремно добар. Цваст је рацемозног типа – гроња са 5-9 цветова. Цвет је хермафродитан. Састављен је од 5 чашичних листића, 5 круничних листића, 1 тучка и већег броја прашника. Према Плијеву i sag. (1984) плод Вилијамовке је средње крупноће, масе 150-200 g, са плитким и средње широким чашичним удубљењем. Покожица плода је танка, жута, а мезокарп ситнозрнасте структуре. Нажалост, Вилијамовка спада у сорте високе осетљивости на крушкину буву (*Cacopsylla pyricola* Föerster, syn.: *Psylla pyricola* Föerster) и бактеријалну пламењачу [*E. amylovora* (Burrill) Winslow et al.].

### 3.2. Физичке особине плода крушке

Сензорни квалитет плода је важан за прихватање и конзумирање воћа од стране потрошача. За крушку, њен сензорни квалитет је одређен бојом покожице, величином, обликом, ожилцима, руменилом, чврстином, аромом, бојом и сочношћу мезокарпа, текстуром, слаткоћом, нутритивним саставом, рН вредности и тако даље. Међу њима боја плода, текстура, арома и укус су препознати као најважнија сензорна својства за потрошаче (Makkumrai et al., 2014). Текстура је делимично повезана са променама у саставу ћелијског зида током зрења, нпр. као пектин растворљив у води и етилен. Тако, ниво пектина у плоду крушке има веома јаку позитивну корелацију са неким атрибутима текстуре (сочност) и неким атрибутима укуса (слаткоћа), док су у негативној корелацији са хрскавошћу и чврстоћом мезокарпа (Makkumrai et al., 2014).

С друге стране, информације везане за физичке особине плода су од великог значаја за правилан избор механизације и дизајн опреме која ће бити коришћена за бербу и операције после бербе као што су транспорт, сортирање, чишћење (прање), калибрирање, паковање и наравно за прераду у различите прехранбене производе (Ozturk et al., 2009).

Облик, површина и запремина плода су физичка својства са доминантном улогом у многим процесима размене топлоте као и другим процесима у манипулацији плодовима (Mohsenin, 1986). Четири недеље пред бербу плодови достижу 60% своје коначне масе (Caspari et al., 1994).

Плодови воћа, укључујући и крушке, су претежно неправилног облика. Генерално, њихов облик се може описати као спљоштен, дугуљаст, јајаст, елиптичан, сферичан. Потпуна карактеризација њиховог облика захтева додатна мерења. Обично снимање три међусобно управне осе нуди довољно информација за даље прецизирање запремине или површине плода. Мерење плода у три димензије може да се уради ручно помоћу шублера или трасирањем помоћу фотографског увећања (Mohsenin, 1986).

Многи аутори су истицали значај испитивања физичких особина плода код различитих воћних врста. Kabas et al. (2006) су испитивали повезаност између физичких особина и садржаја влаге у плоду. Открили су да су линеарне димензије (дужина, ширина и дебљина), као и средњи геометријски пречник, сферичност и површина плода били мањи са смањењем садржаја влаге. Површина и запремина плода су уско повезани са садржајем влаге: када се садржај влаге смањи, површина и запремина се такође линеарно смањују.

Бројни аутори истичу важност познавања физичко-механичких особина плода код различитих хортикултурних врста. Тако, Ozturk et al. (2009), између осталог, наводе да је познавање физичко-механичких особина врло значајно приликом бербе, манипулисања и прераде плодова крушке. Наиме, познавање ових особина олакшава дизајнирање специјалних машина за обављање бербе и операција које следе. Затим, неке од ових особина користе се за одређивање облика плода што је често неопходно приликом неких хортикултурних истраживања у различите сврхе, као што је нпр. израда описа неке сорте или њена евиденција (Beyer et al., 2002), процена потрошачких преферирања, испитивање херитабилности особина које одређују облик плода (White et al., 2000) или приликом анализирања степена оштећења pokožице услед дистрибуције плода (Considine i Brown, 1981). Такође, Jannatizadeh et al. (2008) објашњавају да је познавање облика и физичких димензија корисно приликом чишћења, класирања и сортирања плодова кајсије и осталог воћа. Ови аутори још истичу, да је код кајсије, на пример, одређивање површине плода важно за успостављање прецизног преноса топлоте и масе током хлађења и сушења плодова. Познавање вредности овог параметра може користити и приликом одређивања масе кутикуларне мембране по јединици плода (Peschel et al., 2007) јер, кутикуларна мембрана прекрива плод и чини чврсту везу између биљке и околине. Jeffree (1996) још наводи, да она штити од губитка воде и хранљивих материја, механичких оштећења и напада патогена.

Такође, чврстина плода се често може искористити за процену квалитета плодова, посебно приликом селективног брања и сортирања плодова након бербе (Ozturk et al., 2009).

### 3.3. Хемијске особине плода крушке

Плодови крушке нису само укусна композиција у нашој свакодневној исхрани, већ су и извор енергије, витамина, минерала, дијететских влакана и других хранљивих материја, који играју важну улогу у одржавању квалитета плода и одређивању хранљиве вредности (Chen et al., 2007). Проучавање нутритивног састава плодова крушке, као што је садржај шећера, органских киселина, аминокиселина, витамина, испарљивих материја и тако даље вршили су и Chen i Yan (2004). Постоји и још неколико истраживања који се фокусирају на одређени хемијски и нутритивни састав плода крушке, као што су укупни шећери, укупне киселине, растворљива сува материја, органске и масне киселине (Doyon et al., 1991; Hudina i Štampar, 1998), аминокиселине, полифеноли, флавоноиди, антоцијанини, влакна и минерали (Galvis Sánchez et al., 2003; Li et al., 2014). Сви ови параметри су утврђени као главни биоактивни и хранљиви састојци у различитим сортама крушке (Li et al., 2012).

Укус крушке је одређен њеним ароматичним испарљивим једињењима. Укус је такође кључни фактор сензорних атрибута. Равнотежа између слатког и киселог укуса утиче на прихватање плода крушке код потрошача, што се највише повезује са садржајем шећера (фруктоза, сорбитол, глукоза и сахароза) и органских киселина. Многа истраживања показују да је прихватљив опсег равнотеже слатко/кисело 2–4, мерено односом садржаја растворљивих сувих материја/титрационе киселости (PCM/УК) у плоду крушке (Makkumrai et al., 2014).

Фосфор, калијум, калцијум, магнезијум, гвожђе и други минерални елементи су такође важни хранљиви састојци садржани у крушкама. Различите сорте крушке имају различите хранљиве вредности плода и представљене су кроз различите ароме и укусе. Европске крушке (*P. communis* L.) обезбеђују већи садржај калорија и шећера, док су азијске крушке (*P. pyrifolia*, *P. bretschneideri* Rehd.) обично богате водом и са мањим су садржајем шећера и скроба. Азијске крушке се означавају као дијететско или здраво воће, а европске крушке се често користе као послатице у људској исхрани (Chen i Yan, 2004).

Глукоза, фруктоза и сахароза у плоду се стварају из сорбитола, а присуство ова четири шећера игра кључну улогу у сласти плодова крушке. Јабучна и лимунска киселина су две главне органске киселине садржане у плодовима крушке (Sha et al., 2011).

Фенолне киселине и њихови деривати су широко распрострањени у плодовима крушке, па чак и у гранама и цветовима. Многи фенолни фитонутријенти, као што је хидроксибензојева киселина (хлорогенска киселина, гентизинска киселина, сирингична киселина и ванилинска киселина), хидроксициметна киселина (кумаринска киселина, ферулинска киселина и 5-кафеоилкинска киселина), хидроксихинони (арбутин), флаваноли (катехин и епикатехин), флавоноли (кверцетин, изорхамнетин и кемпферол) и антоцијанини су идентификовани у плодовима крушке, који утичу на антиоксидативно и антиинфламаторно дејство плодова и њихових производа. Поред тога, каротеноиди као што су бетакаротен, лутеин и зеаксантин су такође важни фитонутријенти садржани у крушкама (Li et al., 2014).

Чврстоћа мезокарпа, садржај растворљивих сувих материја (PCM) и укупне киселине (УК) су три важне особине ткива плода, која директно утичу на квалитет, укус и текстуру, а промена у чврстоћи мезокарпа може бити последица нутритивног састава сорти и модификације хемијске структуре ћелијског зида, у зависности од услова складиштења, датума бербе и услова гајења (Chen i Yan, 2004). Тако, PCM и УК, као и њихов однос су веома важни индикатори за правилно одређивање времена бербе плодова и прихватљивости од стране потрошача (Kappel et al., 1995; Hudina i Štampar, 2005; Ozturk et al., 2009). По истим ауторима, садржај ових материја је директно повезан са мерама технологије гајења примењеним у засаду (узгојни облик, исхрана, асимилациона површина, наводњавање).

Промене у укусу, чврстоћи и појавном облику плодова могу бити последица промене садржаја неких компоненти као што су, садржај укупних киселина или шећера (Hudina i Štampar, 2005). Маса плода и садржај растворљивих сувих материја у плоду могу бити значајни показатељи најбољег тренутка за бербу. Шећери, алкохолни шећери, органске киселине и витамини су веома корисни као индикатори метаболичких активности у плодовима и они указују на промене у квалитету плода. Варијације укуса, чврстоће и спољашњег изгледа могу бити услед промена у садржају и односима органских киселина, шећера и алкохола (Douyon et al., 1991). Метаболизам ћелијског садржаја, важан за укус воћа (нпр. шећери, органске киселине, полисахариди, пигменти и ароматичне компоненте) значајно се мења током развоја плодова. Дакле, брига за квалитет плода и принос метаболичком контролом ових супстанци током периода раста и развоја плодова је од посебног значаја.

Calvo et al. (2010) истичу да су препоручени параметри зрелости за почетак бербе плодова Вилијамовке у Рио Негру (Аргентина): чврстина мезокарпа између 8,62 и 9,52 kg cm<sup>-2</sup>, укупна титрациона киселост између 0,3% и 0,4% и растворљиве суве материје веће од 10%.

Садржај шећера, аминокиселина и органских киселина не само да има значајан утицај на сензорни квалитет плодова, већ имају и битну улогу за одређивање хранљиве вредности. Истраживања о промени садржаја шећера, органских киселина и аминокиселина у ускладиштеним плодовима сорти крушке Yali и Kuerle (Chen i Yan, 2004) показују да се квалитет плода крушке може сачувати и током складиштења. Слично томе, Chen et al. (2007) истичу да је чврстоћа плода сорте крушке Kuerle смањена веома мало током складиштења, а њен РСМ се развијао сазревањем плода и повећавао полако од првог месеца након складиштења. Поменути аутори су такође идентификовали и квантификовали једињења шећера, органских киселина, аминокиселина и масних киселина осам комерцијалних сорти крушке пореклом из Кине. Резултати су показали велике квантитативне разлике у саставу сорти крушке. Јабучна, лимунска, кининска и шикимична киселина су биле главне органске киселине, а преовладавајућа органска киселина у испитиваним крушкама била је јабучна киселина. Слично томе, добијени су резултати садржаја органских киселина у плодовима 40 сорти четири главне врсте крушке (*P. ussuriensis*, *P. bretschneideri*, *P. pyrifolia* и *P. communis*) у Кини које су испитивали Sha et al. (2011). Фруктоза је била доминантни шећер у осам сорти крушке, затим глукоза и сахароза. Садржај укупних киселина се кретао од 2171 mg/kg свежих крушака до 3607 mg/kg свежих крушака.

Садржај органских киселина се обично користи за одређивање сензорног квалитета плода, који је у складу са преференцијама потрошача за одређену сорту (Chen et al., 2007). Оно што је већ утврђено јесте чињеница да квалитет плодова крушке зависи од текстуре мезокарпа, слаткоће, киселости, укуса и боје покожице (Vangdal, 1985). Међутим, на текстуру мезокарпа може утицати такође и наводњавање или довољно снабдевање водом. Неопходно је, дакле, да се прати метаболизам супстанци у квалитету плодова и воћке уопште приликом контроле раста и развоја плодова. Слаткоћа, киселост и укус зависе од садржаја шећера, органске киселине и ароматичне компоненте које се током развоја плода значајно мењају (Doyon et al., 1991; Hudina i Štampar, 1998). Садржај шећера и органских киселина који зависе од генотипа повезани су са технологијом гајења која се изводи у воћњаку (исхрана, наводњавање, контрола болести и штеточина, узгојни облик и резидба) (Caspari et al., 1994; Hudina i Štampar, 1999; Hudina i Štampar, 2000).

На квалитет плодова крушке велики значај има и лисна површина. На пример, дефолијација која може бити изазвана нападом *Venturia inaequalis*, *Gymnosporangium sabinae* или оштећењем лисне површине услед ожеготина (што је врло честа појава у летњим данима посебно код сорте Конферанс) може изазвати поремећаје у процесу фотосинтезе и самим тим смањење садржаја шећера (глукоза, фруктоза, сахароза, сорбитол и растворљиве материје) и органских киселина (лимунска, фумарна и шикиминска) и на тај начин утицати на квалитет плодова. Уз наводњавање и квалитетну исхрану, негативни ефекти опадања листова могу се ублажити (Hudina i Štampar, 1999). Смањен садржај шећера и органских киселина значајно погоршава квалитет, посебно утичући на способност чувања и складиштења, па самим тим и пласирање плодова крушке на тржиште (Hudina i Štampar, 2002).



За разлику од примарних метаболита, секундарни метаболити су широко распрострањени у биљним ткивима и играју улогу у стварању одбрамбених механизма биљака. Воће и поврће представља добар извор биоактивних компоненти које јако утичу на њихову нутритивну вредност. Међу тим материјама, значајно су заступљени феноли, који имају снажно антиоксидативно дејство (Galvis Sánchez et al., 2003). Феноли су присутни у свим деловима биљке, укључујући корен, стабло, листове и плодове (семенка, мезокарп и покожица) и повезују се са отпорношћу на дејство патогена из спољашње средине (Li et al., 2014). У поређењу са мезокарпом, многе воћке, па и крушка, садрже више фенола у покожици (Li et al., 2014; Kolniak-Ostek i Oszmianski, 2015).

Описано је неколико хиљада фенола и њихов садржај варира од 5 до 50 g kg<sup>-1</sup> суве масе биљног ткива (Swanson, 2003). Феноли су важна група биолошки активних једињења у биљкама која јачају организам и спречавају болести (Sun et al., 2002). Имају посебно јак антиоксидативни ефекат који је уско повезан са антиинфламаторним и антиканцерогеним ефектом (Pandey i Rizvi, 2009). Многим испитивањима је доказана значајна корелација између потрошње хране богате фенолним једињењима и смањеног ризика за развој кардиоваскуларних и неуродегенеративних болести (Weichselbaum, 2010). Феноли могу директно утицати на биљке јер су укључени у метаболизам и имају функцију у расту и развоју (Kozlowski i Pallardy, 1997). Ова једињења (секундарни метаболити биљака) су један од биохемијских фактора који утичу на отпорност на биљне патогене, као што је *Erwinia amylovora*, која изазива бактеријалну пламењачу на крушки, јабуци, дуњи и др. (Colaric et al., 2006).

Флавоноиди су посебна класа полифенолних једињења заступљена у свим биљним органима. Многа једињења из класе флавоноида су јарких боја и као таква имају важну улогу у опрашивању и размножавању биљака јер цветове и плодове чине атрактивним за пчеле и птице, док су насупрот њима нека једињења безбојна, али такође имају виталну улогу као заштитна средства од инфекција, напада инсеката итд. (Milić et al., 2000).

Природно формиране фитохемикалије или функционалне супстанце у воћу потенцијално спречавају људске болести као што су рак, болести срца и хипертензија (Sun et al., 2002). Фитохемикалије укључују једињења полифенола, флавоноиде, каротеноиде и токофероле, који елиминишу слободне радикале супероксид-јонских и липидних пероксилних радикала и спречавају липоксигеназу и циклооксигеназу. Полифеноли су главна антиоксидативна једињења (Sun et al., 2002) и повећање полифенолних једињења доприноси антиоксидативној активности.

Велики број резултата указује на постојање различитих врста фенолних једињења у покожици плода у цветовима и другим деловима стабла крушке, који садрже арбутин, хлороген киселина, катехине, епикатехине, проантоцијанидине, изорхамнетина, кемпфероле и неке негликозиловане флавоне и флавоноле као и многа друга једињења (Lin i Harnly, 2008). Ови аутори су анализирали фенолна једињења у покожици 16 сорти крушака и идентификовали су 34 флавоноида и 19 хидроксицинамата. Арбутин и хлорогена киселина су препознати као главно фенолно једињење у свим тестираним сортама крушке. Фенолима и антиоксидативном активношћу у различитим сортама крушке бавили су се детаљно и Salta et al. (2010).

Витамин С је растворљиви антиоксиданс против реактивних врста кисеоника у комбинацији са другим антиоксидансима као што су глутатион и  $\alpha$ -токоферол у циклусу аскорбат-глутатион система. Витамин С није само веома важан током узгоја и складиштења или рока трајања биљака, већ и за здравље људи. У крушкама постоји веза између садржаја витамина С и осетљивости на појаву плутастих пега на мезокарпу током складиштења. То је потврђено код плодова сорте Конферанс (Veltman et al., 1999). Плодови ове сорте гајене у Холандији у време бербе су имали  $72 \text{ mg kg}^{-1}$  суве материје витамина С, док се његов садржај у истим плодовима смањило на  $23 \text{ mg kg}^{-1}$  суве материје након 199 дана складиштења у контролисаним условима. То значи да је витамин С веома важан параметар квалитета плода и треба га одржавати на одговарајућем нивоу. Ниво витамина С у ткиву крушке се разликује у зависности од сорте и стадијума зрелости. То потврђује експеримент који су извели Chen et al. (2007) на осам различитих сорти крушке узгајаних у Кини. Сорте су упоређене и утврђено је да је садржај витамина С код ових сорти крушке варирао од 1,30 до  $4,55 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$  у соку.

Иако је познато да је антиоксидативна активност различитих екстраката различита, добро је позната и чињеница да антиоксидативна активност зависи како од слободних радикала тако и оксиданата који се примењује, тј. од селективности и механизма деловања употребљеног радикала (Floegel et al., 2011). Фенолна једињења, у складу са хемијском структуром, показују различито понашање са радикалом (Zhao et al., 2006), па варијације у антиоксидативној активности зависе од поларности фенолних једињења и флавоноида. АВТS метод представља скрининг антиоксидативне активности и применљив је и на липофилне и хидрофилне антиоксиданте укључујући флавоноиде, хидроксицинамате и каротеноиде (Re et al., 1999), док се DPPH користи за процену антиоксидативне активности фенолних једињења.

У литератури постоје различити ставови о повезаности садржаја фенолних киселина и укупне антиоксидативне активности. Неки указују на постојање позитивне корелације међу њима (Kähkönen et al., 2001), док други тврде да не постоји уопште корелација (Sun i Ho, 2005). Kaur i Кароо (2002) истичу да поједине фенолне компоненте имају високу антиоксидативну активност, па тако утичу на укупан фенолни садржај и њихову антиоксидативност. С друге стране, Kähkönen et al. (2001) сматрају да укупан антиоксидативни потенцијал не зависи само од укупних фенола, већ и од других једињења као што су токофероли, каротеноиди, аскорбинска киселина итд. Постоји такође и став да антиоксидативно деловање не зависи само од концентрације појединачних антиоксиданата, већ и од структуре и интеракције међу антиоксидантима (Sun i Ho, 2005).

### 3.4. Утицај хранива на раст и принос крушке

Исхрана воћњака, као врло битна агротехничка мера, сматра се једним од најефикаснијих алата за повећање приноса воћа. Релативно ниска цена хранива у једном периоду, као и позитиван одговор стабла кроз вегетативни и репродуктивни пораст на додате хранљиве материје довео је до тога да се хранива употребљавају без анализе стварних захтева стабла. Међутим, с обзиром на повећање глобалног тржишта, уводи се стратешко унапређење воћарске производње кроз квалитетну

понуду производа који задовољава потражњу у погледу органолептичких карактеристика, функционалних својстава и окружења.

Значај исхране воћака огледа и у побољшању спољашњег и унтрашњег квалитета плода. Редовни приноси са оптималним квалитетом плодова важни су циљеви за тржиште и економски оправдану и одрживу производњу воћа. Сваки биогени елемент има виталну улогу у расту и развоју воћака. Уочен је позитиван однос између есенцијалних хранљивих материја и квалитета плода, као и приноса воћа (Rathore, 1991). За одређени хранљиви елемент постоји веза између његове концентрације у земљишту и биљкама и приноса, као и квалитета плодова, што би требало да служи као водич за постизање максималне продуктивности и квалитета плодова (Dar et al., 2012). Тако су Brunetto et al. (2015) учили повезаност расположивих хранљивих материја са приносом и квалитетом плода код крушке, а Awasthi et al. (1998) код јабуке. Међутим, мало се зна о нутритивним потребама крушке, а резултати су понекад контрадикторни и зависе од неколико фактора као што су избор сорте и подлоге, услови животне средине и технологија гајења (Jordão et al., 2008).

Континенталне воћне врсте, међу којима је и крушка (*P. communis* L.), требало би да се исхрањују кад год земљиште није у могућности да обезбеди довољне количине приступачних хранљивих елемената за постизање максималних приноса. Међутим, чини се да овај једноставан концепт још увек није потпуно разрађен. Генерално, у најтрадиционалнијим регионима производње воћа, програми ђубрења су конципирани на основу плодности земљишта, захтева стабала и приноса. Резултати хемијске анализе земљишта и листа се пореде са критичним распонима хранљивих материја за одређену воћну врсту. Неке друге методе такође узимају у обзир критеријуме за препоруку као што су очекивани принос, раст биљака, који се може проценити према дужини прираста и фази развоја плодова (CQFS-RS/SC, 2004).

Минерална (индустријска) ђубрива представљају јако широку групу биљних фертилизатора у којима је садржан најчешће висок проценат активне материје (биогених елемената-хранива за биљку у облику неорганских једињења у поређењу са органским ђубривима). Њихова производња и примена почела је средином 19. века са знатном експанзијом у 20. веку, посебно после Другог светског рата. Минералним ђубривима биљке се врло ефикасно и брзо обезбеђују дефицитарним хранивима, без последица на исцрпљивање земљишта у дужем периоду коришћења. Повећаном производњом и применом минералних ђубрива последњих деценија, како у свету, тако и у нашој земљи, приноси гајених култура су знатно повећани. Према статистичким подацима светске организације за пољопривреду и храну, просечно учешће минералних ђубрива у повећању приноса гајених биљака је између 40 и 50%. Иако је значај минералних ђубрива у остварењу приноса врло велики, њихова улога се мора посматрати само у склопу комплексних мера у пољопривреди (Ruehmann et al., 2002).

Прекомерна доступност хранљивих материја у поређењу са стварним захтевима воћке доводе до негативних резултата. На пример, јавља се прекомерна бујност стабла, смањен принос и лоша обојеност плода, абортација цвета (Martín et al., 2004) као и повећана учесталост гљивичних обољења на лишће и плод (Huber i Thompson, 2007), а посебно се појачава напад крушкине буве (Daugherty et al., 2007).

Многи елементи када се нађу изнад оптималних граница могу изазвати симптоме токсичности (Mengel et al., 2001). Квалитет плода мора испуњавати стандарде које захтева тржиште (свежа потрошња, складиштење или прерада плодова). Принос и квалитет крушке првенствено зависе од сорте, опрашивања, ђубрења и водног режима (Hudina i Stampar, 2000). Нажалост, већина произвођача бира висок принос у односу на квалитет. При томе преферирају минерална хранива у односу на органска, што резултира проблемима попут нарушавања структуре земљишта, смањења садржаја органске материје, неравнотеже хранљивих материја и на крају, смањења квалитета плода. Према томе, примена органске материје може ублажити неке негативне ефекте изазване минералним хранивима. Примена органских хранива има потенцијалне користи у стабилизацији структуре земљишта, одржавању влажности, повећању пропустљивости и биолошке активности (Gomes et al., 2010).

Повећање приноса плодова доброг квалитета је увек био изазов за произвођаче. Уравнотежена исхрана у воћњаку заједно са добром технологијом гајења може помоћи у побољшању квалитета плодова са високим приносима.

Исхрана засада у роду треба да обезбеди оптималан однос између раста и родности, тј. да осигура висок, стабилан и квалитетан род уз оптималан раст вегетативних органа. Потрошња хранљивих материја стабала у роду зависи од сорте, подлоге, густине засада и приноса. Ђубрење у роду обухвата основно ђубрење и прихрањивање. Основно ђубрење се обавља стајњаком, фосфорним и калијумовим хранивима и то од јесени до почетка вегетације. Прихрањивање се врши са кретањем вегетације, азотним хранивима. На тај начин се ствара основ за добро плодоношење у току вегетације, јер азот позитивно утиче на диференцијацију генеративних пупољака и на заметање плодова, као и на смањење јунског опадања плодова јабучастих воћака (Убавић и сар., 2016). Исхрана воћњака пре бербе је веома важан фактор који утиче на продуктивност и квалитет плода и мора се извести веома пажљиво, јер након зрења квалитет плода се не може поправити (Crisosto et al., 1997).

Принос и квалитет плодова крушке могу изостати услед недостатка било ког минералног елемента (Hudina i Stampar, 2000).

Азот је један од најзначајнијих елемената за високу продуктивност и раст стабла (Titus i Kang, 1982), а такође утиче на развој плода и семена (Marschner, 1995). С друге стране, неуравнотежена исхрана или претерана примена азотних ђубрива доводи до слабог квалитета плодова (Ganeshamurthy et al, 2011). Високе количине азота воћка може узимати само у случају довољне количине К. Калијум се сматра важним елементом у побољшању квалитета плодова воћа. Најзаступљенији је елемент у плоду који утиче на крупноћу, чврстину, обојеност, РСМ и садржај укупних киселина (Brunetto et al, 2015). Исхрана са калијумом (К) помаже диференцијацију цветних пупољака (Lalatta, 1975).

Као и друге воћке, и крушка захтева одређену минералну исхрану за свој раст и развој. Јако бујна стабла крушке су посебно осетљива на бактеријалну пламењачу (*E. amylovora*). Због тога, крушци је потребно много мање азота него нпр. јабуци (Marini, 2009). Само у случају доказаног недостатка, препоручује се уношење више азота, подељеног у неколико доза. Део азота се даје на почетку вегетације, а остатак у време пуног цветања и најкасније до јунског опадања. На плодним, земљиштима богатим у хумусу, у касно лето-јесен кроз интензивну минерализацију хумуса, долази

до нежељеног накупљања нитрата. Ово, како наводи Гвозденовић (1998), није повољно за воћке, јер омета сазревање летораста, успорава формирање црвене боје на плодовима, а такође, плодови постају прекрупни, а смањује се отпорност дрвета на зимски мраз.

Према Mratinić (2016), крушка повољно реагује на азотна ђубрива, јер азота у земљишту углавном нема довољно. Родније и мање бујне сорте крушке потребно је интензивније ђубрити, нарочито азотом. Ради боље оплодње крушке, обавезно је уношење азотног хранива 3-4 недеље пре очекиваног цветања. Код бујнијих сорти крушке, предлажу се мање количине азота, а од азотних ђубрива треба користити уреу, амонијум нитрат или калцијум нитрат. Сваког пролећа треба применити NPK ђубриво, око месец дана пре цветања, и то око 0,10 kg тзв. чистог азота по стаблу. За стабла крушке која се гаје на песковитом земљишту или ако је вегетативни пораст мањи од очекиваног, количина азота може бити удвостручена (Marini et al., 2009).

Азот још има одлучујућу улогу у многим функцијама стабла укључујући раст, формирање цветних пупољака, заметање плодова и величину плода (Marschner, 1995). Недостатак овог елемента смањује раст, али и капацитет приноса, оплодњу јајних ћелија и развој плодова. Поред тога, N ђубрење је побољшало развој корена чиме је олакшано снабдевање хранљивим материјама и водом у остале делове биљака, што резултира у повећаној фотосинтетској активности и самим тим већим вегетативним растом и бољом продуктивношћу јабуке Ајдаред (Milošević et al., 2019).

Примену азота треба обављати рационално. Превелика примена азотних ђубрива може довести до испирања нитратног азота, што неповољно утиче на економичност производње. Количине азота треба да буду прилагођене садржају у земљишту, потребама и намени гајених биљака. Богатство и плодност земљишта утичу на усвајање минералних елемената и то усвајање је боље на сиромашним земљиштима (Mratinić, 2016).

Треба имати у виду, приликом прихрањивања, да обилно ђубрење азотом повећава киселост земљишта, посебно ако се користе физиолошки кисела ђубрива као што је уреа, може утицати на смањење количине шећера у биљкама, а такође може изазвати интензивније измрзавање биљака у току зимског периода (Ubavić i sar., 2001). У сврху смањивања превелике количине азота, поред умереног уношења азотних хранива у земљиште, овај аутор препоручује затрављивање редова, умањено наводњавање за око 50% и мулчирање у међуреду. Воћкама је важно обезбедити довољне количине азота у три критична периода: од кретања вегетације до заметања плодова, у току интензивног раста плодова и у периоду после бербе.

Бројни фактори утичу на избор облика азота за прихрањивање. Један од најважнијих је рН вредност земљишта. Азот у нитратном облику је за исхрану биљака повољнији у много ширем распону рН вредности него азот у амонијачном облику. У алкалној средини је повољнији нитратни јон јер се у тој средини амонијачне соли разграђују и настаје слободни амонијак. Амонијак испарава, или ако се задржава у земљишту утиче неповољно на раст биљака. У неутралној до благо киселој средини деловање оба јона на раст биљака је подједнако, а око неутралне реакције деловање амонијачног јона је повољније јер је плазма ћелије у тим условима кисела па даје предност позитивно наелектрисаном амонијачном јону. У киселој земљишној средини за исхрану биљака повољнији је нитратни јон (Убавић и сар., 2016)

Стабла воћака различито реагују на различите хранљиве елементе као и на облике њиховог појављивања. Азот узимају у виду амонијачног и нитратног јона. Осим јона биљке могу асимиловати и нека органска једињења азота. За практичну исхрану биљака од органских једињења важна је само уреа. Амонијачни облик азота се врло лако уграђује у органску материју саме биљке, док за нитратни облик азота треба потрошити енергију за редукцију нитрата до амонијачног облика, у првом реду захваљујући ензиму нитрат-редуктази. Активност овог ензима је различита код појединих биљака. Чак се у оквиру исте врсте разликују поједине сорте и хибриди по активности овог ензима, тако да је и ово један од фактора који говори да облик азота може значајно утицати на исхрањеност биљака овим елементом (Гвозденовић, 1998).

Хранљиве материје продиру и преко листа у унутрашњост биљке. Азот, специјално у форми урее, се брзо усваја кроз листове и распоређује у биљци, а такође и калијум и фосфор. С друге стране, калцијум, магнезијум, манган, бор и гвожђе показују малу брзину усвајања. Покретљивост у самој биљци је мања, тако да, на пример, калцијумова фолијарна ђубрива морају да се нанесу на оне органе где се појављује дефицит, тј. на плод (Гвозденовић, 1998).

Фосфати се не испирају из земљишта, нити их биљке усвајају више од својих потреба, па се фосфорно ђубриво може уносити сваке друге или треће године у већим количинама. Али, за постизање виших приноса биљака, од велике важности је редовно уношење фосфорних хранива у земљиште (Ivović i sar., 1980). Оптималне количине фосфора повољно утичу на сазревање плодова и завршетак вегетације. Ако се томе дода његово учествовање у синтези шећера и скроба, закључује се да се мора обезбеђивати у довољним количинама потребним воћкама у току вегетације (Kremenović, 1996). Јанковић (1994) наводи да је исхрана NPK ђубривима позитивно утицала на родност Боскове бочице и Вилијамовке. Поред повећања приноса, фосфорна ђубрива поспешују развој кореновог система биљака, потенцирају образовање више листова, повећавају усвајање азота, повећавају садржај протеина и фосфора у биљкама, побољшавају хранљивост и сварљивост биљне масе.

Ђубрива, као један од еколошких чинилаца, могу утицати на отпорност и толерантност воћака према болестима. Употребом различитих врста, доза, односа и облика минералних ђубрива могуће је утицати не само на растење, развиће и принос воћака, већ и на њихов хемијски састав, анатомску и морфолошку грађу, микробиолошку активност, рН вредност земљишта и др. Дакле, на бројне чиниоце који посредно или непосредно утичу на отпорност и толерантност воћака према болестима (Убавић и сар, 2001). Значајну улогу у отпорности воћака, како према еколошким чиниоцима тако и према патогенима, има и гвожђе (Kremenović, 1996).

Минерална исхрана може да утиче и на отпорност према штеточинама. Бујни, брзорастући прирасти су посебно изложени нападу инсеката. Самим тим постоји позитивна корелација између примене већих доза азота и напада инсеката. С друге стране, биљке које су недовољно обезбеђене калијумом су више изложене нападу инсеката од калијумом добро обезбеђених. Поремећаји у исхрани доводе до накупљања ниже молекуларних органских једињења у биљкама, у првом реду шећера и аминокиселина, што подстиче напад инсеката (Убавић и сар, 2001).

Треба напоменути и утицај азота на отпорност биљака на ниске и високе температуре, као и болести. Отпорност биљака на ниске температуре зависи како од биолошких особина, тако и од еколошких чинилаца. Од спољних чинилаца поред

температуре, светлости, влажности земљишта и минерална исхрана је један од битних фактора отпорности биљака на ниске температуре. Дејство азота на отпорност биљака на присуство патогена може да буде директно и индиректно (Mratinić, 2016). Директно утиче на интензитет заразе, јер делује на метаболизам биљке од којег зависи исхрана изазивача болести. Утиче и на микро климу пошто делује на бујност биљака, и на тај начин на појаву патогена. Индиректно, количина азота може да подстиче или успорава размножавање изазивача болести, да скрати или продужи животни циклус патогена. Важна је и чињеница да оптимална исхрана биљака азотом може да допринесе бржем и бољем опоравку биљака, као и повећању приноса.

У Србији воћари најчешће примењују сложено NPK (15:15:15) и азотна минерална хранива (KAN и уреа) и стајњак (Milošević et al., 2013a). Kumar et al. (2017) на стаблима јабуке указују да је примена NPK омогућила бољу виталност стабала и већи принос плодова. Примена В, К, Zn и Fe, као и примена NPK у земљишту повећала је заметање плодова и принос код стабала крушке (Abd Elmegeed et al., 2013; Gurel i Basar, 2016).

Ahmed i Morsy (2001) и Fawzi et al. (2010) наводе позитиван утицај Mg у комбинацији са стајњаком и компостом на вегетативни прираст и површину листа крушке Ле Конте.

Gill et al. (2017) су утврдили да је исхрана азотом утицала на повећање броја плодова по стаблу, ПППД, дужину прираста и садржај азота у листу, док је примена К побољшала чврстоћу плодова, РСМ у плоду и садржај К у листу крушке.

Високе дозе азота најчешће повећавају осетљивост биљака према облигатним паразитима, а смањују према факултативним паразитима и већини бактеријских оболења. За разлику од азота, добра обезбеђеност калијумом повећава отпорност биљака, како према облигатним тако и факултативним паразитима. Позитивно дејство калијума може се објаснити тиме што калијум повољно утиче на синтезу једињења са већом молекулском масом, као што су протеини, скроб и целулоза (Ubavić i sar, 2001).

### **3.5. Утицај хранива на особине плода крушке**

Исхрана може утицати на квалитет плода преко морфолошких, физичких, хемијских, и органолептичких својстава. У принципу, хемијски састав плода се може проценити кроз макро- и микронутријенте, рН, растворљиве суве материје (РСМ), укупну или титрациону киселост, појединачне органске киселине, антоцијанине, укупне полифеноле, витамине итд. (Hudina i Stampar, 2005; Dar et al., 2015).

Органска хранива, као што је говеђи стајњак, су одавно позната као хранива која утичу на побољшање физичких, хемијских и биолошких особина земљишта, пре свега повећавајући садржај хумуса и смањујући киселост (Ganzhara, 1998).

Исхрана значајно утиче и на квалитет плодова, у чему посебан значај заузимају азот, калијум, фосфор, калцијум, магнезијум и бор. Њихов недостатак, сувишак или неодговарајући однос може веома неповољно да се одрази на квалитет плодова. Врло је битан и однос између примењених доза азота и калијума. Умерена обезбеђеност азотом у условима добре обезбеђености фосфором и калијумом повећава садржај витамина С и шећера у плодовима црне рибизле (Fridrich et al., 1986).

Садржај шећера и органских киселина у плодовима је повезан са технологијом гајења која се примењује у воћњаку (резидба, исхрана, асимилациона површина, наводњавање). Снабдевање водом у току развоја плода има утицај на усвајање хранљивих материја од стране плодова и такође на садржај појединачних шећера и органских киселина у плоду. Доступна хранива у земљишту утичу на пријем биогених и елемената у траговима у плодове. Садржај појединачних шећера, органских киселина, биогених елемената и елемената у траговима су веома важни с обзиром да одређују унутрашњи квалитет плодова. Плодови који садрже велике количине шећера и органских киселина заједно са оптималним минералним саставом су бољег квалитета и тако погоднији за дуже чување у складишту (Hudina i Štampar, 2000). Садржај шећера и органских киселина у плоду зависи још и од генотипа и еколошких услова првенствено, али на њих може утицати и мере технологије гајења као што су наводњавање, исхрана и узгојни облик. Свакако, квалитет плода и њихова складишна способност могу бити побољшани исхраном (Hudina i Stampar, 2005).

Побољшање тржишне вредности плодова је одувек био изазов за произвођаче. Уравнотежена исхрана биљака заједно са добром технологијом гајења може помоћи у побољшању квалитета плодова крушке са високим приносима. Азот је један од најважнијих елемената за високу продуктивност и раст стабала (Titus i Kang, 1982) и такође подстиче развој плодова и семена (Marschner, 1995). Слично томе, калијум се сматра квалитативним елементом у производњи плодова. Неуравнотежена употреба хранљивих материја или широка употреба само N хранива води до лошег квалитета плодова (Ganeshamurthy et al., 2011). Високе количине N могу да искористе биљке само уз присуство потребних нивоа K. Слично, K је најзаступљенија хранљива материја у плоду, где утиче на величину, чврстину, боју покожице, РСМ и киселост (Brunetto et al, 2015). Тако, Crisosto et al. (1997) наводе да примена калијумових хранива утиче на повећање садржаја растворљивих сувих материја у плоду.

Многи аутори су испитивали утицај различитих хранива и појединачних елемената на особине плода крушке, а добијени резултати су различити. На пример, Quartieri et al. (2016) наводе да у њиховом истраживању РСМ и органске киселине нису значајно промењене у плоду крушке применом минералних и органских хранива. С друге стране, показало се да су органска ђубрива индуцирала обојеност плодова и садржај шећера у плоду крушке и на тај начин скратила време зревања. Такође, повећан садржај Са је утицао на смањење појаве камених ћелија у плоду азијске крушке гајене на органском компосту у конвенционалној производњи (Lee et al., 2003).

Посматрајући појединачне елементе садржане у хранивима, можемо рећи да сваки од њих има посебну и незаменљиву улогу у расту и развоју плода крушке. Калијум повољно утиче на садржај шећера, киселина, витамина С и на образовање основне и допунске боје покожице плода, као и на укус и арому. Његов сувишак у плодовима јабучастог воћа неповољно се одражава на могућност чувања плодова. За складиштење плодова веома значајан утицај има садржај калцијума у њима. Веома је битан однос калцијума и азота, који код јабучастог воћа у време бербе треба да се креће око 10:1, а однос калцијума и калијума да буде мањи од 2,25 (Ubavić i sar, 2001).



Без обзира на снабдевеност земљишта хранљивим елементима, треба имати на уму да се неки елементи понашају антагонистички једни према другима. На пример, калијум је антагонист за усвајање магнезијума. При преобилном садржају калијума у земљишту, магнезијум не може да се усвоји у довољној мери иако га има довољно. У земљишту треба да влада однос К:Мg од најмање 5:1. Ако је земљиште, према анализама, оптимално снабдевано магнезијумом онда је довољно 10-20 kg MgO/ha (Гвозденовић, 1998). Недостатак калцијума у плодовима често је проузрокован применом високих доза калијумових хранива.

Високе дозе магнезијума смањују садржај фруктозе, а повећавају садржај сорбитола и бета-глукозе у плодовима. У условима недостатка бора у меснатом делу и на pokožици јабучастих плодова појављују се плутасте пеге које у великој мери умањују тржишну вредност плодова, а лошији је и квалитет (Ubavić i sar, 2001).

Фосфор је елемент који има позитивне утицаје на димензије плода, масу, запремину, РСМ, укупне шећере и принос (Kumar i Chandel, 2004; Dar et al., 2012). Fagoqui et al. (1990) су слично утврдили и са утицајем калијума с обзиром на његову улогу у метаболизму воћака и значајном доприносу квалитету плода. Dar et al. (2012) истичу да је утицај калцијума био значајан али је једино био позитиван код чврстоће плода, док је негативно утицао на остале параметре квалитета. Ово може настати због потребе калцијума за синтезу пектинских супстанци, што повећава чврстоћу плода (Bhat et al., 2009). Магнезијум није значајно утицао на принос и параметре квалитета плода, док је сумпор имао ефекта на дужину плода, пречник плода, ПППД и принос (Dar et al., 2012). То је због његове улоге као активатора ензима, саставног дела аминокиселине итд. и у деоби ћелија (Mostafa i Abd - elKader, 2006; Mansour et al., 2008). Цинк, бакар, гвожђе и манган имали су позитиван и значајан однос са дужином плода, пречником, тежином, запремином, РСМ, укупним шећером и приносом (Jeyabaskaran i Pandey, 2008). Ово је очекивано због њихове улоге у метаболизму биљака, посебно као активатор ензимских система што доводи до квалитетне производње (Mamgain et al., 1998; Jeyabaskaran i Pandey, 2008).

Калијум је веома покретан у биљкама и чини до 10% суве материје биљака (Adams i Shin, 2014; Shin, 2014). Што се тиче укупне количине минералних хранљивих материја које биљке захтевају, калијума је потребно у највећој количини после азота. То је елемент који воћке највише захтевају (Lester et al., 2010). К активира бројне ензиме који су кључни у многим метаболичким процесима као што су биосинтеза, транспорт и трансформација шећера и скроба (Lester et al., 2010; Niu et al., 2008). К је есенцијални елемент који је укључен у флоемске транслокације асимилата укључујући кретање сахарозе из надземног у подземни систем и обрнуто до крајњег производа – плода. Генерално је познат као елемент који утиче на развој плода побољшавајући квалитет и дужину чувања плодова у складишту повећањем синтезе и транслокације угљених хидрата у биљкама (Niu et al., 2008). По истим ауторима плодови мандарине Киноу су постали крупнији и чвршћи са повећаном применом К. Супротно, величина плода и садржај РСМ у плодовима је био значајно снижен при недостатку К (Ashraf et al., 2010). Додавање К је већ позната мера која је повећала принос, величину плода, запремину плода, РСМ и однос шећера и киселина код сорте јабуке Гала (Reuveni et al., 1998), слатке поморанџе Валенциа (Calvert i Smith, 1972) и крушке Вилијамовке (Hudina i Stampar, 2002). Marcelle (1995), Fallahi et al. (2010) и

Stino et al. (2011) такође истичу значајан утицај К на раст и унутрашњи квалитет плода крушке и јабуке.

Бор је есенцијални микроелемент који је неопходан за раст виших биљака (Marschner, 1995). Од давнина се стоји на становишту да стабла крушке (*P. communis* L.) имају високе захтеве за В и да недостатак овог микроелемента доводи до експлозивног цветања (Kienholz, 1942). Такође, у случају недостатка В код крушке долази до сушења цветова пре пуног цветања, а затим и смањења земања плодова и приноса, а плодови су ситни, деформисани и испуцали (Sato и Fujiwara, 1962; Raese, 1989). Када је недостатак В озбиљнији, некроза се развија интерно, листови постају бледо зелени, уски, са израженим ожеготинама, а понекад и са бројним удубљењима на гранама и деблу (Johnson et al., 1955). Изражен недостатак В под утицајем је многих биолошких, земљишних и чинилаца спољашње средине, као што су сорта, подлога, физичке и хемијске особине земљишта и температура ваздуха (Raese, 1989). Потврђено је раније да додавање В путем земљишних и фолијарних хранива може да елиминише или да умањи недостатак овог елемента и тако побољша бујност стабла (Johnson et al., 1955).

Садржај минералних материја утиче на најзначајније параметре квалитета плода: боју плода, способност чувања, укус, чврстину и физиолошку стабилност (Гвозденовић, 1998). С друге стране, Yinghuan Xu et al. (2018) наводе да различити третмани хранивима нису значајно утицали на физичке особине плода крушке као што су маса плода, димензије плода индекс облика, док је било утицаја на чврстину плода.

Hudina i Stampar (2005) истичу да је исхрана Вилијамовке утицала на повећање висине и ширине плода, али исто тако и на смањење пречника у односу на контролну варијанту. Мањак азота условљава ситније плодове, а вишак доводи до лошијег укуса и мекших плодова (Fridrich et al., 1986). Исто тако, доступност азота је имало значајног и позитивног утицаја на димензије плода, масу плода, запремину плода, РСМ, укупне шећере и принос (Dar et al., 2012). Ови аутори наводе да је разлог томе то што азот утиче на ћелијску деобу и издуживање ћелије што доводи до развоја велике и ефикасне површине листова, стимулације пупољака, иницијације цвета, формирања цветова и постављања плодова са значајно повећаним приносом и квалитетом. Сличне резултате наводе и Kumar i Chandel (2004). Ruehmann et al. (2002) истичу значајан утицај исхране примењене у воћњаку. На пример, Dar et al. (2012) су пронашли позитиван однос између доступних елемената и приноса и квалитета плодова крушке, а Awasthi et al. (1998) су сличну правилност пронашли код јабуке.

Сви биогени елементи имају незаменљиву улогу у расту и развоју биљке (Rathore, 1991). За одређени хранљиви елемент постоји однос између његових концентрација у земљишту и у биљкама као и његов однос са приносом и квалитетом плода. Ово служи као водич за постизање максимума продуктивности и квалитета плодова.

### 3.5.1. Утицај природних зеолита на особине стабла и плода

Зеолити су микропорозни, алуминосиликатни минерали који се најчешће користе као адсорбенси (имају способност да усвоје неку материју у своју структуру). Постоји неколико врста зеолита, као што су клиноптилолити, хидратисани

алумосиликати алкалних и земноалкалних метала ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ) и земноалкални метали који имају бесконачну тродимензионалност кристалне структуре, полиедричног облика (Daković et al., 2007).

Природна су група минерала која садржи у себи преко 50 врста различитих минерала. Различити типови зеолита и исти тип зеолита, али из различитих депозита, варирају у својим физичким и хемијским особинама па је различита и њихова погодност за примену у пољопривреди. Овај минерал има круту тродимензионалну кристалну структуру са шупљинама и каналима молекуларне величине и висок капацитет размене катјона (СЕС) (Pickering, 2011). То је веома значајно у размени једно- и дво-валентних катјона (Vaughan, 1978). С обзиром на поседовање великог капацитета размене јона (Butorac et al., 2002), зеолити се могу успешно користити у гајењу различитих пољопривредних врста као што су житарице, крмно биље, поврће, винова лоза и воће (Torii, 1978).

Последњих година, у касну јесен се у земљиште додају и природни зеолити са различитим комерцијалним називима, сами или помешани са NPK и органским хранивима (Milosevic i Milosevic, 2009).

Природни зеолити побољшавају електричну проводљивост земљишта, капацитет задржавања хранива, обично повећавају рН вредност земљишта, и између осталог, веома су богат извор хранљивих елемената као што су N, K, Ca, Mg и микроелементи. Примена Агрозела (комерцијални назив за природне зеолите) утиче на повећан садржај фосфора, калцијума и мангана у листу неких сорти кајсије (Milošević et al., 2013b) и има позитиван утицај на раст јабуке (Milosevic i Milosevic, 2009). Зеолити значајно повећавају принос, квалитет плода и исхрањеност листа код различитих воћних врста, тако да је алтернатива хемијским хранивима. Одлични су носачи, стабилизатори и регулатори минералих ђубрива, а и сами су извор хранљивих материја (Bagdasarov et al., 2004). Као носиоци N и K, значајно могу утицати на повећање приноса (Polat et al., 2004). Ови аутори такође наводе да су зеолити алкалне реакције, и да се могу комбиновати са минералним хранивима и посредно регулисати рН вредност земљишта.

Здравствено је безбедан за људе и околину, тако да се може користити и за смањење загађености околине и за органску производњу. Код додавања око стабла није препоручљиво посипати зеолит по површини земљишта, већ је неопходно унети га на дубину у којој се развија главна маса кореновог система биљака. Коришћењем зеолита приликом подизања засада воћа олакшава се примање садница, а временом се очекује већи принос (различит ниво повећања код различитих биљних врста) и бољи квалитет плодова.

Њихова порозна структура обезбеђује трајни резервоар воде у зони кореновог система, побољшавајући хоризонтално ширење воде након наводњавања (Treacy i Higgins, 2001; Polat et al., 2004). Према резултатима које наводи Torii (1978) зеолити значајно побољшавају раст и развој биљака, укључујући воћне врсте. Поменути аутор истиче да се принос јабуке повећао за 13–38% применом 4–8 t ha<sup>-1</sup> зеолита. Код младих засада, примена зеолита у количини од 2–8 kg стаблу<sup>-1</sup> је значајно побољшала својства земљишта услед продуженог дејства које поседује (Polat et al., 2004).

### 3.6. Утицај еколошких чинилаца на раст и развој крушке

Крушка је значајно пробирљивија у погледу чинилаца спољашње средине у односу на јабуку. Најосетљивији део стабла је корен. Стога треба обезбедити добру кондицију стабла да би се између осталог повећала отпорност на ниске температуре. Крушка успева врло добро на земљиштима слабо киселе реакције (pH 5,6 до 6,5) и са садржајем активног креча 4%. Јако добро реагује на додавање органских хранива и хумуса. За крушку су од посебног значаја заступљеност P, K, Ca и Mg у земљишту и хумуса као извора азота. За успешно гајење крушке земљиште треба да садржи најмање 3% хумуса. Значајан утицај особина земљишта на принос и сазревање плода Вилијамовке наводе и Aguaní et al. (2014). У условима интензивног гајења даје високе приносе. За тако високу производњу неопходно је обезбедити да у земљишту има довољно хранљивих материја.

Раст воћа је у великој мери условљен унутрашњим или биљним, и спољашњим односно еколошким факторима. Што се тиче спољашњих чинилаца, Sharples (1980) је показао да физичка и хемијска својства земљишта и климатски фактори утичу на брзину сазревања и квалитет плода крушака узгајаних у Јужној Африци, Северној Америци и југоисточној Енглеској. Такође, садржај фенола у плоду зависи од чинилаца спољашње средине. Тако, Rivero et al. (2001) наводе зависност садржаја фенола од температуре, а Markham et al. (1998) од јачине УВ светлости.

Од климатских елемената највећи утицај на раст и развој крушке има температура. Она доприноси отпорности крушке према мразу и суши, а такође делује на хемијске, физичке и микробиолошке процесе у земљишту. Велика су варирања између врста и сорти крушке у погледу захтева према температурама. Тако нпр. крушка *P. ussuriensis* L. подноси врло ниске температуре (-45 °C), док *P. amygdaliformis* L., као врста јужних крајева, страда већ при -25 °C. Критичне апсолутне минималне температуре за крушку су између -20 °C и -30 °C (Miljković, 1991). У годинама са стабилном зимом, без великих колебања температуре, крушка може издржати и -32 °C (Stančević, 1980). Свакако, осетљивост крушке према ниским температурама зависи од фенофазе у којој се налази, при чему је најосетљивија у фази цветања и заметања плодова.

За раст и развој крушке нису добри ни недостатак али ни сувишак влаге. Честа је појава да при јачој суши лишће одузима воду из ткива гранчица, а на тај начин се умањује активност камбијума и слаби секундарно дебљање. При претераној влажности долази до слабог развоја кореновог система, његовог прераног изумирања, продужава се вегетација. То све доводи до лошег сазревања ткива при чему се повећава осетљивост према мразу, а плодови су слабијег квалитета (Mratinić, 2016).

### 3.7. Минерални састав листа

Многа истраживања су показала да је хемијска анализа листа поуздана метода за дијагностификовање недостатка или сувишка неког од елемената у биљци (Leese i van den Ende, 1975; Kaska, 2006; Boskovic-Rakocevic et al., 2012).

За одређивање хранљивих елемената у стаблу крушке узима се њихов садржај у лишћу, са гранчица из текуће вегетације. Најчешће се узорковање листова за

анализу врши 120 дана након пуног цветања (van den Ende i Leese, 1975). Ово је такозвана „касна анализа листа“ („*post mortem*“) јер се добијени резултати могу кориговати тек у следећој години (Abadia, 1992). Због тога неки аутори саветују да се лишће за анализу узима са средњег дела летораста и то 60-70 дана након прецветавања (Betrán et al., 1997; Milošević i Milošević, 2019). У овом периоду се могу благовремено решити евентуално уочени недостаци у исхрани. Лишће узето за анализу после тог рока имаће мање вредности, односно ако се врши анализа лишћа пре поменутог рока или ако се у року узима младо лишће, добијени резултати биће нереални, тј. показиваће веће вредности. На тај начин добијају се нетачни резултати. Треба имати на уму, да постоје разлике у резултатима између сорти, као и у оквиру исте сорте у зависности од старости стабла и намене плодова (Mratinić, 2016). Према Гвозденовићу (1998), листове за рану анализу треба узимати у време када су највеће потребе за хранљивим елементима, када она даје боља упутства о слабој или сувишној снабдевености, од анализе земљишта. Тада је могуће правовремено надокнадити недостајући елемент или микроелемент, применом растворљивих ђубрива преко земљишта или фолијарно. Овај аутор истиче, да листове не треба узимати непосредно након јаке кише, након интензивног наводњавања или употребе фолијарних ђубрива.

Многи резултати су показали да анализа земљишта у засаду не може дати прецизне податке о потребама биљака за неким хранивима. Из тог разлога, последњих деценија најпогоднија метода за одређивање стварних потреба за хранљивим елементима и за правилну исхрану јесте фолијарна дијагностика анализом листова. Овом методом могуће је обезбедити биљку довољном количином хранива током читавог вегетационог периода. Такође, анализом листа може да се утврди мањак или вишак хранива, и пружи могућност одређивања стања исхрањености биљке и исправљање недостатака ако је то потребно (Montañes et al., 1991).

**Таб. 1.** Стандардне количине биогених елемената у лишћу крушке, у % на суву материју

Елементи	Минимум (< од)	Оптимум	Максимум (> од)
Азот	2,20	2,60-2,90	3,20
Фосфор	0,12	0,18-0,20	0,22
Калијум	1,20	1,30-1,60	2,20
Калцијум	0,60	0,80-1,20	1,80
Магнезијум	0,20	0,30-0,60	0,80

Извор: Lavatta et al. (1978)

Метода која се заснива на концентracији хранива у ћелијама листа, назива се још и фолијарна анализа. Анализом листа долази се до резултата о заступљености појединих хранива у њему. То је тренутно утврђивање стања исхрањености стабла, тј. концентрације јона одређеног елемента у ћелијском соку (Mratinić, 2016). У неким земљама утврђени су стандарди за минималне, оптималне и максималне вредности

хранљивих материја у лишћу за поједине воћне врсте. Тако, нпр., за крушку би биле вредности приказане у Таб. 1.

Уколико се анализама покаже низак садржај фосфора у листу, онда се то најчешће може приписати преобилној снабдевености азотом (Гвозденовић, 1998).

Недостатак сумпора се често може помешати са недостатком азота. Најсигурнији показатељ је да се утврди однос азота и сумпора у листу. У случају недостатка сумпора однос је шири и обрнуто, при недостатку азота је ужи. Зависно од врсте органа и биљака, оптималан однос азота и сумпора се креће од 10 до 14 (Ubavić i sar., 2001). За процену степена обезбеђености биљака сумпором може послужити, поред његовог укупног садржаја, и удео неорганичног сумпора у листовима. Листови се стављају у папирне врећице уз одговарајућу ознаку. Пробе морају да стигну до лабораторије свеже.

Фолијарна анализа као метод није довољно прецизна за одређивање норме ђубрења па би је требало комбиновати и са неким другим начинима, као што су: визуелна дијагностика (процена прираста, принос, изглед лишћа и сл.), количина хранива изнета приносом, анализа земљишта. Тако на пример, мањи садржај азота у лишћу може бити последица недостатка влажности у земљишту. Такође, на садржај азота може утицати и количина бакра, цинка и неких других елемената, који ограничавају вегетативни пораст, што повећава концентрацију азота у лишћу.

Раст и принос воћних култура зависи од више фактора, а међу њима је најважнија исхрана која утиче на раст и принос свих воћака. Врло важан фактор за максималне резултате је одређивање потреба воћака за хранљивим елементима. Лист је главно место метаболизма и оптимална концентрација хранљивих материја у листовима имају везу са приносом и квалитетом плодова. Samreanu et al. (2009) истичу да истраживачи треба да узму у обзир статус минералних нутријената лишћа ради бољег квалитета плодова јабуке. Лист се сматра главним делом биљке, где се врши синтеза различитих састојака хране, попут угљених хидрата, протеина, витамина, масти итд. и одатле се транспортују у друге делове биљке. Због тога се може рећи да је концентрација различитих хранљивих елемената у листовима повезана са различитим квалитативним особинама и приносом воћака, јер игра важну улогу у структурним компонентама и одржавању ћелијске равнотеже и активацији ензима. Већина истраживача који се баве исхраном вишегодишњих воћака сматрају анализу биљних ткива као водич за процену нутритивних потреба. То је због чињенице да ова метода омогућава поређење различитих земљишних и климатских фактора у воћњацима (Robinson, 1980). Одређивање концентрација хранљивих материја је добило посебну пажњу, будући да може дати информације о квалитету плодова на основу унапред познатих одговарајућих и критичних нивоа хранљивих материја у листовима, што потврђују резултати неких аутори (Ernani et al., 2008).

Многи аутори су утврдили наглашену повезаност између хранљивих елемената у листу крушке са приносом и параметрима квалитета плода (Mansour et al., 2008; Dar et al., 2012), али и код других воћних врста као што су јабука (Awasthi et al., 1998), актинидија (Kumar i Chandel, 2004) или банана (Mostafa i Abd el-Kader, 2006). Чини се да је концентрација хранљивих материја у лишћу резултат интеракција између његовог генетског наслеђа и околине у којој се узгаја, што заузврат има значајан утицај на раст, параметре приноса и квалитета плодова.

Sanchez-Alonso i Lachica (1987) су приметили да би одређене земљишне карактеристике могле бити одговорне за промену концентрације хранљивих материја у трешњи. Chaplin i Westwood (1980) су уочили значајне разлике у листовима за садржај азота, фосфора, калијума, калцијума, магнезијума, цинка, бакра, мангана и гвожђа и објаснили да је то због варијације у природи кореновог система или због структурних разлика између корена и надземног система.

Да би се добили детаљнији подаци о исхрањености стабла као и за боље тумачење резултата анализе листа користи се DOP индекс. DOP индекс указује на квалитативни и квантитативни статус елемената у биљци ( $\sum DOP_{macro-}$  и  $\sum DOP_{microelementi}$ ) (Montanés et al., 1991).

#### 4. РАДНА ХИПОТЕЗА

У овој дисертацији се полази од претпоставке да ће примена органских, органо-минералних и минералних хранива различито утицати на вегетативни раст, генеративни потенцијал, принос и помолошке особине плода крушке сорте Вилијамовка и проузроковати различите вредности испитиваних параметара.

Претпоставља се да ће дејство појединих хранива варирати, с обзиром да се ради о гајењу на отвореном пољу. Временске прилике варирају из године у годину, па се очекује јачи или слабији утицај хранива на испитиване особине крушке. Самим тим, могућа је појава статистички значајних или случајних разлика између хранива, између година испитивања, као и појава интеракцијског ефекта између извора варијабилитета.

Добро је позната чињеница да примена зеолита у земљишту повећава његову електричну проводљивост, што као резултат повећава капацитет задржавања хранљивих елемената и обично повећава рН вредност земљишта (средство за кондиционирање тла). Због тога се може очекивати позитиван, негативан или индиферентан утицај природних зеолита на испитиване особине стабла и плода крушке.

Добиће се резултати који ће бити од користи приликом адекватне и економски оправдане примене хранива, а при том постизање здравствено безбедних плодова и без загађења животне средине, посебно земљишта и вода.

Ова истраживања би требало да допринесу бољем познавању утицаја примењених хранива, у односу на различите климатске услове, на вегетативни раст, родност и квалитет плода крушке у еколошким условима Чачка и тиме омогуће даљу препоруку оних са најбољим утицајем.



## 5. ОБЈЕКАТ, МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

### 5.1. Објекат

Истраживање је обављено у експериментално-производном засаду крушке у периоду од 2015. до 2018. године. Засад се налази у приградском насељу Трбушани недалеко од Чачка (43°55'17" северне географске ширине; 20°19'08" источне географске дужине). Ради се о равном терену без изражене експозиције, а надморска висина је 256 m.



Сл. 1. Производни засад крушке у којем су вршена испитивања (Р. Илић, ориг.)

Засад крушке је заснован у новембру 2009. године. Коришћене су саднице калемљене “из руке” у марту исте године и одгајане у сопственом растилу до тренутка садње на стално место. Као подлога коришћен је клон Провансалске (анжерске) дуње Ба.29. Размак садње је 4,0 m између редова и 1,5 m у реду што одговара густини од 1.667 садница ha<sup>-1</sup>. Обзиром на то, ради се о засаду велике густине или High Density Planting. У овом интензивном засаду примењује се савремена технологија гајења, укључујући и наводњавање по систему “кап по кап”. Земљиште у засаду се одржава комбинацијом траве и хербицидне траке.

У складу са биолошким захтевима и производним особинама, у засаду су примењиване стандардне помотехничке и агротехничке мере за ову врсту воћа.

## 5.2. Материјал

### 5.2.1. Особине испитиване сорте крушке

**Вилијамовка (Wiliam’s Bon Chretien, Bartlett).** - Стара је енглеска сорта која се гаји на свим континентима и водећа је сорта на сортним листама готово свих земаља света, па се сматра и космополит крушком. Представља спонтани сејанац кога је пронашао баштован Richard Williams у месту Алдермастон, област Беркшир у Енглеској 1796. године. Међутим, њено комерцијално размножавање је почело тек 1816. године.



Сл. 2. Плодови Вилијамовке (Р. Илић, ориг.)

Сматра се „краљицом“ крушака јер плод има поливалентну употребну вредност какву нема ни једна до данас позната сорта крушке, па ни воћа уопште

(Милошевић, 1997). Због своје велике адаптивности (гаји се до 800 m надморске висине), одличне родности и изванредног квалитета плода, сматра се незаменљивом сортом у производним, али и у осталим засадима крушке.

Плодови сазревају крајем августа, али се беру око седам дана раније. Разлог за то јесте склоност ове сорте опадању плодова пред бербу. Просечн маса плода је око 180 g, тј. плодови су средње крупни до крупни. Крушкастог су облика, неравне површине. Покожица је зелена, а у фази технолошке зрелости плодови добијају жућкасту боју. Са осунчане стране могу имати допунску црвену боју. Мезокарп је жућкаст, сочан, одличне конзистенције, ароматичан, слатко-киселог укуса и освежавајући. Плодови су атрактивног изгледа, а њиховој привлачности доприносе и ситне тачкице на pokožици.

Вилијамовка је самобесплодна сорта па је у засаду неопходно присуство сорте опрашивача. Добри опрашивачи за ову сорту су Санта марија, Клаповка, Красанка, Жифардова, Тревушка, Шампионка, Хардијева масловка, Старков делишес. Склона је партенокарпији (заметање плода без оплодње).

Инкопатибилност са већином подлога пореклом од дуње је веома изражена због чега се калеми преко посредника, што је посебно значајно ако се гаји у густој садњи.

Стабло ове сорте је кржљаво до средње бујног раста, добре и редовне родности у условима интензивне технологије гајења.

Изврсна је за различите видове прераде, а посебно за сок и ракију „Виљамовку“.

Савременом технологијом складиштења њена потрошња се може продужити и до 5 месеци, чиме се избегавају тешкоће у пласману, јер у време њеног дозревања има јаку конкуренцију на тржишту у другом квалитетном воћу и стоном грождју.

Њен плод садржи 8-15% шећера, веома мало киселина (0,10-0,59%), али садржи много ароматичних материја, па се зато ракија добијена од ове сорте крушке назива још и "Виљамовка раскошног мириса". Виљамовка је изузетно квалитетна сорта и по многима најбоља међу крушкама.

## 5.2.2. Особине примењених хранива

Земљиште је третирано са шест различитих хранива: органско (говећи стајњак и Humus Vita Stallatico), минерално (KAN 27% N, NPK 5-10-22), органо-минерално (Multi-Comp Base) и природни зеолити комерцијалног назива „Агрозел“. Све је упоређено са контролном варијантом (без примене хранива).

### 5.2.2.1. Говећи стајњак

Стајњак представља мање или више разложену, односно микробиолошки ферментисану мешавину чврстих и течних излучевина домаћих животиња са додатим материјама за упијање течних делова, под именом простирка (Убавић и сар., 2016).

У огледу је примењен добро згорели говећи стајњак, са просечним садржајем: 75% вода, 0,5% N, 0,3% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 0,6% K<sub>2</sub>O.

Убавић и Богдановић (2001) наводе да добро згорели стајњак садржи: 0,58% N, 0,26% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,50% K<sub>2</sub>O, 0,88% CaO, 0,18% MgO и 14,5% суве материје. У њему се налазе и микроелементи али у значајно мањим количинама.

#### **5.2.2.2. Humus Vita Stallatico**

Органско ђубриво у праху произведено мешањем говеђег и коњског стајњака. Производи га компанија FOMET SpA (San Pietro di Morubio, Italy). Око 48% органске материје је хумизирано. Садржи 24% органског C, 9% фулвинске и 10% хуминске киселине, 3% укупног N, 3% органског N, 3% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 3% K<sub>2</sub>O и 4 милијарде корисних анаеробних и аеробних микроорганизама по граму ђубрива. рН вредност ђубрива је 6,5. Садржај воде је 20%.

#### **5.2.2.3. Кречни амонијум нитрат (KAN)**

Садржи 27% азота. Неутрално храниво без штетног утицаја на физичке и хемијске особине земљишта. KAN је најпознатије азотно ђубриво за прихрану свих пољопривредних култура. Садржи пола азота у амонијачном, а пола у нитратном облику, па делује брзо и нешто продужено, тако да задовољава потребе биљака за азотом у одређеном периоду. Садржајем доломита (око 23%) утиче на делимичну неутрализацију киселости земљишта, а садржајем магнезијума задовољава потребе биљака и за тим биљним хранивом.

#### **5.2.2.4. Сложено NPK минерално ђубриво**

Применом сложених компактних ђубрива свака гранула – флекуца садржи сва три хранива елемента у одређеном односу, али сваки делује индивидуално. Ова ђубрива су по фертилизационој вредности између сложених мешаних и сложених комплексних ђубрива.

У засаду је коришћено сложено NPK ђубриво формулације 5:10:22. У производњи крушке препоручена је примена 400 g m<sup>-2</sup>.

#### **5.2.2.5. Multi-Comp Base**

Водорастворљиво гранулисано комплексно NPK храниво (МСВ) формулације 14:13:12 + 2.1% MgO + микроелементи + хуминске киселине. Производи га компанија Naifa Chemicals (Хаифа, Израел). Храниво је састављено од чистих хранива моно-амонијум фосфата и калијум нитрата са додатком Mg и микроелемената (0,01% B, 0,005% Cu, 0,05% Mn и 0,05% Zn). По подацима које наводи произвођач, храниво је одмах доступно биљкама и то у високом проценту, тако да се усвајање од стране корена креће до 85%. Количина примене износила је 300 g/m<sup>2</sup>.

#### **5.2.2.6. Агрозел**

Природни зеолити чине групу минерала који значајно побољшавају електричну проводљивост земљишта, капацитет задржавања хранива. Врло често

могу да утичу на рН вредност земљишта, и веома су богат извор хранљивих елемената као што су N, K, Ca, Mg и микроелементи.

У Србији се користе природни зеолити комерцијалног назива Агрозел. Њихово млевање и паковање, тј. финална производња врши се у Институту за технологију нуклерних и других минералних сировина у Београду.

Намењено је коришћењу у пољопривредној производњи. Величина честица у Агрозелу је 0-0,1 mm. Запремина његове тродимензионалне шупљине је 34%. Има високу термалну стабилност и капацитет размене катјона (CEC) 216mmol M<sup>+</sup> 100/g (Daković et al., 2007).

### 5.3. Методе рада

#### 5.3.1. Експериментални дизајн

Оглед је постављен по потпуно случајном блок систему у четири понављања за сваку испитивану особину. Испитиван је појединачан утицај два фактора на испитиване параметре крушке као и њихова међусобна интеракција:

1. Храниво (A);
2. Година (B) и
3. Интеракција између хранива и године испитивања (A × B).

Оглед је обухватио седам третмана:

1. Примена говеђег стајњака (ГС);
2. Примена органског хранива Humus Vita Stallatico (HVS);
3. Примена кречног амонијум нитрата (KAN);
4. Примена сложеног NPK (5:10:22) хранива;
5. Примена комплексног хранива Multi Comp Base (MCB);
6. Примена природног зеолита (Агрозел);
7. Контролни третман (без примене хранива, контрола).



**Сл. 3.** Примена хранива у редове Вилијамовке у огледном засаду крушке. На слици лево је приказано додавање стајњака, а на слици десно Агрозела (Р. Илић, ориг.)

Експериментална површина је обухватила 7 редова крушке са по 24 стабла (4 понављања у сваком реду, 6 стабала по једном понављању). Укупно је испитивано 168 стабала.

ГС ( $4,2 \text{ kg m}^{-2}$ ), НVС ( $0,7 \text{ kg m}^{-2}$ ), NPK ( $0,4 \text{ kg m}^{-2}$ ), MCB ( $0,3 \text{ kg m}^{-2}$ ) и Агрозел ( $1 \text{ kg m}^{-2}$ ) су додавани у земљиште засада у јесен од 2014. до 2018. године, док је KAN ( $0,3 \text{ kg m}^{-2}$ ) уношен у рано пролеће од 2015 до 2019. године. Хранива су додавана са обе стране реда и у земљиште су уношена механичком обрадом (ротофрезирањем).

Целокупно истраживање је обухватило следеће параметре:

1. Вегетативни потенцијал крушке;
2. Родност;
3. Физичке особине плода и
4. Хемијске особине плода.

Већи део анализа и мерења извршен је у лабораторијама Агрономског факултета у Чачку, док је мањи део реализован у лабораторијама Института за земљиште у Београду.

### 5.3.2. Вегетативни потенцијал крушке

На 10 cm од места калемљења мерен је пречник дебла на крају вегетационог периода. Прерачунавањем је добијена површина његовог попречног пресека (ПППД,  $\text{cm}^2$ ). Мерења су обављена у четири понављања на по шест стабала ( $n = 24$ ) за сваки третман исхране и контролу.

Просечна површина листа ( $\text{cm}^2$ ) је израчуната на основу узорака добијених методом случајног одабира. Листови за ово мерење су узимани 60 дана након пуног цветања. Узорковано је по 20 листова са средине летораста и са сваког стабла, након чега је направљен просечан узорак од 20 листова за сваки испитивани третман. Површина листа је одређена тзв. дужина-ширина методом (Kumar et al., 1977) према формули:

$$\text{ПЛ} = K \times (\text{дужина листа} \times \text{ширина листа})$$

где је  $K$  – коефицијент који је константна вредност за одговарајућу воћну врсту, при чему за крушку износи 0,706.

### 5.3.3. Родност

Параметри родности су обухватили:

1. Принос по стаблу;
2. Принос по јединици површине и
3. Коефицијент родности.

Принос по стаблу (kg) је утврђен мерењем масе појединачних плодова на техничкој ваги KERN FCB (Kern & Sohn GmbH, Balingen, Germany), опсег мерења до 6100 g, са тачношћу  $\pm 0.1 \text{ g}$  и множењем са бројем плодова по стаблу. Принос по стаблу сваког третмана сорте-ђубрива измерен је на шест стабала у четири поновљене

верзије. Принос по хектару ( $t ha^{-1}$ ) је израчунат као производ приноса по стаблу и броја стабала по јединици површине. Коефицијент родности израчунат је из односа приноса и површине попречног пресека дебла ( $kg cm^{-2}$ ).



Сл. 4. Берба Вилијамовке, август 2018. године (Р. Илић, ориг.)

#### 5.3.4. Физичке особине плода

У току испитивања утврђене су следеће физичке особине плода:

1. Маса плода (g);
2. Висина плода (mm);
3. Ширина плода (mm);
4. Средњи аритметички пречник ( $D_a$ , mm);
5. Средњи геометријски пречник ( $D_g$ , mm);
6. Сферичност плода ( $\varphi$ );
7. Однос између ширине и висине плода ( $R_a$ , %);
8. Површина плода ( $S$ ,  $mm^2$ ) и
9. Чврстина мезокарпа плода ( $kg cm^{-2}$ ).

Маса плода је измерена на техничкој ваги KERN FCB (Kern & Sohn GmbH, Belingen, Germany), опсег мерења до 6100 g, са тачношћу  $\pm 0.1$  g.



Сл. 5. Одређивање масе плода Вилијамовке на техничкој ваги KERN FCB (Kern & Sohn GmbH, Belling, Germany) (Р. Илић, ориг.)

Дужина и ширина плода су утврђене помоћу дигиталног шублера Starret 727 Series (Athol, MA, USA).

Средњи аритметички пречник ( $D_a$ ), средњи геометријски пречник ( $D_g$ ), сферичност ( $\varphi$ ) и површина плода ( $S$ ) су израчунати коришћењем следећих образаца (Mohsenin, 1986):

$$D_a = \frac{B + \text{Ш}}{2} \quad (1)$$

где је:  $D_a$  – средњи аритметички пречник (mm),  $B$  – висина плода (mm),  $\text{Ш}$  – ширина плода (mm);

$$D_g = B\text{Ш}^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

где је:  $D_g$  – средњи геометријски пречник (mm);

$$\varphi = \frac{D_g}{B} \quad (3)$$

где је:  $\varphi$  – сферичност;

$$S = \pi D_g^2 \quad (4)$$

где је:  $S$  – површина плода (cm<sup>2</sup>).

Однос између мање (ширина) и веће (висина) димензије плода (коэффициент облика плода,  $R_a$ ) је израчунат по формули (Maduako i Faborode, 1990):



$$R_a = \frac{\text{III}}{\text{B}} \times 100 \quad (5)$$

где је:  $R_a$  – однос између мање и веће димензије плода (%).

Чврстина мезокарпа плода је одређена помоћу пенетрометра Bertuzzi FT-327 (Facchini, Alfonsine, Italy), а вредности су изражене у  $\text{kg cm}^{-2}$ .

### 5.3.5. Хемијске особине плода

Све хемијске анализе вршене су на целом плоду (покожица + мезокарп), претходно сакупљеном у фази пуне зрелости, у четири понављања са шест плодова по понављању ( $n = 24$ ) по свакој варијанти хранива и контроли. Сакупљени плодови су исецкани и замрзнути на  $-18\text{ }^\circ\text{C}$  и чувани у кухињском расхладном уређају до обављања хемијских анализа.

#### 5.3.5.1. Одређивање садржаја растворљиве суве материје

Садржај растворљиве суве материје (PCM) ( $^\circ\text{Brix}$ ) одређен је из неколико капи воћног сока коришћењем ручног рефрактометра Milwaukee MR 200 (ATC, Rocky Mount, USA).

#### 5.3.5.2. Одређивање садржаја пепела

Садржај пепела (%) одређен је гравиметријски, најпре сушењем до константне масе на  $105\text{ }^\circ\text{C}$ , а затим жарењем на  $580\text{ }^\circ\text{C}$ .

#### 5.3.5.3. Одређивање садржаја укупних киселина

Укупне киселине (УК, % јабучне киселине) у плоду крушке су одређене помоћу пенетрометријске титрације са  $0.1\text{ mol L}^{-1}\text{ NaOH}$  све до рН 8.1 коришћењем Consort c860 рН метра (Consort bvba, Turnhout, Belgium).



Сл. 6. Одређивање садржаја укупних киселина и рН вредности сока у плодовима Вилијамовке (Р. Илић, ориг.)

#### 5.3.5.4. Одређивање садржаја укупних шећера, инвертних шећера и сахарозе

Садржај укупних шећера, инвертних шећера и сахарозе у плоду је одређен волуметријски коришћењем Luff-Schoorl методе (Egan et al., 1981). Вредности за све шећере су изражене у % од свеже материје.

#### 5.3.5.5. Одређивање индекса зрења и индекса сласти плода

Индекс зрења је израчунат на основу односа садржаја растворљивих сувих материја и укупних киселина у плоду крушке (PCM/УК).

Индекс сласти је израчунат из односа укупних шећера и укупних киселина (УШ/УК).

#### 5.3.5.6. Одређивање садржаја витамина С

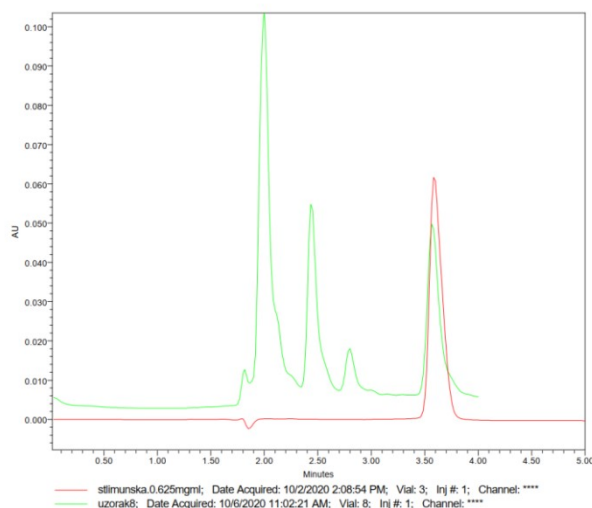
Садржај витамина С ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) у плоду крушке је одређен методом јодометријске титрације (Rikovski et al., 1989).

#### 5.3.5.7. Одређивање рН вредности сока плода

Актуелна киселост или рН вредност сока плода крушке је одређена помоћу Consort c860 рН метра (Consort bvba, Turnhout, Belgium).

#### 5.3.5.8. Одређивање садржаја појединачних органских киселина

Појединачне органске киселине у плоду су одређене уз помоћ течног хроматографа високих перформанси [(HPLC - Waters хроматографски систем (SAD)], UV/VIS детектор, ODS2 Spherisorb ( $250 \times 4 \text{ mm}$ , i.d.  $5 \mu\text{m}$ ) колона). Испитивање је вршено на присуство јабучне и лимунске. Вредности су изражене у  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ .



Сл. 7. Хроматографски приказ издвајања лимунске киселине у плоду Вилијамовке

### 5.3.5.9. Одређивање садржаја укупних фенола

За одређивање садржаја укупних фенола коришћена је модификована метода по Folin-Ciocalteu (Singleton i Rossi, 1965). Метода се заснива на оксидацији фенолних једињења помоћу реагенса, односно раствора Folin-Ciocalteu. Раствор Folin-Ciocalteu садржи смешу фосфоволфрамове и фосфомолибденске киселине. Раствор постаје интензивно плаве боје, чији је интензитет сразмеран количини фенолних једињења. Интензитет боје се мери спектрофотометријски на таласној дужини 765 nm. Вредности су изражене у mg RE 100 g<sup>-1</sup>.

### 5.3.5.10. Одређивање садржаја укупних флавоноида

Садржај укупних флавоноида одређен је методом која је заснована на формирању комплекса између флавоноида и алуминијума (Ordon et al., 2006).



Сл. 8. Одређивање садржаја укупних фенола у плодовима Вилијамовке у лабораторији Агрономског факултета (Р. Илић, ориг.)

Флавоноиди имају особину да са металима граде одговарајуће металне комплексе. Садржај укупних флавоноида одређен је спектрофотометријском методом, читавањем апсорпције на таласној дужини 510 nm. Вредности су изражене у mg RE 100 g<sup>-1</sup>.

### 5.3.5.11. Одређивање антиоксидативне активности

Антиоксидативна активност је одређена применом ABTS и DPPH теста. За одређивање антиоксидативне активности помоћу ABTS теста (*Total Equivalent Capacity Assay*) коришћена је модификована метода (Re et al., 1999). Ова метода се заснива на „гашењу“ плаво-зеленог радикал-катјона 2,2'-азинобис (3-етилбензотиазолин-6-сулфонске киселине) - ABTS радикал катјона, који се формира хемијском или ензимском оксидацијом раствора ABTS-а. За оксидацију раствора ABTS -а користи се раствор калијум-персулфата. Удео ABTS радикала који „гасе“ различити антиоксиданти у функцији је концентрације и времена, и мери се праћењем апсорбанце ABTS радикала. Након тога се упоређује са смањењем апсорбанце коју узрокује додаток одређене количине 6-хидрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбоксилне киселине (Trolox), аналога витамина Е. Вредности су изражене у  $\mu\text{mol TE g}^{-1}$  суве материје.

Капацитет хватања слободних радикала (DPPH тест) одређиваће се мерењем њихове способности да неутралишу DPPH радикале (Brand-Williams et al., 1995). Метода сезаснива на праћењу трансформације љубичасто обојеног, стабилног DPPH радикала (2,2-дифенил-1-пикрилхидразил) у редуковану жуто обојену форму DPPH. Вредности су изражене у  $\mu\text{mol TE g}^{-1}$  суве материје.

### 5.3.5.12. Одређивање садржаја макро- и микроелемената у листу крушке

За анализу је узето око 100 листова који су били без оштећења или симптома болести. Листови су узимани са стабала из сваке варијанте ђубрења са средњег дела младара (дужине 30-50 cm) и то 60 дана након пуног цветања. Сакупљени листови су припремљени према стандардној лабораторијској процедури (Milošević i Milošević, 2016) за одређивање макро- (N, P, K, Ca и Mg) и микроелемената (Fe, Mn, Cu, Zn и B). Одређивање садржаја макро- и микроелемената је урађено на Институту за земљиште у Београду на апарату ICP AES-у Thermo iCAP 6300 duo (Thermo Scientific, Waltham, MA, United States). Садржај укупног N одређен је сувим спаљивањем у Elementar Vario EL III CNS. Резултати за макроелементе су представљени у %, а за микроелементе у  $\text{mg kg}^{-1}$  суве материје. Све анализе су обављене у три понављања од 2015. до 2018. године, а коначне вредности су средња вредност  $\pm\text{SE}$  за четири узастопне године.

#### 5.3.5.12.1. Модели за интерпретацију минералног статуса биљке – DOP и $\Sigma\text{DOP}$ индекс

DOP индекс је коришћен за одређивање минералног статуса стабала крушке: нормалан (DOP = 0), дефицит (DOP < 0) и суфицит (DOP > 0). Одступање вредности од оптимума представља метод за одређивање тренутне количине хранива у биљци (Montañés et al., 1993).

DOP индекс се израчунава према формули (Montañés et al., 1991, 1993):

$$\text{DOP} = \frac{C \times 100}{C_{\text{ref}}} - 100$$

где је C = концентрација добијеног елемента у узорку;  $C_{\text{ref}}$  = оптимална референтна вредност елемента у листу крушке коју су предложили van den Ende i Leese (1975).

Кроз суму вредности DOP индекса ( $\Sigma\text{DOP}$  макро- и  $\Sigma\text{DOP}$  микроелементи) могуће је одредити и статус уравнотежености између макро- и/или микрохранива у биљци.  $\Sigma\text{DOP}$  се израчунава сабирањем свих апсолутних вредности DOP индекса, без обзира на њихов предзнак. Уколико  $\Sigma\text{DOP}$  има већу апсолутну вредност, знак је да постоји већи дебаланс између хемијских елемената и обрнуто.

### 5.3.6. Статистичка обрада података

Статистичка значајност квантитативних вредности, тј. хомогеност варијанси, утврђена је Фишеровим моделом анализе варијансе (ANOVA) двофакторијалног огледа (модел  $7 \times 4$ ) применом F теста (Fisher, 1953). Извори варијанси су 6 хранива и

контрола (7) и године испитивања (4). Тестирање разлика између аритметичких средина је обављено помоћу LSD теста за праг значајности  $P \leq 0.05$ . Подаци су обрађени применом софтверског пакета Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA). Зависност и условљеност између добијених вредности и издвајање хранива (ђубрива) са најбољим особинама су обрађена мултиваријационом анализом. Корелациона анализа испитиваних параметара је реализована уз помоћ Пирсоновог коефицијента (Pearson's product moment correlation) на нивоу значајности  $\alpha = 0.05$ , док је анализа најзначајнијих компоненти (PCA) издвојила хранива која су условила најбоље и/или најгоре особине стабла, плода и листа. За мултиваријациону анализу је коришћен софтверски пакет XL-STAT v. 7.5 (Addinsoft, Paris, France).

## 6. ЕКОЛОШКИ УСЛОВИ

Иако се крушка гаји у истим рејонима у којима и јабука, она је знатно пробирљивија у погледу климатских, педолошких и орографских карактеристика локалитета. Најбољи резултати гајења крушке, редовна родност и висока рентабилност у Србији постижу се ипак у подручјима у којима се гаје бресква и винова лоза (Gvozdenović, 2007). Наравно, ово не искључује могућност гајења и у другим подручјима, али је у њима ова производња везана за нешто више ризика.

Ограничавајући фактори подизања интензивних засада крушке најчешће су неодговарајући квалитет земљишта, појава ниских зимских температура на неким локалитетима, честа појава пролећних мразева, недостатак падавина, ветровитост терена и сл.



Сл. 9. Засад крушке у коме су вршена испитивања, јун, 2017. године (Р. Илић, ориг.)

Све биљне врсте, па и воћке (међу њима и крушка) су веома зависне од еколошких чинилаца, тј. веома осетљиво реагују на спољашњу средину. Живот, родност и рентабилност производње крушке као вишегодишње воћне врсте, су зависни од животног станишта у коме се гаји. Због тога се мора посветити посебна пажња еколошким чиниоцима, да би се обезбедио добар избор сорте и крушка правилно развијала и гајила.

Предмет испитивања овог рада је утицај минералних и органских хранива на раст и развој крушке. С тога је јако битно испитати утицај еколошких фактора на усвајање јона из земљишног раствора. Еколошки чиниоци који утичу на усвајање јона су: концентрација јона, земљишна микрофлора, рН вредност земљишта, температура, светлост, влажност ваздуха, механички састав земљишта, садржај воде и органске материје у земљишту, збијеност земљишта и др.

## **6.1. Климатски услови на подручју Чачка**

Крушка је вишегодишња воћна врста која је читав свој животни век везана за чиниоце спољашње средине. Истраживање је обухватило деловање земљишних, температурних и падавинских фактора. Приказане су просечне вредности метеоролошких података за вишегодишњи период (25 година) и за године када је оглед реализован (2015-2018). Насеље Трбушани, у коме се налази засад у коме су вршена испитивања, припада умерено-континенталном климатском појасу.

Важно је напоменути да су ова испитивања обухватила 2017. годину која је на територији Србије, са средњом температуром од 11,5 °С, била дванаеста најтоплија година у периоду од 1951. године. С друге стране, у априлу 2021. године је забележен хладан талас који се поклопио са данима почетка цветања крушке.

### **6.1.1. Температура ваздуха**

Од климатских елемената највећи значај за гајење крушке има температура. Велика су варирања и по врстама и по сортама крушке у погледу захтева за температуром. Осетљивост крушке према ниским температурама је различита и у појединим периодима године, односно фазама вегетације. Најосетљивија фаза је цветање. Вилијамовка се убраја у средње осетљиве сорте према утицају ниских температура у фази цветања (Mratinić, 2016).

Сума часова са температрама испод 7,2 °С, потребна за прекид периода мировања крушке не представља проблем у нашој земљи иако се из године у годину суочавамо са утицајима глобалног загревања. Позни пролећни мразеви могу да нанесу озбиљне штете. Њихово штетно дејство зависи од сорте и фазе у којој се она налази. У фази балона, у зависности од сорте, критична температура се креће од -1,7 до -4,2 °С, у фази пуног цветања од -1,6 до -1,2 °С, а у фази приметних плодова од -1,0 до -1,7 °С (Gvozdenović, 2007). Појава позних пролећних мразева по цветању може да уништи плодове, или да им знатно умањи комерцијалну вредност због појаве мразних прстенова, обично на доњем делу плода. Ниске температуре у време цветања могу значајно да омету оплодњу и због смањеног кретања корисних инсеката, односно пчела.

Квалитет плодова крушке је знатно бољи у топлим рејонима са топлим летима. Међутим, високе температуре током лета често код неких сорти, као што су Вилијамовка и Конферанс, изазивају ожеготине лишћа и њихово масовно сушење.

Оптималне средње вегетационе температуре за гајење крушке у умерено-континенталној клими су 10-14 °С. На основу података приказаних у Таб. 2 може се рећи да је у току свих година испитивања средња вегетациона температура била изнад оптималних вредности. Одступања су била од 3,52 °С у 2015. до 4,62 °С у 2018.

Просечне годишње суме температура за све четири испитиване године су веће у односу на вишегодишњи просек (Таб. 2). Сорте крушке у току зимског мировања треба да буду изложене 800 часова температурама 0 °С до 7,2 °С. Према подацима за испитивани период, овај услов је остварен.

**Таб. 2.** Преглед температура ваздуха за Чачак и околину за период 1991-2015. година

Месец	Средње месечне температуре ваздуха (°С)				
	Мерно место				
	Чачак				
	1980-2010	2015	2016	2017	2018
Јануар	0,6	2,82	0,99	-5,12	2,35
Фебруар	0,6	4,74	8,05	4,36	0,97
Март	5,5	7,09	7,19	10,34	5,61
Април	10,1	11,35	14,36	11,04	16,5
Мај	15,4	16,97	15,07	16,32	18,93
Јун	18,6	18,94	21,02	22,36	20,25
Јул	20,5	23,51	22,70	23,54	21,14
Август	20,6	22,95	20,13	24	22,97
Септембар	5,0	18,41	17,46	16,9	17,36
Октобар	11,3	10,78	10,01	11,97	13,2
Новембар	5,0	7,49	5,73	5,98	6,46
Децембар	1,0	3,28	-0,07	3,22	1,13
Средња вегетациона температура (°С)	11,3	17,56	17,25	18,02	18,62
Средња годишња температура (°С)	10,0	13,23	12,88	13,64	13,14

Осетљивост крушке према ниским температурама различита је у појединим периодима године, односно фазама вегетације. Крушка је најосетљивија према високим температурама у фенофази цветања и оплођења, односно заметања плода. У току експеримента колебања температуре забележена су у априлу месецу 2017. када је наступило неколико дана са температурама испод 0 °С, и то у периоду цветања и заметања плодова. Затим је у јуну и јулу исте године детектовано неколико дана са температурама преко 40 °С и чак 45 °С, док су минималне температуре износиле испод 10 °С. Та нагла смена хладног и топлог времена потенцијала је масовност појаве рђасте превлаке на покожици плодова крушке што је значајно смањило учешће I класе и тржишну вредност плода. Нагло излагање плодова сунцу довело је до пуцања већ формиране кутикуле и до угињавања неких ћелија испод пукотина



кутикуле, што је код суседних ћелија активирало механизам репарације иницирајући фелоген који даје рђаст изглед плоду (Mratinić, 2016).

У 2015., почетак априла је испраћен са ниским температурама, тако да је у поменутој години цветање крушке значајно одложено у односу на остале године испитивања и било је тек 21. априла. Најранији почетак цветања је био 01. април 2016. и 2017. године.

Последња година испитивања, 2018. заједно са наредном 2019., биле су најтоплије године у историји Србије од када постоји систематско мерење (РХМЗС). Продужена лета и скраћене зиме утичу на поремећај у почетку и дужини трајања вегетационе сезоне биљака. Биљке развијају своје вегетативне органе на основу спољашње температуре, тако да се захваљујући климатским променама листање и цветање дешавају све раније у току године (Mratinić, 2016).

### 6.1.2. Падавине

Потребе крушке за водом варирају у зависности од врсте, сорте, старости засада, родности, периода и фазе вегетације. За нормално успевање и редовно и обилно плодоношење, крушка захтева велике количине воде. У већини наших рејона у којима се крушка гаји неопходно је примењивати наводњавање.

**Таб. 3.** Преглед суме падавина за Чачак за период 1991-2015. година

Месец	Просечна месечна сума падавина (mm)				
	Мерно место				
	Чачак				
	1980-2010	2015	2016	2017	2018
Јануар	58,2	38,8	0	0	0
Фебруар	60,4	46,2	0	0	0
Март	61,7	108,8	42,4	40,8	0
Април	62,9	67,6	65,4	72,4	34,4
Мај	90,3	80,4	141,8	74	51,2
Јун	97,9	100,4	75,2	36,8	97,6
Јул	80,5	13,8	33,8	38,4	150,4
Август	81,8	21,8	84	34	53,6
Септембар	72,2	68	35,2	46,4	28,6
Октобар	72,2	84,6	92,8	86,4	14,4
Новембар	63,1	50,2	78,6	41	42,4
Децембар	77,4	18,4	1,6	11,8	43,8
Вегетациона сума падавина	619,5	436,6	528,2	388,4	430,2
Годишња сума падавина	878,6	660,2	650,8	482	516,4

Потребе за водом су условљене и временом зрења крушке. Недостатак воде у другој половини вегетације посебно је неповољан за калитет плодова. У то време може доћи и до отпадања плодова ако је дефицит воде велики.

Највеће потребе крушке за водом су у летњим месецима, када уз повољне температуре крушке имају интензивну фотосинтезу, транспирацију, пораст летораста, диференцирање цветних пупољака и брз пораст и дозревање плодова.

Претерана влажност такође није повољна за крушку. Она изазива слаб развитак корена, његово прерано изумирање, продужава вегетацију, што доводи до лошег дозревања ткива при чему се повећава осетљивост према мразу, а добијају се и плодови слабијег квалитета. Нарочито су неповољни терени на којима се вода задржава, па због тога долази до асфиксије кореновог система.

Просечне количине падавина за подручје Чачка приказане су у Таб. 3. Према приказаним подацима може се констатовати да количине падавина у 2017. и 2018. нису биле довољне за нормалан раст и развој крушке у условима без наводњавања.



**Граф. 1.** Просечне месечне температуре и сума падавина у току експерименталног периода (2015.-2018.) у односу на вишегодишњи просек (ВП)

Нарочито ниске количине падавина биле су у јуну, јулу и августу, што се одразило на масу и величину плода и укупан принос у овој години. Мањак падавина се наставио и током јесени, што је утицало на припрему воћке за зимско мировање и наредну вегетацију. За разлику од тога, у јесен 2014. године забележене су значајне количине падавина, које су уз добро распоређене падавине у 2015. допринеле најбољем физичком развоју плода.

## 6.2. Земљиште

Земљиште је супстрат у којем се крушка укоренује и из којег се снабдева водом и у њој раствореним хранљивим материјама. Оно је извор живота за крушку. Због тога је оцена прикладности земљишта за гајење крушке, као и добро познавање особина земљишта од изузетног значаја. Крушка је вишегодишња воћка и на истом станишту може да остане дужи низ година. Утицај земљишта на крушку испољава се преко његових физичких, хемијских и биолошких особина.

Крушка најбоље успева на дубоким, растреситим, пропустљивим и плодним земљиштима са 3-5% хумуса, са слабо киселом реакцијом рН од 5,6 до 6,5 и садржајем активног креча до 4% (Gvozdrenović, 2007). Активан слој земљишта треба да буде довољно дубок, пропустљив, растресит и структуран, а да се испод ораничног слоја налази пропусна здравица са повољним водно-ваздушним и топлотним режимом. То су значајна својства од којих зависи општи пораст и простирање корена у земљишту. Земљишта са високом подземном водом, неповољним топлотним и ваздушним режимом, нису подесна за највећи број воћака, па ни за крушку.

На јако киселим земљиштима анаеробна микрофлора троши знатне количине калцијума и магнезијума, те стабла крушке често оскудевају у њима. Насупрот, код земљишта са израженом алкалном реакцијом блокирани су гвожђе и манган услед чега се јавља хлороза.

Земљиште у засаду, као један од важнијих еколошких чинилаца, је типа алувијалног наноса. Узорци за хемијску анализу су узимани са дубине 0-30 cm на крају вегетационе 2014. године. Испитивано земљиште је слабо киселе хемијске реакције (рН вредност у KCl од 5,85) (Таб. 4).

**Таб. 4.** Хемијске особине земљишта пре примене хранива (0 до 30 cm)

рН		Хумус (%)	Укупни N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg 100 g <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (mg 100 g <sup>-1</sup> )
nKCl	H <sub>2</sub> O				
5,85	6,65	2,69	0,20	40,00	40,00

Ови подаци показују да се садржај хумуса, тј. органске материје, кретао у границама средње обезбеђености, па је последично и вредност укупне обезбеђености азотом подложном минерализацији висок (0,20%).

Садржај доступног P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O је био висок и износио је за оба елемента 40 mg у 100 g ваздушно сувог земљишта. Граничне вредности за успешно гајење крушке су 3 – 5% за садржај хумуса, 8 – 10 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> у 100 g суве земље и 15 – 20 mg K<sub>2</sub>O у 100 g суве земље уз оптималну обезбеђеност осталим макро- и микрохранивима (Милошевић, 1997).

Може се констатовати да земљиште на коме је подигнут засад у коме су обављена истраживања, одговара узгоју крушке, осим високог садржаја P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O које је вероватно последица неконтролисане примене минералних ђубрива, без претходно одрађене анализе земљишта.

Стабла крушке врло повољно реагују на додавање органских хранива и повећање садржаја хумуса, тј. органске материје. Температура земљишта и исхрана су фактори који утичу на пораст кореновог система. Корен крушке почиње да расте при температури од 7-8 °C. Оштећења од мраза се могу појавити на површинским кореновима ако се температура ваздуха спусти на -9 °C. Захтев воћних врста за исхраном зависи од биомасе коју произведу различити органи као и од родности стабла (Poblete et al., 2021).

## 7. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

### 7.1. Вегетативни потенцијал крушке

#### 7.1.1. Површина попречног пресека дебла

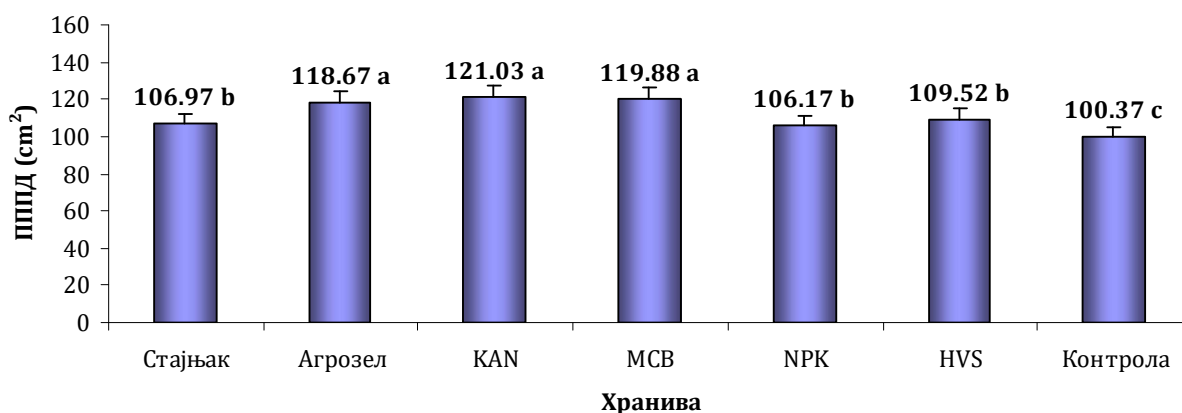
Бујност стабла изражена кроз површину попречног пресека дебла током четири године испитивања била је подложна променама које су биле директно зависне од примењеног третмана исхране. Наиме, подаци приказани у Граф. 2 показују да је ПППД расла из године у годину посматрајући период од 2014. до 2018., у свим варијантама примењених хранива, укључујући и контролну. У прве две године испитивања, разлике између третмана нису биле значајне. Међутим, већ након другог уношења хранива у земљиште (на крају 2016. године) разлике постају евидентне. Тако се крајња вредност ПППД значајно разликовала између третмана.

Варијанте са применом КАН-а, МСВ и Агрозела су имале сличан и значајно већи утицај на испитивани параметар у односу на остала хранива и контролу (Граф. 2.). Ови резултати су били очекивани, с обзиром да су КАН и МСВ хранива са већом концентрацијом N у односу на остала хранива, а поменути макроелемент позитивно утиче на вегетативни пораст (Pole et al., 2017), што је повезано са физиолошком улогом азота у ткивима и органима биљке. До сличних података су дошли и Milošević et al. (2019) потврђујући позитиван утицај КАН-а на вегетативни раст јабуке. Према Mratinić (2016), крушка повољно реагује на азотно ђубриво, јер азота у земљишту углавном нема довољно. Исто тако, високе количине N стимулишу бујност и вегетативни пораст, изазивајући одлагање родности и развој родних граница (Crisosto et al., 1997).

Обављено истраживање је показало да фактори као што су органска, органоминерална и минерална хранива могу значајно утицати на вегетативни пораст стабала крушке Вилијамовке што су уочили и многи други аутори (Ahmed i Morsy, 2001; Fawzi et al., 2010; Gill et al., 2017). Такође, органска хранива могу значајно повећати микробиолошку активност у земљишту и на тај начин подстаћи раст и развој стабла (Xie et al., 2013).

Само добро избалансиран вегетативни пораст може осигурати ранији почетак родности, високе приносе и квалитет плодова (Milosevic, 1997), тако да није пожељна ни превелика бујност нити прејака кржљавост стабала.

Добро је познато да недостатак N ограничава раст и развој биљака, чиме се смањује принос плодова. Главне последице дефицита N су смањење синтезе протеина и садржаја хлорофила, што резултира смањеном акумулацијом фотосинтетских производа (Alvarez et al., 2012). С друге стране, прекомерна употреба N ђубрива не само да захтева веће инвестиције од произвођача и смањење приноса, већ такође доводи до контаминације подземних вода (Jaunes et al., 2001). С друге стране, прекомерна количина N изазива претерану бујност стабала крушке која су са таквим статусом неупоредиво подложнија нападу крушкине буве. Стога је успостављање оптималног снабдевања стабала са N фундаментално у смислу балансирања приноса и минимизирања негативних утицаја на загађење животне средине, посебно подземних вода.



**Граф. 2.** Финалне вредности ПППД Вилијамовке у зависности од примењених хранива

Количина N и примена азотних хранива је уско повезана са садржајем органске материје у земљишту. Познато је да се земљишни азот преводи у биљкама приступачну форму након минерализације органске материје (Ernani et al., 2008). Важно је да примена азотног ђубрива треба стриктно да зависи од садржаја органске материје у земљишту, као и од хранљиве материје присутне у стаблу и коришћене подлоге (Milošević et al., 2013a; Pole et al., 2017).

МСВ је комплексно храниво које поред тога што садржи висок ниво N има и одређени проценат K, Mg и хуминских киселина које поспешују усвајање NO<sub>3</sub><sup>-</sup> јона и макроелемената (Ayuso et al., 1996; Nardi et al., 2002). Тиме се може објаснити позитиван утицај овог хранива на вегетативни пораст крушке у овом истраживању.

Хуминске киселине, које улазе у састав МСВ хранива, су веома корисне и за биљке и за земљиште. Утичу на повећање микробне и микоризалне активности, представљају биостимуланс раста биљака. Ефикасан су појачивач особина земљишта, промовишу усвајање хранљивих материја (хелатног средства) и повећање приноса усева што је већ утврђено код стабала Ле Конте крушке (Abdou, 2010). Поред тога, хумусни материјали позитивно утичу на број ризосфера различитих група организама одражавајући се на раст, принос и квалитет плода, што је утврђено, на пример, код кајсије (Fathy et al., 2010). Такође, Fawzia- Eissa et al. (2007) су открили да је примена хуминске киселине (нарочито третман земљишта са 20 ml по стаблу,

сваке недеље од 01. јула до 15. октобра) значајно смањила штетно дејство заслањености земљишта и повећала отпорност кајсије, крушке и јабуке. Eissa et al. (2007) наводе да су хуминске киселине побољшале вегетативни пораст стабала крушке и акумулирање већих количина NPK и суве материје. Исто тако, Kumar i Chandel (2004) утврдили су да је пораст ПППД код крушке Red Bartlet значајно увећан услед примене N и K.

Bennewitz et al. (2011) истичу да примена само калијумових хранива није значајно утицала на ПППД код јабуке док су код исте врсте воћа позитиван утицај Агрозела на ову особину приметили Milosevic i Milosevic (2009). Наиме, Агрозел као природни зеолит у себи садржи многе хранљиве елементе значајне за биљку као што су N и K, а такође и Ca, Mg и микроелементи (Polat et al., 2004) и може се сматрати условним храновим. Подаци из литературе показују да зеолити позитивно утичу на пораст и развој биљке (Torii, 1978). Познато је да овај минерал спречава непотребне губитке хранљивих материја, усваја и депонује воду у својим просторима чинећи их доступним тачно када су потребна (Podlešáková et al., 1967) и имају изузетно велику моћ размене јона (Butorac et al., 2002). Исто тако, имају ефекта на рН вредност земљишта, садржај хумуса и уопште на све режиме земљишта (Ganzhara, 1998).

Очекивано, контролна варијанта је у нашем истраживању показала најмање вредности ПППД што значи да су и органска хранива као што су говеђи стајњак и HVS показали јачи утицај на вегетативни раст крушке.

У истраживању које су спровели Fawzi et al. (2010) приказан је позитиван утицај примене органских хранива у засаду крушке Ле Конте на дужину прираста гранчица и површину листа. До сличних резултата су дошли и El-Morshedy (1997) код горке поморанџе, показујући да су органска хранива повећала вегетативни пораст и минерални статус биљке. Штавише, Abd El Moez et al. (1999) напомињу да значајан ефекат компоста на вегетативни пораст може бити резултат позитивног дејства на физичке и биолошке особине земљишта, а самим тим и на лакше усвајање елемената од стране биљке. Неколико аутора је установило да органска хранива повећавају агрегатно стање земљишта и смањују његову густину, док порозност расте (Bronick et al., 2005). Тако на пример, стајњак позитивно утиче на физичке, хемијске и биолошке особине земљишта, прилагођавајући рН вредност земљишта и растворљивост хранљивих елемената (P, K, Ca и Mg), њихову доступност биљкама, а самим тим посредно утиче на раст, развој и продуктивност биљке (Abdel-Nasser i Narhash, 2002). Такође, неке физиолошки активне супстанце могу бити произведене из органских хранива, што може повећати активност корена и подстаћи пораст дрвета (Aslantas et al., 2007).

Свакако, органска хранива као што су стајњак и HVS су имали мањи позитивни утицај на бујност стабала (Граф. 2) у односу на минерална што је у сагласности са резултатима које наводе Stino et al. (2009).

Посматрано по годинама, највећи прираст је постигнут у последњој години испитивања. Осцилације у добијеним резултатима су биле очекиване, с обзиром да су се године међусобно разликовале по климатским приликама.

Анализом варијансе утврђено је постојање интеракције између испитиваних фактора. У свим варијантама почетна вредност ПППД је била слична. Већ у првој години примене хранива, она почињу да показују своје позитивно дејство у односу на контролну варијанту где се посебно истичу MCB, Агрозел и делимично KAN. У 2016.

години дешава се нагли пораст вредности ПППД Вилијамовке. У последњем мерењу (2018. година) примећен је јачи утицај стајњака на ПППД у односу на НРК. Овим је потврђена теза да је органским хранивима, као што је стајњак, потребно више времена да испоље свој позитиван утицај (Polat et al., 2004).

Бујност стабла исказана кроз ПППД је значајан индикатор снаге вегетативног пораста (Simovski i Ristevski, 1986). Важно је истаћи да је ПППД променљива особина, а варирање је првенствено условљено избором сорте и подлоге. Тако, Kiprijanovski i Ristevski (2009) наводе да је, на крају вегетационог периода десете године, ПППД Вилијамовке калемљене на Ба.29 износио  $59 \text{ cm}^2$ . Вредности за ПППД код сорти Abbé Fetel и Conference у деветој години старости, калемљене на Ба.29 износиле су  $25,9 \text{ cm}^2$ , односно  $25,7 \text{ cm}^2$  (Castro i Rodriguez, 2002). Стабла у експерименталном засаду су имала знатно мању површину попречног пресека дебла. Разлог за то проистиче из чињенице да је засад у ком су вршена истраживања млађи и да се налази у другачијим климатским и едафским условима, а такође је значајан и утицај сорте. Раст дрвета у току вегетације, такође зависи од дубине садње и начина одржавања воћњака (Kolečevski et al., 1995), али разлике у ПППД могу бити последица утицаја типа земљишта и климатских фактора (Westwood et al., 1976).

Показало се да је ПППД добар параметар за одређивање водног статуса стабла. Током дана, пречник дебла се смањује услед транспирације. Током ноћи се дешава обрнута појава, ПППД почиње да се увећава са смањењем транспирације. Степен скупљања дебла током дана проучавано је већ код неколико воћних врста као параметар контроле наводњавања (Bonanu et al., 2000). Тако је Маас (2007) установио да је на укупно повећање пречника дебла код сорте крушке Конферанс утицало само наводњавање. Без наводњавања, повећање пречника дебла је било значајно мање у односу на стабла која су била наводњавања у летњим месецима у којима није било довољно падавина. Агрозел има способност да испусти воду из своје кристалне структуре у зону кореновог система (Trasey i Higgins, 2001) па је и то вероватно један од разлога зашто је овај минерал позитивно утицао на бујност стабла.

### 7.1.2. Површина листа

Површина листа је од великог значаја за јачину и квалитет вегетативног пораста кроз утицај на вишеструке физиолошке механизме биљке (задржавање и кретање хранљивих материја, капацитет фотосинтезе, отпорност на сушу, ефикасност употребе воде), на пораст листа и развој крошње, крупноћу плода и садржај органских и минералних материја, технологију гајења (резидба, наводњавање, исхрана, заштита од проузроковача болести и штеточина и сл.) (Hudina i Štampar, 2002; Salem et al., 2010).

**Таб. 5.** Принос по стаблу и јединици површине, коефицијент родности и површина листа Вилијамовке у зависности од примењеног хранива

Извори варијације	Принос по стаблу (kg)	Принос по хектару (t)	Коефицијент родности (kg cm <sup>-2</sup> )	Површина листа (cm <sup>2</sup> )
<b>Ћубриво (А)</b>				
Стајњак	5,27 ± 1,32 a	8,80 ± 2,20 a	0,049 ± 0,01 a	17,31 ± 0,59 b
Агрозел	4,28 ± 1,09 ab	7,87 ± 1,82 ab	0,036 ± 0,01 b	15,78 ± 0,46 c
KAN	5,36 ± 1,21 a	8,93 ± 2,01 a	0,044 ± 0,01 a	18,08 ± 0,82 a
MСВ	5,56 ± 1,04 a	9,27 ± 1,74 a	0,046 ± 0,01 a	17,50 ± 0,69 b
NPK	5,90 ± 9,56 a	9,83 ± 1,59 a	0,055 ± 0,02 a	17,28 ± 0,69 b
HVS	5,62 ± 1,01 a	9,34 ± 1,67 a	0,051 ± 0,01 a	18,46 ± 0,55 a
Контрола	3,50 ± 0,83 b	5,83 ± 1,39 b	0,034 ± 0,01 b	16,37 ± 0,43 c
<b>Година (В)</b>				
2015	3,14 ± 2,15 c	5,23 ± 0,36 c	0,051 ± 0,01 c	16,18 ± 0,45 c
2016	4,83 ± 4,38 b	8,06 ± 0,73 b	0,071 ± 0,01 b	15,79 ± 0,38 c
2017	1,48 ± 0,69 d	2,46 ± 0,11 d	0,021 ± 0,01 d	17,42 ± 0,38 b
2018	11,08 ± 6,83 a	18,46 ± 1,14 a	0,145 ± 0,01 a	19,63 ± 0,36 a
<b>Интеракција (А × В)</b>				
Стајњак	2015 2,85 ± 0,27 d	4,75 ± 0,44 d	0,028 ± 0,00 a	16,89 ± 1,19 a
	2016 3,66 ± 0,55 d	6,10 ± 0,65 d	0,034 ± 0,01 a	14,84 ± 0,97 a
	2017 1,48 ± 0,21 d	2,46 ± 0,34 d	0,013 ± 0,00 a	17,90 ± 0,69 a
	2018 13,12 ± 2,53 a	21,86 ± 4,21 a	0,109 ± 0,01 a	19,59 ± 0,38 a
Агрозел	2015 2,97 ± 0,41 d	4,95 ± 0,68 d	0,028 ± 0,02 a	14,65 ± 1,19 a
	2016 3,66 ± 0,61 d	6,11 ± 1,02 d	0,030 ± 0,01 a	15,55 ± 0,69 a
	2017 1,50 ± 0,20 d	2,51 ± 0,34 d	0,012 ± 0,00 a	15,17 ± 0,39 a
	2018 10,76 ± 2,51 ab	17,94 ± 4,19 ab	0,075 ± 0,02 a	17,75 ± 0,47 a
KAN	2015 3,79 ± 1,21 cd	6,32 ± 2,01 cd	0,037 ± 0,01 a	17,10 ± 1,75 a
	2016 3,72 ± 0,46 cd	6,20 ± 0,77 cd	0,030 ± 0,01 a	15,46 ± 1,03 a
	2017 1,46 ± 0,21 d	2,43 ± 0,35 d	0,011 ± 0,00 a	17,67 ± 0,67 a
	2018 12,47 ± 1,94 ab	20,78 ± 3,23 ab	0,084 ± 0,02 a	22,07 ± 0,87 a
MСВ	2015 2,96 ± 0,56 d	4,93 ± 0,93 d	0,028 ± 0,00 a	17,08 ± 0,82 a
	2016 6,49 ± 0,32 c	10,83 ± 0,53 c	0,053 ± 0,01 a	14,94 ± 0,73 a
	2017 1,52 ± 0,20 d	2,53 ± 0,34 d	0,012 ± 0,01 a	17,49 ± 1,14 a
	2018 11,26 ± 1,56 ab	18,77 ± 2,61 ab	0,078 ± 0,02 a	20,50 ± 1,37 a
NPK	2015 3,52 ± 0,46 d	5,88 ± 0,76 d	0,035 ± 0,00 a	14,94 ± 0,69 a
	2016 8,79 ± 0,57 bc	14,65 ± 0,95 bc	0,081 ± 0,01 a	14,91 ± 0,32 a
	2017 1,45 ± 0,20 d	2,50 ± 0,34 d	0,013 ± 0,01 a	19,61 ± 1,19 a
	2018 9,78 ± 1,24 b	16,32 ± 2,07 b	0,084 ± 0,02 a	19,69 ± 0,45 a
HVS	2015 3,52 ± 0,13 d	5,86 ± 0,22 d	0,034 ± 0,00 a	17,42 ± 1,68 a
	2016 5,64 ± 0,39 cd	9,39 ± 0,66 cd	0,051 ± 0,01 a	18,53 ± 1,22 a
	2017 1,47 ± 0,21 d	2,46 ± 0,34 d	0,013 ± 0,01 a	17,79 ± 0,41 a
	2018 11,86 ± 0,26 ab	19,77 ± 0,43 ab	0,096 ± 0,01 a	20,10 ± 0,37 a
Контрола	2015 2,36 ± 0,44 d	3,94 ± 0,74 d	0,024 ± 0,01 a	15,19 ± 0,51 a
	2016 1,89 ± 0,15 d	3,14 ± 0,25 d	0,019 ± 0,00 a	16,29 ± 1,02 a
	2017 1,47 ± 0,21 d	2,46 ± 0,34 d	0,014 ± 0,01 a	16,29 ± 1,02 a
	2018 8,27 ± 1,85 bc	13,79 ± 3,10 bc	0,076 ± 0,01 a	17,72 ± 0,41 a
<b>ANOVA (F тест)</b>				
А	*	*	*	*
В	*	*	*	*
А × В	*	*	нз	нз

Иста мала слова у истој колони показују да разлике између средина нису статистички значајне за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту. \*: звездаца означава значајне разлике за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту; нз: није значајно.



На основу добијених резултата (Таб. 5), уочава се да је примена хранива значајно утицала на површину листа осим Агрозела чији утицај се није статистички значајно разликовао од контролне варијанте, у којој је површина листа била најмања. Нормална величина листа обезбеђује бољу фотосинтетску активност што може да резултира већом количином органске материје и јачем вегетативном расту (Rouphael et al., 2010). Што је већа асимилациона површина листа, јача је фотосинтеза и већи је садржај угљених хидрата, а затим и појединачних шећера у листовима и осталим органима воћних стабала (Hudina i Štampar, 2002).

Свакако треба узети у обзир чињеницу да су природни зеолити спороделујућа хранива чиме се донекле може објаснити њихов слаб утицај на ову особину што је утврђено у претходном раду (Williams i Nelson, 1997). Поредџи утицај осталих хранива, види се да је највећа површина листа била код примене KAN и HVS, док су стајњак, MCB и NPK условили интермедијарне резултате.

Посматрајући утицај године као фактора, уочава се да је највећа површина листа забележена у 2018., а најмања и слична у 2015. и 2016. години. У 2018. години климатски чиниоци су били посебно повољни за раст и развој крушке па је и површина листа била већа. Такође, вишегодишња примена хранива је могла значајно утицати на то да површина листа буде највећа у последњој години испитивања. У 2017. години са значајно малим приносима површина листа је била велика, и обрнуто, виши приноси у 2015. и 2016. су довели до мање површине листа. Сличну корелацију између приноса и особина листа код Вилијамовке установили су и Sanchez i Silva (1994).

Интеракција храниво  $\times$  година није била статистички значајна када је у питању њен утицај на површину листа.

Bhat et al. (2009) истичу да су број листова и њихова површина одлучујући фактори за оптималан раст и развој свих воћних врста. Површина листа је варијабилно својство и зависи од низа фактора. То потврђује податак да се код сорте Пакхамс тријумф на шест различитих подлога просечна површина листа кретала од 54,16 cm<sup>2</sup> до 92,18 cm<sup>2</sup> (Giacobbo, 2008). Вредности приказане у Таб. 5 се не подударују са предходним због утицаја сорте, вероватно и подлоге, старости засада и различитих еколошких чинилаца.

Требало би напоменути, да су стабла крушке са већом површином листа подложнија колонизацији проузроковача болести и штеточина (Vanneste et al., 2004) и имају већу транспирацију (Demirsoy i Demirsoy, 2003).

Познато је да листови имају висок садржај угљених хидрата. Ипак, они садрже само мали део од укупне количине присутне у целом стаблу. Играју одлучујућу улогу у расту и развоју дрвенстих биљака, јер они су основни фотосинтетички органи, који последично утичу на раст вегетативног и репродуктивног ткива. Листови такође чувају угљене хидрате и минералне хранљиве материје за критичне периоде. Дуговечност листова је од великог значаја за раст и развој биљака (Kozlowski i Pallardy, 1997).

## 7.2. Принос

Принос плодова је главни одлучујући фактор који доказује тачност избора конкретног програма исхране.

На основу података приказаних у Таб. 5 може се видети да су примењена хранива, година и њихова међусобна интеракција значајно утицали на принос Вилијамовке у нашем раду, што је у складу са подацима добијеним од стране Koksai et al., (1999) и Dar et al. (2015) за исту сорту или Naiema (2008) код сорте Le Conte. Резултати показују да су у условима примене различитих органских и минералних хранива, значајно веће и међусобно сличне вредности приноса добијене по стаблу и по хектару.

НРК храниво је утицало на највећи принос по стаблу и хектару, а затим МСВ, НВС, КАН, Стајњак и Агрозел. Међутим, између њих није било статистички значајних разлика у погледу јачине утицаја на принос што је и раније забележено код крушке у истраживању које су спровели Quartieri et al. (2016). Позитиван утицај НРК хранива на принос крушке наводе и други аутори (Hussain et al., 1997; Kumar i Chandel, 2004; Kumar et al., 2013). Јанковић (1994) у свом истраживању наводи да је исхрана НРК ђубривима позитивно утицала на родност две сорте крушке (Боскова бочица и Вилијамовка). Генерално, хранива која садрже у себи високе количине N, P, K побољшавају продуктивност крушке и осталих врста воћака (Ubavić et al., 2001) због њихове физиолошке улоге у формирању и развијању потенцијала цветања, заметања плодова, њихове крупноће и отпорности на стресне услове.

Варијанта са Агрозелом се статистички није значајно разликовала од контролне варијанте. Mohammed et al. (2010) истичу да минерална хранива повољније утичу на принос крушке него органска, укључујући и стајњак. Агрозел самостално није имао довољно капацитета да побољша принос као остала хранива. Слично понашање код примене само Агрозела у земљишту потврђено је и код јабуке (Milosevic i Milosevic, 2009) и кајсије (Milošević et al., 2013b). И ранија истраживања су показала да органска хранива у односу на минерална захтевају дужи период како би испољила позитиван утицај на принос (Polat et al., 2004). Штавише, обично је тешко за органска хранива да постигну приносе једнаке или веће од оних добијених применом минералних хранива (Rahman et al., 2011).

С друге стране, постоје истраживања која су показала да и органска хранива, међу њима и стајњак, могу значајно утицати на повећање приноса и масе плода (Mansour, 1998). Очигледно је да су нека хранива која садрже велике количине органске материје такође позитивно утицала на принос крушке у овом истраживању (Таб. 5). Разлог позитивног утицаја ових хранива може бити чињеница да они активирају фотосинтетске процесе и повећавају деобу ћелија. Fawzi et al. (2010) истичу позитивно дејство органских и био-хранива на принос и масу плода крушке Ле Конте. Тако су хранива са више органске материје и у нашем огледу дошла до изражаја, вероватно због услова средине у којима минерализација није била ограничена током дужег периода испитивања. Посматрајући резултате, ипак не треба очекивати да само стајњак може дати високе приносе и као што је раније наглашено, најбоље је примењивати стајњак у комбинацији са минералним хранљивим материјама (Chatzitheodorou et al., 2004). Одавно је познато да је директан утицај органских хранива на принос могућ али често и ограничен, тј. посредан. Њихова главна улога је поспешивање физичких, хемијских и биолошких особина земљишта као и побољшање његовог топлотног, водног и ваздушног режима у којима корен има добре услове за обављање својих функција.

У складу с претходним, Khan i Sharma (2018) истичу ефикасност примене минералних хранива заједно са стајњаком, јер органска материја помаже у задржавању N у зони кореновог система и чини да P и K буду приступачни биљци. До сличних резултата дошли су и други аутори. Тако су Rathi i Bist (2004) проучавали ефекат различитих врста стајњака и биолошких хранива на принос крушке и утврдили су да се најбољи резултати постижу комбинацијом живинског стајњака са NPK. Такође, комбинација минералних и органских хранива код сорте крушке Нангуо је дала најбоље резултате (Liu et al., 2013).

Варирање приноса код крушке из године у годину је и претходно уочено (Gill et al., 2017). Посматрано по годинама, већи просечан принос по стаблу и хектару остварен је у 2018. години, а значајно нижи остварени су у осталим годинама испитивања, при чему је најмањи принос био у 2017. години (Граф. 3). То је било очекивано, обзиром да је 2017. година била неповољна са више аспеката, а абиотички стрес узрокован поремећајима временским приликама доводи до морфолошких, физиолошких, биохемијских и молекуларних промена које негативно утичу на раст и продуктивност биљака (Zargar et al., 2019).

Раније прородевање и висока продуктивност стабала крушке пре свега зависе од сорте и подлоге и квалитета садница (Sosna i Szewczuk, 2006; Milošević i Milošević, 2011a), услова спољашње средине (Sosna i Kortylewska, 2012; Lepsis et al., 2013), технологије гајења (узгојни облик и резидба) (Elkins i DeJong, 2002) као и од исхране и наводњавања (Salem et al., 2010; Dar et al., 2012).

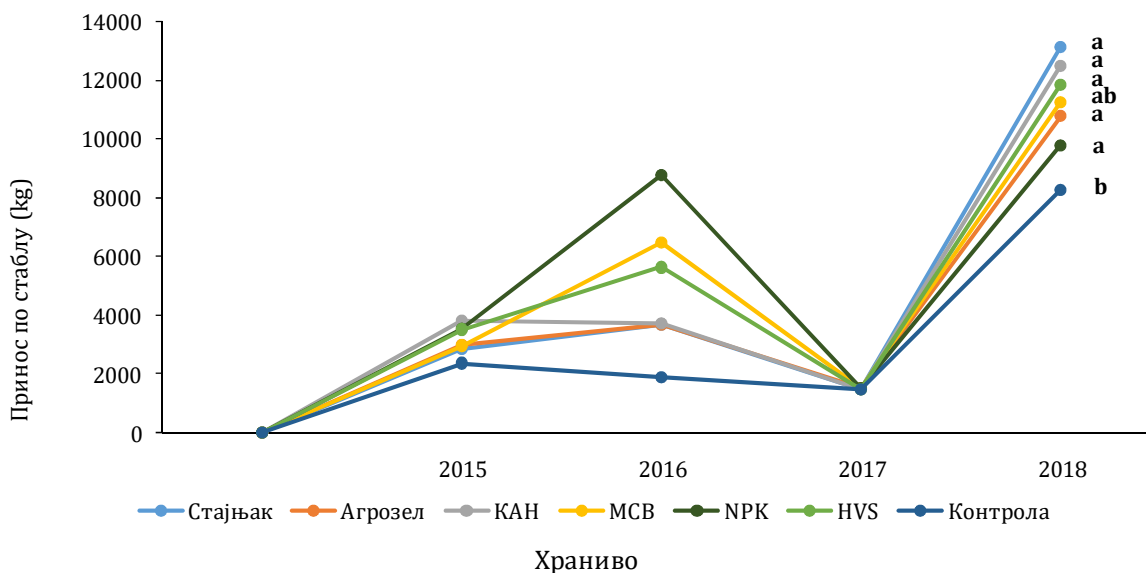
Климатски чиниоци, посебно температура, значајно утичу на време кретања цветања. Zorpolo et al. (2021) наводе да су климатски чиниоци имали већи утицај на принос Вилијамовке и од утицаја подлоге. Температурни фактор током периода цветања за који је утврђено да утиче на принос је минимална температура ваздуха, повезана са високим ризиком од оштећења од мраза. Падавине током раста плодова и индукције и диференцијације цветова су још један од главних фактора који утичу на продуктивност у текућој и наредној сезони.

Према томе, ниски приноси у 2017. могу се објаснити неповољним климатским чиниоцима у току вегетационог периода, посебно у периоду цветања и заметања плодова, када су у неколико термина наступиле ниске температуре испод 0 °C. Крушка је најосетљивија према температурама у фенофази цветања и оплођења, односно заметања плодова. За отворене цветове крушке леталне температуре су од -1,1 до -4,4 °C (Mratinić, 2016). У априлу 2017. године, у време тек приметних плодова, температуре су биле ниске што је негативно утицало на принос и квалитет плодова. Плодови који су “преживели” су били јако лошег квалитета са масовном појавом рђасте и плутасте превлаке на pokožици. До сличних резултата је дошла и Mratinić (2016) која је на подручју Беле Цркве, утврдила јако мали проценат квалитетних плодова сорти Конферанс и Вилијамовка због ниских температура у априлу и мају.

Резултати за принос по стаблу и хектару (Таб. 5) су били нижи у овом раду него што се наводи у литератури (Koksal et al., 1999; Hudina i Stampar, 2005; Dar et al., 2012). Напомињемо да су током 2013. године, стабла обухваћена експериментом била заражена патогеном *E. amilovora*, што је значајно утицало на број плодова и, коначно, на принос у наредним годинама након претрпљеног стреса (примедба аутора). Током 2016. године забележена је већа вегетациона сума падавина у односу на 2015. па су вероватно због тога и приноси били већи у 2016. години. Ниски приноси могу бити

повезани и са кишовитим и хладним временским условима у време цветања, што је значајно умањило ефекат ђубрења и заметање плодова. Највећи принос је утврђен у 2018. години. Поред тога што су климатски чиниоци позитивно деловали на количину и квалитет плодова, висок принос се може приписати и вишегодишњој примени хранива која су свој максимум дала у последњој години испитивања.

С обзиром на постојање интеракцијских односа између примењених хранива и године испитивања, може се закључити да нису сва хранива пратила тенденцију повећања приноса из године у годину и утицај свих хранива је био подложен променама у зависности од климатских чинилаца. Наиме, у Граф. 3 се види да су сва хранива условила највеће приносе у 2018. години. Ипак, највећи просечан принос по стаблу остварен је 2018. године применом МСВ, а најмањи 2017. године применом НВС. Међутим, једино су МСВ и НРК већ у другој години испитивања показали позитиван утицај на принос Вилијмовке. Разлог томе је чињеница да су ова два хранива богата у N и K, који највише утичу на повећање приноса код воћа. Позитиван утицај МСВ на принос утврђен је и код других врста воћака (Stojanov et al., 2019).



**Граф. 3.** Промена тенденције утицаја хранива на просечан принос плодова Вилијамовке по стаблу током четири године испитивања

У неким случајевима третмани са различитим врстама хранива нису значајно утицали на принос што је утврђено у претодном истраживању која су обавили Widmer et al. (2006). Неколико студија је показало да утицаји хранива зависе од многих фактора као што су начин садње, старост стабла, биљни материјал, односно комбинација сорта/подлога, време примене и врста хранива, појава фактора стреса – суша, вишак воде или оштећење корена (Wosióń et al., 2011). Исто тако, често се приликом додавања неког хранива у земљиште и не примећује повећање приноса плодова, јер је обезбеђеност земљишта хранљивим елементима у границама оптималног (Mengel et al., 2001).

Различити аутори предлажу различите програме исхране крушке али су сви сагласни да би примењене количине требало најпре да зависе од садржаја органске материје у земљишту и његове рН вредности, као и од климатских фактора подручја (Milošević et al., 2013a).

Коефицијент родности представља сложен однос између приноса и бујности, односно вегетативног раста. Дакле, коефицијент родности је синтетичка варијабла директно пропорционална продуктивности и обрнуто пропорционална ПППД. Према неким ауторима, однос подлоге и сорте има велики утицај на ову особину (Świerczyński i Stachowiak, 2009). Међутим, на основу резултата приказаних у Таб. 5 види се да су примењена хранива у воћњаку као и године имали значајан утицај на овај параметар. Висок коефицијент родности је био утврђен код примене свих хранива осим код Агрозела чији утицај се није разликовао од контролне варијанте. Мала бујност стабала и релативно висок принос плодова услед примене појединих хранива утицали су на веће вредности коефицијента родности. Позитиван утицај примене стајњака на овај параметар утврдили су и Milosevic et al. (2013) у експерименту са кајсијом.

С обзиром на висок принос у 2018. години, било је очекивано и да највећи коефицијент родности буде забележен у овој години. У 2017. години приноси су били јако ниски због раније наведених разлога, па је тако и коефицијент родности био најмањи. Колебања коефицијента родности из године у годину су забележена и у другим радовима (Fioravanço et al., 2016), јер је по овим ауторима наведени параметар временска мера поређења специфична за сезону на коју утичу смењивање производње и већи или мањи раст стабла.

Интеракцијски ефекат између примењених хранива и године испитивања није био значајан када је у питању коефицијент родности.

### **7.3. Физичке особине плода**

#### **7.3.1. Маса плода**

Маса плода је врло важна квалитативна особина која утиче на принос плодова као и на њихову прихватљивост од стране потрошача (Fawzi et al., 2010).

Посматрајући примењено храниво као посебан фактор, види се да је, у односу на контролну варијанту, једино примена стајњака значајно повећала масу плода (Таб. 6). Остала хранива су показала слично дејство у односу на стајњак и контролу. Вероватно је током дуже примене, органска материја из стајњака допринела да стабла крушке апсорбују довољне количине хранљивих елемената неопходних за раст и развој плода из земљишта (Sánchez-Sánchez et al., 2006). Очекивано, у контролној варијанти (без примене хранива) није било значајног повећања масе плода.

**Таб. 6.** Маса и линеарне димензије плода Вилијамовке у периоду од 2015. до 2018. године у зависности од примењеног хранива

Извори варијације	Маса плода (g)	Висина плода (mm)	Ширина плода (mm)	Чврстина плода kg cm <sup>-2</sup>
<b>Ћубриво (А)</b>				
Стајњак	172,07 ± 7,54 a	88,03 ± 1,43 a	64,23 ± 1,23 a	2,15 ± 0,32 b
Агрозел	169,41 ± 11,89 ab	85,14 ± 1,66 a	63,28 ± 0,70 a	2,69 ± 0,56 ab
KAN	153,27 ± 10,27 ab	85,69 ± 2,25 a	61,80 ± 1,36 a	3,12 ± 0,84 a
МСВ	160,23 ± 8,25 ab	86,35 ± 1,89 a	64,03 ± 1,03 a	2,75 ± 0,51 a
НПК	165,58 ± 10,63 ab	85,86 ± 1,87 a	64,66 ± 1,41 a	2,59 ± 0,47 ab
HVS	160,52 ± 9,34 ab	86,88 ± 1,91 a	62,63 ± 1,48 a	2,74 ± 0,46 a
Контрола	151,67 ± 7,91 b	84,92 ± 1,26 a	62,09 ± 0,89 a	2,76 ± 0,57 a
<b>Година (В)</b>				
2015	200,34 ± 3,95 a	94,24 ± 0,70 a	67,81 ± 0,55 a	1,78 ± 0,05 c
2016	155,82 ± 3,91 b	83,33 ± 0,82 bc	64,03 ± 0,56 b	1,23 ± 0,05 d
2017	143,85 ± 2,90 d	85,14 ± 0,79 b	59,66 ± 0,60 d	5,50 ± 0,35 a
2018	147,27 ± 8,36 c	81,79 ± 0,84 c	61,48 ± 0,69 c	2,23 ± 0,05 b
<b>Интеракција (А × В)</b>				
Стајњак	2015 200,09 ± 6,35 ab	94,75 ± 1,52 a	66,47 ± 1,59 a	1,76 ± 0,19 d
	2016 162,75 ± 4,81 bc	85,37 ± 2,11 a	64,35 ± 1,83 a	1,14 ± 0,07 d
	2017 140,13 ± 6,12 c	85,41 ± 2,50 a	58,29 ± 0,40 a	3,57 ± 0,79 c
	2018 185,31 ± 10,69 ab	86,61 ± 1,22 a	67,80 ± 0,86 a	2,14 ± 0,07 d
Агрозел	2015 186,85 ± 4,12 ab	92,66 ± 2,12 a	65,80 ± 1,14 a	1,82 ± 0,14 d
	2016 149,14 ± 3,83 bc	80,31 ± 2,23 a	63,43 ± 1,26 a	1,16 ± 0,27 d
	2017 151,00 ± 9,15 bc	85,66 ± 1,85 a	61,13 ± 1,01 a	5,61 ± 0,85 b
	2018 190,64 ± 47,35 ab	81,92 ± 1,57 a	62,77 ± 1,08 a	2,16 ± 0,27 d
KAN	2015 208,49 ± 10,09 ab	96,91 ± 3,06 a	68,15 ± 1,09 a	1,82 ± 0,07 d
	2016 145,46 ± 7,05 c	82,72 ± 1,50 a	62,72 ± 1,74 a	0,98 ± 0,03 e
	2017 132,69 ± 1,79 c	81,75 ± 2,58 a	57,85 ± 1,50 a	7,70 ± 1,06 a
	2018 126,43 ± 6,00 c	81,36 ± 2,88 a	58,47 ± 0,30 a	1,98 ± 0,03 d
МСВ	2015 195,62 ± 11,98 ab	92,93 ± 1,73 a	67,98 ± 0,65 a	1,56 ± 0,01 d
	2016 161,24 ± 13,32 bc	85,50 ± 1,32 a	65,25 ± 0,72 a	1,47 ± 0,03 d
	2017 155,90 ± 3,52 bc	89,84 ± 1,09 a	62,98 ± 2,22 a	5,50 ± 0,48 b
	2018 128,14 ± 3,65 c	77,14 ± 1,36 a	59,91 ± 0,34 a	2,47 ± 0,03 cd
НПК	2015 218,75 ± 9,60 a	95,37 ± 1,05 a	71,41 ± 0,95 a	1,70 ± 0,18 d
	2016 169,64 ± 1,86 bc	84,01 ± 1,21 a	66,25 ± 0,48 a	1,26 ± 0,15 d
	2017 148,29 ± 3,84 bc	84,39 ± 1,06 a	61,24 ± 0,93 a	5,15 ± 0,48 bc
	2018 125,65 ± 2,84 c	79,69 ± 2,53 a	59,75 ± 0,30 a	2,26 ± 0,15 d
HVS	2015 209,88 ± 10,80 ab	96,01 ± 0,94 a	69,18 ± 0,41 a	1,89 ± 0,20 d
	2016 160,84 ± 9,19 bc	83,85 ± 4,16 a	64,06 ± 2,56 a	1,43 ± 0,09 d
	2017 138,50 ± 6,06 c	85,82 ± 1,52 a	57,78 ± 1,45 a	5,21 ± 0,61 b
	2018 132,86 ± 1,76 c	81,84 ± 0,65 a	59,50 ± 0,46 a	2,43 ± 0,09 cd
Контрола	2015 182,71 ± 8,74 b	91,05 ± 0,66 a	65,69 ± 1,30 a	1,94 ± 0,03 d
	2016 141,69 ± 19,92 c	81,56 ± 1,93 a	62,17 ± 0,71 a	1,17 ± 0,04 d
	2017 140,42 ± 14,32 c	83,10 ± 1,75 a	58,35 ± 1,17 a	5,74 ± 1,00 b
	2018 141,87 ± 7,45 c	83,96 ± 1,02 a	62,15 ± 0,52 a	2,17 ± 0,04 d
<b>ANOVA (F тест)</b>				
А	*	нз	нз	*
В	*	*	*	*
А × В	*	нз	нз	*

Иста мала слова у истој колони показују да разлике између средина нису статистички значајне за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту. \*: звездица означава значајне разлике за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту; нз: није значајно.

Постоји много литературних података који указују на позитиван директан или посредан утицај стајњака и уопште органских хранива на масу плода (Fawzi et al., 2010; Rahman et al., 2011). На пример, стајњак утиче на физичке, хемијске и биолошке особине земљишта, оптимализацију рН вредности и повећање растворљивости и приступачности хранљивих материја (P, K, Ca, Mg), као и на раст, развој и продуктивност биљке (Abdel-Nasser i Harhash, 2002). Такође, примена органске материје може ублажити неке негативне ефекте изазване применом минералних хранива. То се објашњава чињеницом да органска материја помаже у стабилизацији структуре земљишта, одржавању влажности, повећању пропустљивости и биолошке активности (Gomes et al., 2010).

Свакако, много аутора наводи да повећање доза N у исхрани воћака доводи до повећања масе плода (Bussi et al., 2003). С друге стране, резултати из Таб. 6, као и резултати које наводе Crissosto et al. (1997) указују на то да повећењем доза N није могуће повећати масу плода. Велика одступања у резултатима могу бити изазвана различитим агро-климатским условима, генотипом, помотехником и старошћу стабла (Wociór et al., 2011). На пример, у истраживању које су спровели Yinghuan et al. (2018) различити третмани хранивима нису значајно утицали на масу плода крушке Aiganshui. Са друге стране, већа доза K у односу на N је позитивно утицала на масу плода крушке Patharnakh (*P. pyrifolia* Nakai) (Gill et al., 2017).

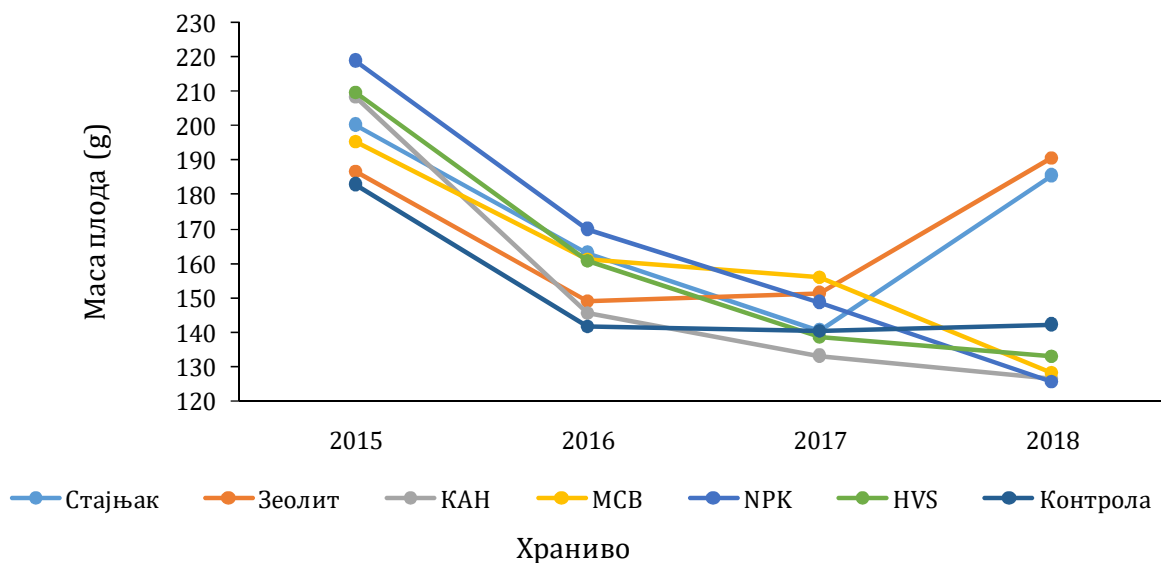
Посматрано кроз утицај године, највећа просечна маса плода забележена је у 2015. години, а најмања у 2017. Разлика између најмање и највеће вредности износила је чак 56,15 g или 31,53%.

Узимајући у обзир климатске чиниоце, 2017. година је била најнеповољнија. Ниске температуре на почетку вегетације, односно изразито високе у току летњих месеци, као и најмања сума падавина у односу на остале године су резултирале, између осталог, и мањом масом плода. Стрес услед недостатка воде има негативан утицај на масу плода (Behboudian et al., 1994). То је потврђено и у овом истраживењу, јер је највећа просечна маса плода измерена у 2015. години која је имала највећу годишњу суму падавина, и обрнуто, најмања количина падавина је условила и најмању масу плода у 2017. години, без обзира на присутно наводњавање које очигледно није било довољно да обезбеди потребне количине воде у земљишту. Наиме, недостатак влаге у земљишту смањује фотосинтезу и акумулацију угљених хидрата, што условљава у основи слабији раст биљака. Ако су стабла добро снабдевена водом током вегетационог периода, плодови ће се нормално развијати, што потврђују и наводи Hudina i Štampar (2005) да је наводњавање утицало на повећање димензија плода крушке (висина и ширина), као и масе плода.

Подаци приказани у Граф. 4 показују да се примењена хранива у погледу утицаја на масу плода нису конзистентно понашала током различитих сезона, што је потврдила статистички значајна интеракција између извора варијабилитета. Код свих хранива највећа маса плода је забележена у 2015. години. Одступања су се јавила у 2018. години, када су стајњак и Агрозел узроковали значајно већу масу плода у односу на остала хранива.

Корелација између појединачних биљних органа је јако комплексна, укључујући и плодове, посебно њихов број и крупноћу (Lauri et al., 2006). Суштина је у позитивној корелацији између општег пораста стабла и пораста корена и граница (Fallahi et al., 2010). Физичке особине плода, посебно маса и димензије, могу бити

повезани са оптерећеношћу стабла родом, јер код високих приноса, маса плода и димензије су мање и обрнуто (Robinson, 2011).



**Граф. 4.** Промена тенденције утицаја хранива на просечну масу плода Вилијамовке током четири године испитивања

Истраживања која су спровели Kappel et al. (1995) показала су да је за потрошаче у Канади најприхватљивија маса плодова крушке  $\approx 183$  g. У доступној литератури такође се могу пронаћи подаци који указују да је маса плода крушке варијабилна особина и да се креће у границама од 50 до 360 g (Karadeniz i Sen, 1990). На основу података из Таб. 6 може да се закључи да маса, дужина и ширина плодова одговарају датим лимитима. Могуће су велике варијације у погледу ове особине у зависности од сорте крушке, подлоге, климатских и земљишних услова, исхране, примењене технологије гајења и сл. То потврђују и резултати које су добили Hudina i Štampar (2005). Наиме, у условима без наводњавања просечна маса плодова Вилијамовке износила је 187,8 g, а у условима наводњавања 231,5 g. Иако је и у нашем засаду вршено наводњавање, све три вредности плода крушке су мање у односу на претходно наведене за услове са повећаном количином воде. Међутим, поменути аутори су уносили прецизно утврђене количине воде потребне у датом тренутку, за разлику од нашег засада, који је наводњаван на основу субјективне процене. На тај начин су у њиховом засаду добијени знатно крупнији плодови. И други аутори су добили сличне резултате. Тако, Kiprijanovski i Ristevski (2009) истичу да је, у једном засаду у околини Скопља, просечна маса плода Вилијамовке износила 230 g. Наши резултати за просечну масу плода су најприближнији наводима које истиче Милошевић (1997). Генерално, маса плода крушке је веома варијабилна особина и варира од 50 до 360 g (Karadeniz i Sen, 1990).



### 7.3.2. Димензије и индекси облика плода и чврстина мезокарпа

Привлачност плодова од стране потрошача је одређена визуелним атрибутима као што су облик, величина, изглед, униформност, боја и чврстина. Ови спољашњи квалитативни параметри су генетске особине, али такође значајан утицај могу имати и фактори спољашње средине и технологија гајења (Nour et al., 2010).

На основу анализе података приказаних у Таб. 6 може се уочити да димензије плода Вилијамовке изказане кроз висину и ширину плода значајно варирају само по годинама испитивања. Највеће вредности за висину и ширину плода биле су у 2015. години, а најмање у 2018. за висину и 2017. за ширину плода. Утицај хранива као посебног фактора и интеракције храниво × година није био статистички значајан.

Подаци приказани у Таб. 6 нису у потпуности сагласни са резултатима које су добили Gill et al. (2012) где су различита хранива позитивно деловала на висину плода у односу на контролну варијанту. Међутим, већ је познато да примена К у засаду крушке (Gobara, 1998; Gill et al., 2012) и К и N у засадима воћака уопште (Убавић и сар., 2016) значајно доприноси побољшању димензија и осталим физичким особинама плода. Stino et al. (2011) истичу да повећање садржаја К у земљишту позитивно утиче на раст плода, и обрнуто, смањење садржаја К се негативно одражава на ову особину. Такође, истраживање које су спровели Fallahi et al. (2010) потврдило је да исхрана са К значајно утиче на веће димензије плода и принос код различитих сорти јабуке. Иначе, N утиче на синтезу протеина и последично на раст плода, док К повољно утиче на фотосинтезу, елонгацију и деобу ћелија. Сходно томе, оба елемента иницирају пораст димензија плода, што је већ раније потврђено (Buskiene i Uselis, 2008). Напомињемо да је почетни садржај К у земљишту у нашем засаду био доста већи од количине потребне за оптималан раст и развитак стабла и плода крушке. То је вероватно разлог зашто хранива у нашем засаду нису значајно утицала на промену ових особина плода.

Висина и ширина плода одређују коначан облик плода као и изглед који потрошачи највише траже. Према доступним литературним подацима ширина и висина плода крушке су сортно варијабилне и крећу се од 61 до 91 mm и 59 до 78 mm (Karadeniz i Sen, 1990). Kiprijanovski i Ristevski (2009) истичу да је, у једном засаду у околини Скопља, просечна ширина плода Вилијамовке износила 63,9 mm, а дужина 75,9 mm. Nenadović-Mratinić et al. (2007) наводе да је просечна висина плода сорте Вилијамовка била 92,8 mm. У нашем експерименту, плодови су постигли висину и ширину већу од резултата претходних аутора само у 2015. години уз примену готово свих хранива. То може бити повезано са високом сумом падавина у 2015. години. На пример, у условима без наводњавања просечна ширина и висина плодова Вилијамовке износиле су 69,9 mm, односно 83,8 mm, а у условима наводњавања 72,8 mm, односно 89,8 mm (Hudina i Štampar, 2005).

Чврстина мезокарпа је параметар који је такође био зависан од врсте примењених хранива, године као и њиховог интеракцијског односа (Таб. 6). Посматрано по хранивима, примена Стајњака је утицала на значајно мању чврстину мезокарпа у односу на остала хранива и контролу. Најсочније плодове, поред Стајњака изазвали су примена NPK и Агрозела, али са случајним разликама у јачини утицаја између најбоље и најлошије варијанте.

Стимулативно дејство МСВ хранива на ову особину (Таб. 6) може се објаснити позитивним утицајем хуминских киселина на чврстину мезокарпа плода. То је резултат њихове улоге у повећању броја ћелија које јачају однос ћелијског зида и запремине ћелије у плоду (Southwick et al., 1995).

Подаци из литературе сугеришу да примена ђубрива са великом количином N у земљишту смањује чврстоћу мезокарпа, јер је чврстоћа плодова који су снабдевани Са била већа од чврстоће плодова ђубрених са N и/или комплексним NPK минералним хранивима (Hernández-Fuentes et al., 2002). Слично смањење чврстине мезокарпа са повећањем садржаја N је забележено од стране Okamoto et al. (2001). Супротно, повећање чврстине је примећено у случају када је примена N комбинована са одређеном дозом K (Gill et al., 2012). Lester et al. (2010) наводе да се, између осталог, применом K ђубрива може повећати чврстина мезокарпа плода воћа.

Постоје и резултати који указују да чврстина мезокарпа зависи од садржаја  $Ca^{2+}$  и  $K^{+}$  (Benítez et al., 2005). Давно је доказано да Са ступа у интеракцију са другим елементима и игра централну улогу у функционисању ћелија, јер висок ниво Са у плоду крушке је повезан са споријом деградацијом ћелијске структуре (Bangerth, 1974).

Чврстина мезокарпа је једна од најважнијих индикатора за квалитет и зрење плодова крушке (Urbina et al., 2003), и најважнији је фактор који прецизира потенцијал крушке након бербе (Kappel et al. 1995). Највећи број европских сорти крушке мора бити убран када чврстина мезокарпа достигне вредности између 8 и 9  $kg\ cm^{-2}$  (Marini, 2009). Поред утицаја на квалитет, чврстина плода је значајан индикатор стања зрелости (Kawamura, 2000). У фази технолошке зрелости, плодови у нашем истраживању су били мање чврстине у односу на резултате других аутора. На пример, Predieri i Gatti (2009) наводе да су плодови сорте крушке Абе Фетел у време бербе имали чврстину између 5,13 и 5,87  $kg\ cm^{-2}$ , а у време технолошке зрелости између 4,9 и 5,1  $kg\ cm^{-2}$ . Такође, Calvo et al. (2010) наводе значајно веће вредности чврстине плода Вилијамовке у односу на наше. На основу поменутог, може се предпоставити да је разлика у чврстини наших и плодова предходно поменутих аутора резултат брања плодова у периоду различите зрелости што је описано у претходним радовима (Jannatizadeh et al., 2008; Mratinić et al., 2011).

Промена у чврстоћи мезокарпа може бити последица и нутритивног састава сорти и модификације хемијске структуре ћелијског зида, у зависности од услова складиштења, датума бербе и услова гајења (Chen i Yan, 2004). Тако Kiprijanovski i Ristevski (2009) наводе да плодове треба брати у оптималном стању зрелости, јер се једино тако могу добити плодови одговарајуће чврстине, тј. чврстине коју је захтевао највећи број испитиваних корисника. Calvo et al. (2010) истичу да су у Рио Негру (Аргентина) препоручене вредности чврстине мезокарпа за почетак бербе Вилијамовке између 8,62 и 9,52  $kg\ cm^{-2}$ . Crisosto et al. (2005) истичу да вредности чврстине мезокарпа веће од 5,5  $kg\ cm^{-2}$  увек резултирају неприхватљивим плодовима за потрошаче, додуше када се ради о плодовима коштичавих воћака. Вредности добијене за плодове из нашег огледа односе се на тренутак технолошке зрелости. Вилијамовка је сорта чији се плодови по правилу беру 7-10 дана пре технолошке зрелости (Mratinić, 2016), тј. када имају значајно већу чврстину мезокарпа.

На чврстину плода значајно је утицала и интеракција између примењених хранива и године испитивања (Таб. 6). Наиме, KAN је храниво које је утицало највише

на варирање чврстине мезокарпа по годинама. Иако су у 2017. години сва хранива условила најчвршће плодове, посебно се истиче утицај KAN-а. С друге стране најмекши плодови су били у 2016. години такође са применом KAN-а.

На крају, идеална маса плода, димензије плода, однос висине и ширине плода и чврстина мезокарпа за потрошаче је између 150 и 250 g, 60 и 75 mm, 1,44 и 1,48, и 1,8 и 2,2 kg cm<sup>-2</sup> (Kappel et al., 1995).

Средњи аритметички и средњи геометријски пречник плода су параметри који су значајно зависили од утицаја хранива, године и њихове међусобне интеракције. На основу података приказаних у Таб. 7 може се констатовати да су Стајњак, Агрозел, МСВ, НРК и НВС изазвали веће и сличне вредности средњег аритметичког и средњег геометријског пречника у односу на KAN и контролну варијанту. Између контроле и примене KAN-а није било значајних разлика у јачини утицаја. Значајно веће вредности су биле у 2015. години, а најмање у 2016. и 2017. години. Сва хранива су из године у годину утицала на смањење овог параметра, изузев стајњака који је у последњој години испитивања утицао на веће вредности у односу на 2. и 3. експерименталну годину. Код свих испитиваних варијанти, средњи аритметички пречник је био већи од средњег геометријског пречника.

Одређивање средњег геометријског пречника може бити доста корисно приликом дизајнирања скале за оцењивање (Jannatizadeh et al., 2008). У нашем ранијем истраживању, вредности ових параметара биле су код Вилијамовке  $80,81 \pm 0,87$  mm, односно  $74,87 \pm 0,67$  mm (Nikolić i sar, 2013).

Ozturk et al. (2009) наводе да су просечне вредности за средњи геометријски пречник код сорти Девеци и Санта Марија биле 85,11 mm, односно 76,18 mm. Наше вредности су нешто мање, што значи да је генотип сорте значајно утицао на коначне резултате. Раније су већ утврђена велика одступања у вредности овог параметра код различитих сорти кајсије (Jannatizadeh et al., 2008; Mratinić et al., 2011).

Сферичност плода је физичка особина која је важна у процени величине узорка, затим за пројектовање машина и одређених процеса у преради воћа (Nunak i Suesut, 2007). Зависи од воћне врсте, сорте, али и од услова средине, мера неге, положаја плода на самој биљци и степена зрелости (Milošević et al., 2012). Подаци у Таб. 7 показују да примењена хранива, као и интеракцијски ефекат храниво × година, нису утицали на промену овог параметра у засаду Вилијамовке. Међутим, године испитивања нису сагласно утицале на сферичност плода. Надовезујући се на вредности за висину и ширину плода, највећа сферичност плода забележена је у 2016., а најмања у 2017. години.

Сферичност је израз генералног облика плода, док је однос између ширине и висине индикатор тенденције плода ка издуживању (Omobuwajo et al, 1999). У нашем раду, плодови Вилијамовке имају приближно једнаку тенденцију издуживања у свим варијантама, јер су им вредности за сферичност и однос ширине и висине плода сличне. У Таб. 7 се види да су на овај однос утицала оба фактора појединачно, док њихова интеракција није имала значајног ефекта. Облик плода утиче на ниво прихватљивости од стране потрошача, а такође је битан и при одабиру амбалаже за паковање, дизајн машина за бербу и прераду плодова.

**Таб. 7.** Механичке особине плода Вилијамовке у периоду од 2015. до 2018. године у зависности од примењеног хранива

Извори варијације	Средњи аритметички пречник (mm)	Средњи геометријски пречник (mm)	Сферичност	Коефицијент изгледа плода	Површина плода (cm <sup>2</sup> )	
<b>Ћубриво (А)</b>						
Стајњак	76,13 ± 1,14 a	71,28 ± 1,14 a	0,81 ± 0,01 a	73,38 ± 1,37 c	160,68 ± 5,06 a	
Агрозел	74,18 ± 1,10 ab	69,78 ± 0,89 ab	0,83 ± 0,01 a	74,55 ± 1,02 b	154,04 ± 3,87 ab	
KAN	73,73 ± 1,72 b	68,87 ± 1,54 b	0,81 ± 0,01 a	72,46 ± 1,08 cd	150,69 ± 6,89 b	
МСВ	75,19 ± 1,36 ab	70,66 ± 1,18 ab	0,82 ± 0,01 a	74,65 ± 1,10 b	157,77 ± 5,26 ab	
НПК	75,34 ± 1,55 ab	71,06 ± 1,48 ab	0,83 ± 0,01 a	75,56 ± 0,93 a	159,69 ± 6,69 a	
HVS	74,75 ± 1,61 ab	69,79 ± 1,55 ab	0,81 ± 0,01 a	72,26 ± 1,16 d	154,46 ± 6,90 ab	
Контрола	73,50 ± 0,99 b	68,84 ± 0,92 b	0,81 ± 0,01 a	73,43 ± 0,85 c	149,74 ± 3,98 b	
<b>Година (В)</b>						
2015	81,03 ± 0,55 a	75,62 ± 0,53 a	0,80 ± 0,00 c	72,31 ± 0,53 b	180,27 ± 2,53 a	
2016	73,66 ± 0,64 b	69,84 ± 0,60 b	0,85 ± 0,01 a	76,89 ± 0,59 a	154,51 ± 2,53 b	
2017	72,44 ± 0,62 bc	67,14 ± 0,59 c	0,79 ± 0,00 d	70,25 ± 0,60 c	142,39 ± 2,52 c	
2018	71,63 ± 0,68 c	67,57 ± 0,67 c	0,83 ± 0,01 b	75,57 ± 0,67 a	144,02 ± 2,89 c	
<b>Интеракција (А × В)</b>						
Стајњак	2015	80,61 ± 1,56 ab	74,77 ± 1,59 b	0,79 ± 0,00 a	70,17 ± 0,50 a	176,23 ± 7,21 b
	2016	74,86 ± 1,91 cd	70,68 ± 1,87 cd	0,83 ± 0,01 a	75,7 ± 0,77 a	158,22 ± 8,43 c
	2017	71,85 ± 1,20 cd	66,14 ± 0,62 d	0,78 ± 0,02 a	68,63 ± 2,19 a	138,06 ± 2,40 d
	2018	77,20 ± 0,66 bc	73,51 ± 0,66 bc	0,85 ± 0,01 a	78,97 ± 0,91 a	170,22 ± 2,90 bc
Агрозел	2015	79,23 ± 1,63 b	73,71 ± 1,40 bc	0,80 ± 0,00 a	71,42 ± 0,69 a	171,25 ± 6,55 bc
	2016	71,76 ± 1,75 cd	68,49 ± 1,55 cd	0,89 ± 0,03 a	78,06 ± 1,19 a	149,52 ± 6,16 cd
	2017	73,40 ± 1,36 cd	68,36 ± 1,17 cd	0,80 ± 0,01 a	71,70 ± 1,00 a	147,43 ± 5,10 cd
	2018	72,35 ± 1,26 cd	68,56 ± 1,18 cd	0,84 ± 0,01 a	77,01 ± 1,31 a	147,95 ± 4,93 cd
KAN	2015	82,53 ± 2,06 ab	76,59 ± 1,59 ab	0,79 ± 0,01 a	70,64 ± 1,44 a	185,24 ± 8,06 ab
	2016	72,66 ± 0,91 cd	68,76 ± 1,34 cd	0,84 ± 0,02 a	75,82 ± 2,92 a	150,45 ± 5,33 cd
	2017	69,80 ± 2,01 d	64,91 ± 1,78 d	0,79 ± 0,01 a	70,80 ± 0,79 a	133,01 ± 7,21 d
	2018	69,92 ± 1,37 d	65,24 ± 0,66 d	0,80 ± 0,02 a	72,59 ± 2,38 a	134,07 ± 2,76 d
МСВ	2015	80,45 ± 0,93 ab	75,40 ± 0,67 ab	0,81 ± 0,01 a	74,19 ± 1,91 a	178,94 ± 3,15 ab
	2016	75,38 ± 0,76 bc	71,33 ± 0,66 c	0,84 ± 0,02 a	76,30 ± 1,04 a	160,39 ± 3,03 c
	2017	76,41 ± 1,39 bc	70,76 ± 1,72 cd	0,79 ± 0,02 a	70,47 ± 2,29 a	158,18 ± 8,07 c
	2018	68,52 ± 0,75 d	65,15 ± 0,51 d	0,85 ± 0,01 a	77,63 ± 1,43 a	133,57 ± 1,99 d
НПК	2015	83,39 ± 0,09 a	78,59 ± 0,41 a	0,83 ± 0,01 a	75,30 ± 1,59 a	194,24 ± 2,05 a
	2016	75,13 ± 0,51 c	71,68 ± 0,32 bc	0,86 ± 0,01 a	78,85 ± 1,33 a	161,69 ± 1,38 bc
	2017	73,13 ± 0,39 cd	68,27 ± 0,55 cd	0,81 ± 0,01 a	72,38 ± 1,40 a	146,69 ± 2,37 cd
	2018	67,72 ± 1,42 d	65,71 ± 0,90 d	0,83 ± 0,01 a	75,70 ± 1,52 a	136,16 ± 3,67 d
HVS	2015	82,59 ± 0,67 ab	77,12 ± 0,55 ab	0,81 ± 0,00 a	72,15 ± 0,62 a	187,36 ± 2,76 ab
	2016	73,95 ± 3,33 cd	70,01 ± 3,02 cd	0,84 ± 0,01 a	76,68 ± 2,17 a	155,24 ± 13,39 c
	2017	71,80 ± 1,32 cd	65,88 ± 1,36 d	0,77 ± 0,01 a	67,45 ± 1,47 a	137,48 ± 5,55 d
	2018	70,67 ± 0,55 d	66,14 ± 0,51 d	0,81 ± 0,00 a	72,74 ± 0,81 a	137,76 ± 2,19 d
Контрола	2015	78,37 ± 0,58 bc	73,17 ± 0,90 bc	0,81 ± 0,01 a	72,27 ± 0,43 a	168,63 ± 3,98 bc
	2016	71,87 ± 1,29 cd	67,91 ± 1,01 cd	0,84 ± 0,01 a	76,79 ± 1,61 a	146,05 ± 3,93 cd
	2017	70,72 ± 1,35 d	65,62 ± 1,24 d	0,79 ± 0,01 a	70,33 ± 1,05 a	135,86 ± 5,27 d
	2018	73,06 ± 0,71 cd	68,65 ± 0,60cd	0,82 ± 0,01 a	74,34 ± 0,63 a	148,41 ± 2,52 cd
<b>ANOVA (F тест)</b>						
А	*	*	нз	*	*	
В	*	*	*	*	*	
А × В	*	*	нз	нз	*	

Иста мала слова у истој колони показују да разлике између средина нису статистички значајне за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту. \*: звезда означава значајне разлике за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту; нз: није значајно.

Коефицијент изгледа плода ( $R_a$ ) представља однос између ширине и висине плода. Уколико је његова вредност око 100, плод има лоптаст (округласт) облик, а уколико је вредност овог односа мања или већа од 100, плод је издуженији, односно спљоштенији. Према томе, плодови Вилијамовке у нашем раду су издуженог облика. Ова особина плода је пре свега сортна карактеристика. Milošević et al. (2015) наводе да су сорте крушке Абе Фетел и Конферанс имале издужен (крушкаст) облик, док је Старкинг Делишес више тежио округластом облику. У нашем истраживању (Таб. 7) хранива и година испитивања су значајно утицали на коефицијент изгледа плода. Значајно издуженији плодови су били код примене хранива NVS и KAN и у 2016, и 2018. години док су најмање издужени плодови били код примене NPK хранива и у 2017. години. Анализом варијансе није утврђен интеракцијски ефекат између хранива и године испитивања на ово својство.

Површина плода је значајна физичка особина за прехранбену и прерађивачку индустрију (Mohsenin, 1986; Maduako i Faborode, 1990). Ова особина је показала зависност од оба фактора испитивања и њихове интеракције (Таб. 7). Сва хранива, осим KAN-а, су допринела већој површини плода у односу на контролу. Варијанта са KAN-ом, као и контролна варијанта, су условиле најмању површину плода, док се остала хранива нису статистички значајно разликовала од најбоље и најлошије варијанте.

На површину плода такође је утицала година испитивања као фактор. Током четворогодишњег испитивања, најбољи резултати за овај параметар постигнути су у 2015., а најлошији у 2017. и 2018. години (Таб. 7).

У истраживању Ozturk et al. (2009) добијени су следећи резултати за површину плода: 227,71 cm<sup>2</sup> код Девеци сорте, односно 182,42 cm<sup>2</sup> за Санта Марију. Упоређујући резултате добијене за различите сорте крушке, можемо рећи да су ови параметри доста варијабилни. Јовановић et al. (2022) наводе да се површина плода кретала од 151,1 cm<sup>2</sup> за Вилијамовку до 186,1 cm<sup>2</sup> за сорту Кифер. До сличних закључака дошли су и други аутори за остале воћне врсте. Тако на пример, површина плода три сорте јабуке кретала се у интервалу од 139,30 cm<sup>2</sup> до 177,00 cm<sup>2</sup> (Ozturk et al., 2010), површина плода шљиве од 37,55 cm<sup>2</sup> до 60,17 cm<sup>2</sup> (Ilić, 2014).

Интеракција између примењених хранива и сезоне била је статистички значајна у 95% случајева за средњи аритметички и средњи геометријски облик и површину плода (Таб. 7). Ово указује да употребљена хранива нису показивала слично понашање током четири године трајања огледа, јер је дошло до одступања од опште тенденције. Без обзира на велики број ефеката интеракције у нашем раду, посматрајући резултате по годинама истраживања видимо да су у 2015. години забележене највеће вредности и димензија и површине плодова. Насупрот томе, за сферичност у 2016. години утврђене су значајно веће вредности у односу на остале три године, а за однос највеће и најмање димензије плода у 2016. и 2018. години. Ово указује на сложену природу формирања коначних физичких својстава плода крушке, јер у овом процесу учествује низ других фактора (климатски услови, технологија гајења као и број и положај плода на стаблу, односно крошњи), а не само исхрана и година испитивања како је претходно објављено (Milošević et al., 2015).

## 7.4. Хемијске особине плода

### 7.4.1. Садржај примарних метаболита

#### 7.4.1.1. Садржај растворљиве суве материје, органских киселина, рН вредност сока плода, индекс зрења плода и садржај пепела

Садржај РСМ, укупних и појединачних органских киселина, рН вредност сока плода и однос између РСМ и укупних киселина (индекс зрења плода) у зависности од примењених хранива током четворогодишњег испитивања, приказани су у Таб. 8.

Примена појединачних хранива није значајно утицала на садржај РСМ у плоду Вилијамовке. Резултати показују да је на садржај РСМ јак утицај имала једино година испитивања. Испитивана хранива и интеракција између испитиваних фактора у овом раду нису деловали на промену садржаја РСМ у плодовима и њихов утицај је био сличан контролном, што се слаже са наводима одређеног броја аутора (Yadav i Bist, 2003; Kumar i Chandel, 2004; Quartieri et al., 2016). Понекад, чак и када је у земљишту доступност хранљивих материја нижа од доњег прага, стабла не реагују на ђубрење, јер се у вишегодишњим органима накопљају резерве хранљивих материја из претходних година (Brunetto et al., 2015). С друге стране, наши резултати нису у сагласности са резултатима Gill et al. (2017) који наводе да се са повећањем дозе К и смањењем дозе N вредност РСМ у плоду крушке значајно повећава. До позитивног утицаја различитих хранива на РСМ дошли су и други аутори у плоду крушке (Prasad et al., 2015; Yinghuan et al., 2018), јабуке (Raese et al., 2007) и кајсије (Milošević et al., 2013a). Ове разлике могу бити последица врсте примењених хранива, плодности земљишта, различитог оптерећења воћњака, старости стабла, коришћене подлоге, еколошких чинилаца, нивоа наводњавања и времена бербе, као и високе плодности земљишта на почетку експеримента. Такође, Chen et al. (2007) су потврдили веома јак утицај сорте (генотипа) на квалитетативне особине плода крушке, укључујући РСМ.

Садржај РСМ у плоду Вилијамовке директно је повезан са брзином сазревања, а брзина сазревања зависи од влажности и температуре земљишта и ваздуха (Arguani et al., 2014). Током сазревања, протопектинске и пектинске ћелије које плоду дају тургор трансформишу се у пектинске киселине растворљиве у води и друге супстанце које утичу на омекшавање и зрење плода (Parra-Coronado et al., 2006). Када посматрамо годину као фактор, уочавамо статистички значајно веће вредности у 2017. години, док се остале три године нису међусобно разликовале. Климатски чиниоцима у 2017. години су били неповољни у погледу раста и развоја плода крушке. Између осталог, ова година је била сушнија у односу на остале три године испитивања, а познато је да недовољна количина воде може изазвати већи садржај РСМ у плодовима (Kilili et al., 1996), јер се током зрења плода скроб претвара у шећере побољшавајући укус плода (Wang, 1982; Vangdal, 1985). Варирање овог параметра из године у годину код крушке установили су и Stanivuković i sar. (2013) у условима Бања Луке. У 2017. години плодови су били са мањом масом, али са највећим садржајем РСМ што је у сагласности са резултатима које наводе Hudina i Štampar (2005) за исту сорту. Плодови који садрже мање влаге по правилу имају већи садржај РСМ (Benítez et al., 2005).

Минимални садржај РСМ за бербу европских сорти крушке је 10%, иако садржај ових материја понекад није поуздан показатељ оптималног времена бербе због могућег утицаја родности и климатских чинилаца (Marini, 2009). Садржај ових материја зависи од генотипа и природних услова у коме се биљка гаји, али и од агротехничких мера примењиваних у засаду (наводњавање, исхрана и сл.). Ако су наводњавање и исхрана примењени благовремено и у оптималним количинама, добиће се задовољавајући квалитет плодова (Karadeniz i Sen, 1990).

За разлику од РСМ, УК су параметар који је значајно зависио од појединачног утицаја оба фактора као и њихове интеракције. Тако, када гледамо утицај хранива, повећање садржаја укупних киселина условио је Стајњак док је најмањи садржај УК у плодовима био применом хранива NPK, HVS и Агрозела. Слично томе и други аутори наводе да повећана примена К доводи до смањеног садржаја киселина у воћу, јер висок ниво К у ткивима изазива неутрализацију органских киселина (Pattee i Teel, 1967). Такође, Raese et al. (2007) наводе да је смањење укупних киселина у плодовима јабуке подстакнуто повећаном применом N. У Таб. 8 се види да су сва хранива осим Стајњака значајно утицала на смањење укупних киселина у плоду што је у сагласности са резултатима Song et al. (2012) и Hudina i Stampar (2002) који истичу да је ђубрење довело до смањене концентрације укупних киселина. Ови аутори су такође установили већи садржај УК од оних добијених у овом истраживању и резултата који су постигли Milošević et al. (2015). Супротно претходно наведеним резултатима, Shen et al. (2016) истичу да је апликација К ђубрива повећала садржај укупних киселина у плодовима Јапанске крушке Kousui. Чини се да географски региони такође играју важну улогу у биосинтези једињења која одређују укупну киселост.

**Таб. 8.** Хемијске особине плода Вилијамовке у периоду од 2015-2018. године у зависности од примењених хранива

Извори варијације	Растворљива сува материја (°Brix)	Укупне киселине (%)	Индекс зрења	pH	Садржај пепела (%)	
<b>Бубриво (А)</b>						
Стајњак	16,27 ± 0,64 a	1,11 ± 0,10 a	10,55 ± 1,24 e	3,63 ± 0,04 e	3,66 ± 0,93 a	
Агрозел	16,30 ± 0,78 a	0,61 ± 0,02 de	16,87 ± 0,47 ab	4,25 ± 0,03 a	3,64 ± 1,01 a	
KAN	16,03 ± 0,83 a	0,72 ± 0,05 cd	13,46 ± 0,62 cd	4,06 ± 0,09 bc	4,33 ± 1,73 a	
МСВ	16,64 ± 0,78 a	0,82 ± 0,06 c	12,99 ± 1,15 d	3,82 ± 0,03 d	3,86 ± 1,34 a	
НРК	16,53 ± 0,83 a	0,55 ± 0,02 e	18,37 ± 0,86 a	4,12 ± 0,11 b	2,58 ± 1,50 a	
HVS	16,53 ± 0,78 a	0,65 ± 0,04 de	15,29 ± 0,94 bc	3,96 ± 0,08 c	2,12 ± 0,68 a	
Контрола	16,14 ± 0,77 a	0,94 ± 0,06 b	10,28 ± 0,75 e	3,44 ± 0,02 f	3,18 ± 1,10 a	
<b>Година (В)</b>						
2015	14,86 ± 0,07 b	0,60 ± 0,02 d	16,82 ± 0,51 a	3,75 ± 0,05 c	2,58 ± 0,41 b	
2016	15,01 ± 0,16 b	0,82 ± 0,06 b	12,99 ± 0,93 b	3,93 ± 0,08 ab	2,68 ± 0,48 b	
2017	20,64 ± 0,27 a	0,89 ± 0,06 a	13,06 ± 0,93 b	4,00 ± 0,08 a	5,46 ± 2,37 a	
2018	14,88 ± 0,08 b	0,77 ± 0,06 c	13,04 ± 0,93 b	3,88 ± 0,08 b	2,63 ± 0,44 b	
<b>Интеракција (А × В)</b>						
Стајњак	2015	14,99 ± 0,18 a	0,57 ± 0,04 e	17,30 ± 0,91 a	3,83 ± 0,04 b	3,00 ± 0,82 a
	2016	15,15 ± 0,11 a	1,29 ± 0,09 ab	8,26 ± 0,90 a	3,55 ± 0,02 c	3,40 ± 1,10 a
	2017	19,84 ± 0,71 a	1,36 ± 0,09 a	8,33 ± 0,90 a	3,62 ± 0,02 c	5,04 ± 0,80 a
	2018	15,11 ± 0,21 a	1,24 ± 0,09 b	8,31 ± 0,90 a	3,50 ± 0,02 c	3,20 ± 0,54 a
Агрозел	2015	14,77 ± 0,03 a	0,58 ± 0,04 e	17,58 ± 1,83 a	4,11 ± 0,01 b	2,50 ± 0,22 a
	2016	14,88 ± 0,14 a	0,62 ± 0,00 de	16,59 ± 0,63 a	4,28 ± 0,03 a	2,65 ± 0,32 a
	2017	20,78 ± 0,20 a	0,69 ± 0,00 de	16,66 ± 0,63 a	4,35 ± 0,03 a	6,64 ± 0,87 a
	2018	14,87 ± 0,03 a	0,57 ± 0,00 e	16,64 ± 0,63 a	4,23 ± 0,03 a	2,75 ± 0,66 a
KAN	2015	14,68 ± 0,13 a	0,70 ± 0,06 de	14,35 ± 0,51 a	3,53 ± 0,05 c	3,01 ± 0,53 a
	2016	14,22 ± 0,27 a	0,73 ± 0,14 de	13,12 ± 1,61 a	4,22 ± 0,03 a	2,90 ± 0,65 a
	2017	20,52 ± 1,26 a	0,80 ± 0,14 d	13,19 ± 1,61 a	4,29 ± 0,03 a	8,43 ± 0,94 a
	2018	14,65 ± 0,13 a	0,68 ± 0,14 de	13,17 ± 1,61 a	4,17 ± 0,03 a	2,98 ± 0,63 a
МСВ	2015	14,85 ± 0,13 a	0,58 ± 0,06 e	17,57 ± 1,79 a	3,70 ± 0,06 c	2,65 ± 0,89 a
	2016	15,95 ± 0,66 a	0,89 ± 0,13 cd	11,43 ± 1,99 a	3,85 ± 0,00 b	2,83 ± 0,55 a
	2017	20,92 ± 0,68 a	0,96 ± 0,13 cd	11,50 ± 1,99 a	3,92 ± 0,00 b	7,37 ± 0,96 a
	2018	14,82 ± 0,13 a	0,84 ± 0,13 cd	11,48 ± 1,99 a	3,80 ± 0,00 b	2,60 ± 0,44 a
НРК	2015	14,70 ± 0,13 a	0,54 ± 0,00 e	17,92 ± 0,30 a	3,53 ± 0,09 c	1,79 ± 0,54 a
	2016	15,47 ± 0,07 a	0,54 ± 0,04 e	18,48 ± 2,32 a	4,30 ± 0,05 a	1,88 ± 0,63 a
	2017	21,24 ± 0,43 a	0,61 ± 0,04 de	18,55 ± 2,32 a	4,37 ± 0,05 a	4,82 ± 0,99 a
	2018	14,68 ± 0,13 a	0,49 ± 0,04 e	18,53 ± 2,32 a	4,25 ± 0,05 a	1,81 ± 0,21 a
HVS	2015	15,40 ± 0,24 a	0,54 ± 0,00 e	18,75 ± 0,72 a	4,01 ± 0,03 b	2,54 ± 0,51 a
	2016	14,60 ± 0,16 a	0,68 ± 0,07 de	14,10 ± 1,89 a	3,93 ± 0,21 b	2,33 ± 0,19 a
	2017	20,71 ± 1,15 a	0,75 ± 0,07 de	14,17 ± 1,89 a	4,00 ± 0,21 b	1,11 ± 0,30 a
	2018	15,32 ± 0,24 a	0,63 ± 0,07 de	14,15 ± 1,89 a	3,88 ± 0,21 b	2,50 ± 0,49 a
Контрола	2015	14,64 ± 0,06 a	0,67 ± 0,00 de	14,27 ± 0,44 a	3,54 ± 0,05 c	2,54 ± 0,52 a
	2016	14,78 ± 0,42 a	1,02 ± 0,09 c	8,91 ± 0,72 a	3,40 ± 0,01 c	2,80 ± 0,66 a
	2017	20,49 ± 0,60 a	1,09 ± 0,09 bc	8,98 ± 0,72 a	3,47 ± 0,01 c	4,83 ± 1,01 a
	2018	14,74 ± 0,06 a	0,97 ± 0,09 cd	8,96 ± 0,72 a	3,35 ± 0,01 c	2,56 ± 0,81 a
<b>ANOVA (F тест)</b>						
А	нз	*	*	*	нз	
В	*	*	*	*	*	
А × В	нз	*	нз	*	нз	

Иста мала слова у истој колони показују да разлике између средина нису статистички значајне за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту. \*: звездица означава значајне разлике за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту; нз: није значајно.



Садржај УК у нашем истраживању је био мањи у поређењу са вредностима које наводе Calvo et al. (2010) за исту сорту. Неки аутори наводе доста варијабилне вредности Sha et al. (2011). Наиме, код десет сорти крушке (*P. communis* L.) садржај укупних органских киселина кретао се од 0,86% па до 3,51%.

По питању година, највећи садржај УК је забележен у 2017., а најмањи у 2015. години (Таб. 8). Слично као и код већег броја испитиваних параметара, 2017. година је најнеповољније утицала и на садржај УК. Обзиром да је у овој години количина падавина била највећа садржај укупних киселина је био највећи.

Интеракцијски односи између године и примењених третмана су такође били значајни. Посебно висок садржај киселина забележен је у 2016. и 2017. години код примене Стајњака, док су НРК, НВС и Агрозел у свим годинама испитивања утицали на смањење садржаја УК. Низак садржај УК је утврђен у 2015. години у свим испитиваним третманима што је вероватно била последица утицаја климатских чинилаца, што потврђују и претходни наводи (Sharples, 1980).

У Аргентини Calvo et al. (2010) препоручују да се берба плодова Вилијамовке започне у тренутку када садржај РСМ пређе 10%, а укупна титрациона киселост буде између 0,3% и 0,4%. С друге стране, оптималан садржај растворљивих сувих материја са гледишта испитиваних потрошача у Канади је >14%, а садржај јабучне киселине  $\approx 180$  mg у 100 ml сока (Kappel et al., 1995; Kader, 1999). Ови аутори такође објашњавају, да је однос РСМ/УК врло користан индикатор квалитета плода са једне и добар показатељ оптималног времена бербе са друге стране. У условима Северне Македоније, Kiprijanovski i Ristevski (2009) наводе да је просечан садржај сувих материја у плодовима Вилијамовке у моменту бербе био 14,3%, а садржај укупних киселина 0,31%. Одступање вредности добијених у нашем раду последица је различитих фактора. На пример, већа количина влаге може утицати на смањење садржаја органских киселина у плодовима, док исхрана повољно делује на пораст количине како киселина тако и шећера (Hudina i Stampar, 2005).

У условима Турске вредности просечног садржаја укупних РСМ и титрационе киселости у плодовима крушака које расту у различитим еколошким условима износила је 6-18%, односно 0,21-0,56% (Karadenzis i Sen, 1990). Варијабилност у овом случају је резултат различитости сорти и природних услова у којима су сорте гајене. Неколико аутора широм света је потврдило да је квалитет плодова пре свега сортна особина и може бити модификована али не и у потпуности измењена (Castle, 1995).

Индекс зрења или однос између садржаја РСМ и УК, има врло важну улогу у успостављању одговарајућег квалитета плода (Hudina i Stampar, 2005), прихватљивости од стране потрошача (Crisosto et al., 2005) и одређивању оптималног времена бербе (Kafkas et al., 2006). Према наводима Hudina i Stampar (2000), висок садржај укупних киселина врло често утиче на лошији квалитет плодова, што је био случај и у нашем раду.

На основу индекса зрења (Таб. 8), најбољи квалитет су имали плодови из третмана са НРК и Агрозелом, а најлошији из третмана са Стајњаком који се није разликовао од контроле. Ово је раније потврђено код кајсије (Bussi et al., 2003) где је исхрана са К значајно побољшала индекс зрења.

Што се тиче утицаја године, најповољнији услови били су у 2015. години, док су остале три године испитивања имале сличан и лошији утицај на овај параметар. Интеракцијски ефекат храниво  $\times$  година у овом случају није био значајан.

pH вредност сока често може да послужи као мерило зрелости плодова воћа. Квалитативни атрибути киселости сока (укупна киселост и pH вредност) и укупан садржај РСМ веома су важни у прехранбеној индустрији и пресудни у компаративним студијама где су варијације по генотипу и животној средини високе (Sturm et al., 2003).

Анализом варијансе утврђено је да су примена хранива, различити климатски чиниоци из године у годину и међусобна интеракција испитиваних фактора значајно утицали на pH вредност сока у плодовима крушке. Према резултатима приказаним у Таб. 8 види се да су сва хранива повећала pH вредност сока у плоду крушке у односу на контролну варијанту при чему је највеће повећање условила примена Агрозела, док је Стајњак изазвао најмање повећање pH вредности сока у односу на контролу. pH вредност се повећава како се киселост смањује и обрнуто, иако овај однос може зависити од капацитета пуферовања (Boulton et al., 1999). Испитујући утицај хранива на pH вредност сока и други аутори су потврдили значајан утицај различитих хранива на повећање вредности овог параметра код малине (Stojanov et al., 2019) и поморанце (Jones i Parker, 1949).

Према наводима Parra-Coronado et al. (2006) киселост је променљив параметар у току године, што су показали и наши резултати. Aguaní et al. (2014) истичу да је облачно и хладно време утицало на повећану киселост у плоду Вилијамовке у односу на претходну годину.

pH вредност сока крушке у нашем раду је била слична вредностима које су добили Hudina i Stampar (2005) за исту сорту. Међутим, они наводе да је једино наводњавање утицало на овај параметар тако што је довело до смањења pH вредности сока у односу на контролу, док исхрана није значајно утицала на овај параметар.

Резултати приказани у Таб. 8 показују да је садржај пепела у плодовима Вилијамовке варирао само по годинама, док врста примењеног хранива као и интеракција храниво × година нису имали значајног утицаја на овај параметар. Статистички највећи садржај пепела уочен је у 2017. години, док се вредности за остале три године нису значајно разликовале.

Према литературним подацима (Mahammad et al., 2010), садржај пепела у различитим деловима плода крушке, износи 2,20% у семену, 5,34% у мезокарпу и 1,60% у покожици. Нижи садржај пепела у плодовима Вилијамовке (Таб. 8) у односу на литературне податке указује на мањи садржај минералних елемената у плоду, јер садржај пепела је показатељ присуства минералних материја у узорку.

Познато је да садржај киселина игра важну улогу у перцепцији квалитета воћа јер балансира укус плода (Schmitzer et al., 2011). Иако, на супрот томе, висок садржај киселина често смањује квалитет плода. Садржај киселина у плоду крушке је низак у поређењу са плодом јабуке и стога код ове воћне врсте, садржај РСМ има већи утицај на арому него садржај УК (Vangdal, 1985).

**Таб. 9.** Садржај појединачних органских киселина у плоду Вилијамовке у периоду од 2015-2018. године у зависности од примењених хранива

Извори варијације	Јабучна киселина (mg 100 g <sup>-1</sup> )	Лимунска киселина (mg 100 g <sup>-1</sup> )	Јабучна киселина/Лимунска киселина	
<b>Ћубриво (А)</b>				
Стајњак	0,09 ± 0,02 e	1,52 ± 0,01 d	0,06 ± 0,02 b	
Агрозел	0,11 ± 0,01 d	1,96 ± 0,02a	0,05 ± 0,02 b	
KAN	0,14 ± 0,01 c	1,87 ± 0,02 b	0,07 ± 0,01 ab	
МСВ	0,18 ± 0,02 a	1,64 ± 0,02 c	0,11 ± 0,01 a	
NPК	0,17 ± 0,01 b	1,55 ± 0,01 cd	0,11 ± 0,01 a	
HVS	0,13 ± 0,01 c	1,75 ± 0,02 c	0,07 ± 0,01 ab	
Контрола	0,05 ± 0,01 e	1,33 ± 0,01 e	0,03 ± 0,01 b	
<b>Година (В)</b>				
2015	0,05 ± 0,01 c	1,58 ± 0,02 c	0,03 ± 0,00 b	
2016	0,12 ± 0,01 b	1,96 ± 0,01 a	0,06 ± 0,01 b	
2017	0,23 ± 0,02 a	1,62 ± 0,01 b	0,14 ± 0,00 a	
2018	0,10 ± 0,02 bc	1,48 ± 0,01 d	0,06 ± 0,00 b	
<b>Интеракција (А × В)</b>				
Стајњак	2015	0,06 ± 0,00 d	1,53 ± 0,02 bc	0,04 ± 0,00 b
	2016	0,09 ± 0,00 d	1,65 ± 0,01 bc	0,05 ± 0,00 b
	2017	0,19 ± 0,01 b	1,78 ± 0,02 b	0,11 ± 0,01 a
	2018	0,01 ± 0,01 d	1,12 ± 0,01 d	0,01 ± 0,01 c
Агрозел	2015	0,07 ± 0,00 d	2,31 ± 0,01 a	0,03 ± 0,00 b
	2016	0,08 ± 0,02 d	2,40 ± 01 a	0,03 ± 0,00 b
	2017	0,26 ± 0,01 b	1,75 ± 0,01 b	0,15 ± 0,01 a
	2018	0,03 ± 0,00 d	1,40 ± 0,02 c	0,02 ± 0,01 bc
KAN	2015	0,00 ± 0,00 d	1,81 ± 0,01 b	0,00 ± 0,00 c
	2016	0,07 ± 0,00 d	2,23 ± 0,01 a	0,03 ± 0,00 b
	2017	0,25 ± 0,00 b	1,67 ± 0,02 bc	0,15 ± 0,01 a
	2018	0,21 ± 0,01 b	1,78 ± 0,01 b	0,12 ± 0,01 a
МСВ	2015	0,07 ± 0,00 d	0,48 ± 0,02 e	0,14 ± 0,01 a
	2016	0,19 ± 0,01 b	2,25 ± 0,02 a	0,08 ± 0,01 b
	2017	0,26 ± 0,02 b	1,84 ± 0,01 b	0,14 ± 0,01 a
	2018	0,20 ± 0,00 b	2,00 ± 0,36 a	0,10 ± 0,01 a
NPК	2015	0,03 ± 0,01 d	1,14 ± 0,01 cd	0,03 ± 0,00 bc
	2016	0,12 ± 0,00 c	1,57 ± 0,02 c	0,08 ± 0,01 b
	2017	0,33 ± 0,02 a	1,90 ± 0,02 ab	0,17 ± 0,02 a
	2018	0,20 ± 0,02 b	1,60 ± 0,01 bc	0,13 ± 0,02 a
HVS	2015	0,05 ± 0,01 d	2,05 ± 0,01 a	0,03 ± 0,00 bc
	2016	0,21 ± 0,01 a	2,15 ± 0,01 a	0,09 ± 0,00 ab
	2017	0,25 ± 0,01 b	1,80 ± 0,02 b	0,14 ± 0,02 a
	2018	0,01 ± 0,00 d	1,02 ± 0,02 d	0,01 ± 0,00 c
Контрола	2015	0,05 ± 0,01 d	1,74 ± 0,02 b	0,03 ± 0,00 b
	2016	0,08 ± 0,00 d	1,51 ± 0,01 bc	0,05 ± 0,02 b
	2017	0,04 ± 0,00 d	0,60 ± 0,02 e	0,06 ± 0,01 b
	2018	0,01 ± 0,00 d	1,43 ± 0,01 c	0,01 ± 0,00 c
<b>ANOVA (F тест)</b>				
A	*	*	*	
B	*	*	*	
A × B	*	*	*	

Иста мала слова у истој колони показују да разлике између средина нису статистички значајне за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту. \*: звездица означава значајне разлике за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту.

У погледу појединачних органских киселина, примећен је значајан утицај испитиваних фактора, као и њиховог заједничког дејства (Таб. 9) што је већ раније забележено код ове воћне врсте (Hudina i Stampar, 2005). У варијанти са МСВ су били плодови са највише јабучне киселине, док је лимунске киселине највише забележено код примене Агрозела. Најмање вредности за обе појединачне киселине биле су у контролној варијанти, с тим да су код јабучне киселине једнако мале вредности биле и код примене Стајњака.

Посматрајући варирање садржаја појединачних киселина по годинама, може се видети да је највише јабучне киселине било у плодовима из 2017., а најмање из 2015. и 2018. године. Највише лимунске киселине забележено је у 2016., а најмање у 2018. години.

Интеракцијски ефекат година  $\times$  храниво указује на то да је највише јабучне киселине било код примене МСВ, али не у току свих година испитивања. Исто тако, највећи садржај лимунске киселине под утицајем хранива забележен је у току 2016. године са изузетком неких хранива као што су НПК, Стајњак и контролна варијанта.

Faust (1989) наводи податак да исхрана са К хранивима доприноси накупљању веће количине јабучне киселине у плодовима воћа што је потврђено и у нашем истраживању. Генерално, лимунска киселина је била доминантнија у односу на јабучну, што је у сагласности са резултатима до којих су дошли Arfaioli i Bosetto (1993) и Hudina i Stampar (2005). У односу на наводе ових аутора, разлика у нашем раду је само у количинама детектованих киселина. На пример, у нашем истраживању је детектовано више лимунске киселине, док је садржај јабучне киселине био јако мали. Садржај јабучне киселине у радовима ових аутора се кретао од  $<0,2 \text{ g kg}^{-1}$  свежег плода па до  $0,4 \text{ g kg}^{-1}$  свежег плода. Утврђене разлике могу бити последица различитости појединих корака у методологији као и могућности детекције апарата.

Плод крушке садржи највећу количину јабучне киселине, а затим лимунске киселине (Faust, 1989). Међутим, код неких сорти садржај ових киселина може бити једнак, па чак садржај лимунске киселине може бити већи у односу на садржај јабучне (Arfaioli i Bosetto, 1993) што је случај у нашем раду. Садржај појединих киселина се мења у току раста и развоја плода. Тако Hudina i Stampar (2000a) наводе да је у плодовима крушке различитих сорти, најзаступљенија киселина јабучна, затим лимунска, али у зрелим плодовима Вилијамовке може да доминира и лимунска киселина. У њиховом ранијем истраживању може се видети да се садржај лимунске киселине у плоду Вилијамовке смањивао до краја јунског опадања плодова, а након тога је значајно био у порасту (Hudina i Stampar, 1999).

У истраживању које су спровели Quartieri et al. (2016) најдоминантнија киселина у плоду крушке (*P. communis* L.) је била сукцинска киселина (2,3% суве материје), затим јабучна киселина (1,7–2% суве материје), док је најмање заступљена била лимунска киселина са концентрацијом 10 пута мањом од јабучне. Исти аутори истичу да ови параметри нису били условљени применом различитих хранива. С друге стране, Hudina i Stampar (2000) наводе да је међу испитиваним органским киселинама у плоду крушке најдоминантнија била јабучна киселина, са чак 53-59% од укупних киселина, затим лимунска киселина која је чинила 32-37% укупних киселина. Разлике у резултатима могу бити услед различитости сорти укључених у експеримент као и услова у којима је вршено испитивање. Слично као и садржај

шећера и садржај органских киселина у плоду Вилијамовке зависи од генотипа, еколошких чинилаца као и исхране и наводњавања (Hudina i Stampar, 2005). Ови аутори такође наводе да је већи садржај влаге имао утицај на смањење садржаја органских киселина у плоду Вилијамовке (јабучна, лимунска, фумарна и шикиминска), док је исхрана са Р и К повећала садржај, не само шећера, већ и органских киселина, посебно јабучне киселине и продужила могућност чувања плодова у складишту Hudina i Štampar (2002).

Добар индикатор унутрашњег квалитета плода је и однос јабучне и лимунске киселине. Статистички значајне разлике између хранива по питању овог параметра су утврђене у нашем раду. Посматрајући добијене вредности, може се закључити да је однос ових киселина, иако статистички не у потпуности значајним разликама, услед примене различитих хранива био већи у поређењу са контролном варијантом (Таб. 9), што указује на већу киселост плодова услед додатих хранива. До сличних резултата код Вилијамовке дошли су и Hudina i Stampar (2005). Иначе, према наводима Hudina i Stampar (2000) Вилијамовка се сврстава у сорте са киселијим плодовима.

Посматрано по годинама, уочава се корелација између односа ЈК/ЛК и садржаја укупних киселина. У години са најмањим садржајем УК (2015) у плоду Вилијамовке, забележен је и најмањи однос ЈК/ЛК и обрнуто.

Значајна варирања овог параметра уочена су и услед интеракције испитиваних фактора.

#### **7.4.1.2. Садржај укупних и инвертних шећера, сахарозе и индекс (коефицијент) сласти**

Воће је јако цењен део људске исхране због пријатног укуса, ароме, изгледа и хранљивог састава. Врло важну улогу у квалитету имају шећери и органске киселине. Поменути једињења заједно представљају индикаторе метаболичке активности у плоду указујући на квалитативне промене. Промене у садржају шећера, органских киселина и алкохолних једињења могу да резултирају променом укуса, чврстоће и изгледа плодова (Doyon et al., 1991).

Резултати који се односе на садржај укупних шећера, инвертних шећера, сахарозе, као и индекс сласти у плоду Вилијамовке у зависности од примењених хранива и године испитивања приказани су у Таб. 10.

Посматрајући резултате, може се рећи да је исхрана значајно утицала на садржај укупних и инвертних шећера, сахарозе и индекс сласти плодова Вилијамовке. Највећи садржај укупних шећера и сахарозе забележен је у третману са МСВ. Садржај инвертних шећера је био највећи у третману са Агрозелом. Као што је било очекивано, најмање укупних и инвертних шећера било је у контролној варијанти, док је садржај сахарозе био мањи у варијанти са Стајњаком у односу на контролу.

У поређењу са другим хранивима, МСВ је комплексно органо-минерално ђубриво које садржи хуминске киселине, више хранљивих материја, као што су N, P, K, посебно Mg и микроелементе. Као што је познато, Mg је важна компонента хлорофила па статус Mg може директно утицати на садржај скроба и шећера у листовима укључујући и плодове (Tewari et al., 2006). Више експерименталних испитивања је показало везу између доступности N и K и РСМ, тј. шећера у

различитим врстама воћака, као што су јагода (Wang i Lin, 2000), аронија (Skurpien i Oszmianski, 2007), урма (Al-Kharusi, 2009) и кајсија (Milošević et al., 2013a) односно винове лозе (Christensen et al., 1994).

**Таб. 10.** Просечан садржај укупних и инвертних шећера и сахарозе и индекс сласти плода Вилијамовке у периоду од 2015. до 2018. године у зависности од утицаја примењених хранива

Извори варијације		Укупни шећери (%)	Инвертни шећери (%)	Сахароза (%)	Индекс сласти
<b>Ћубриво (А)</b>					
Стајњак		6,98 ± 0,46 е	6,43 ± 0,40 б	0,48 ± 0,07 г	6,29 ± 0,40 д
Агрозел		8,42 ± 0,49 б	7,13 ± 0,39 а	1,23 ± 0,18 ф	13,80 ± 0,60 а
KAN		7,67 ± 0,65 с	4,83 ± 0,67 е	2,47 ± 0,43 б	10,65 ± 0,59 с
МСВ		9,18 ± 0,65 а	6,04 ± 0,74 с	2,99 ± 0,40 а	11,20 ± 0,62 б
НРК		7,38 ± 0,54 д	4,62 ± 0,42 ф	1,99 ± 0,20 д	13,41 ± 0,61 а
HVS		7,39 ± 0,26 д	5,13 ± 0,33 д	2,14 ± 0,13 с	11,37 ± 0,49 б
Контрола		5,48 ± 0,20 ф	3,98 ± 0,41 г	1,43 ± 0,43 е	5,83 ± 0,35 д
<b>Година (В)</b>					
2015		8,93 ± 0,48 а	7,10 ± 0,34 а	1,52 ± 0,17 с	14,88 ± 0,10 а
2016		6,64 ± 0,39 с	5,08 ± 0,25 с	1,45 ± 0,35 д	8,10 ± 0,12 с
2017		7,79 ± 0,36 б	5,61 ± 0,36 б	1,95 ± 0,28 б	8,75 ± 0,20 б
2018		6,63 ± 0,25 с	4,01 ± 0,46 д	2,35 ± 0,25 а	8,61 ± 0,18 б
<b>Интеракција (А × В)</b>					
Стајњак	2015	9,15 ± 0,01 д	8,23 ± 0,01 б	0,86 ± 0,01 е	16,05 ± 0,00 а
	2016	5,90 ± 0,01 г	5,36 ± 0,01 ф	0,35 ± 0,01 ф	12,31 ± 0,01 б
	2017	5,28 ± 0,01 gh	4,97 ± 0,01 ф	0,29 ± 0,01 ф	3,88 ± 0,02 д
	2018	7,57 ± 0,01 ф	7,15 ± 0,01 с	0,40 ± 0,01 ф	6,10 ± 0,01 с
Агрозел	2015	10,67 ± 0,01 б	8,33 ± 0,01 б	2,22 ± 0,01 с	18,40 ± 0,00 а
	2016	7,50 ± 0,06 ф	6,80 ± 0,06 д	0,67 ± 0,01 ef	12,10 ± 0,00 б
	2017	9,16 ± 0,01 д	8,23 ± 0,01 б	0,88 ± 0,01 е	13,27 ± 0,00 б
	2018	6,35 ± 0,01 г	5,15 ± 0,01 ф	1,15 ± 0,01 д	11,14 ± 0,00 с
KAN	2015	9,52 ± 0,01 cd	7,50 ± 0,06 с	1,92 ± 0,01 с	13,60 ± 0,01 б
	2016	5,55 ± 0,01 г	5,07 ± 0,01 ф	0,46 ± 0,01 ф	7,60 ± 0,02 с
	2017	9,89 ± 0,01 с	5,38 ± 0,01 ф	4,28 ± 0,01 а	12,36 ± 0,01 б
	2018	5,73 ± 0,01 г	1,36 ± 0,01 а	3,20 ± 0,06 б	8,42 ± 0,04 с
МСВ	2015	11,40 ± 0,06 а	8,80 ± 0,06 б	2,63 ± 0,09 bc	19,66 ± 0,01 а
	2016	10,53 ± 0,01 б	5,28 ± 0,01 ф	4,89 ± 0,01 а	11,83 ± 0,02 bc
	2017	9,01 ± 0,01 д	7,71 ± 0,01 с	1,24 ± 0,01 д	9,38 ± 0,02 с
	2018	5,76 ± 0,01 г	2,38 ± 0,01 и	3,20 ± 0,06 б	6,86 ± 0,02 с
НРК	2015	9,71 ± 0,01 с	6,68 ± 0,01 д	1,17 ± 0,01 д	17,96 ± 0,00 а
	2016	4,93 ± 0,01 h	3,16 ± 0,01 h	1,68 ± 0,01 д	9,13 ± 0,01 с
	2017	8,20 ± 0,01 е	5,09 ± 0,01 ф	2,15 ± 0,01 с	13,44 ± 0,01 б
	2018	6,66 ± 0,01 г	3,54 ± 0,01 г	2,96 ± 0,01 bc	13,59 ± 0,01 б
HVS	2015	7,76 ± 0,01 ф	6,08 ± 0,01 е	1,60 ± 0,06 д	14,37 ± 0,00 б
	2016	6,13 ± 0,01 г	3,92 ± 0,01 г	2,09 ± 0,01 с	9,01 ± 0,01 с
	2017	7,15 ± 0,01 ф	4,17 ± 0,01 г	2,83 ± 0,01 bc	9,53 ± 0,01 с
	2018	8,50 ± 0,01 е	6,36 ± 0,01 д	2,03 ± 0,01 с	13,49 ± 0,01 б
Контрола	2015	4,32 ± 0,01 h	4,08 ± 0,01 г	0,23 ± 0,01 ф	6,45 ± 0,00 с
	2016	5,97 ± 0,01 г	5,96 ± 0,01 е	0,01 ± 0,00 г	5,85 ± 0,01 cd
	2017	5,81 ± 0,01 г	3,71 ± 0,01 г	1,99 ± 0,01 с	5,33 ± 0,01 cd
	2018	5,83 ± 0,01 г	2,15 ± 0,01 и	3,50 ± 0,01 б	6,01 ± 0,02 с
<b>ANOVA (F тест)</b>					
A		*	*	*	*
B		*	*	*	*
A × B		*	*	*	*

Иста мала слова у истој колони показују да разлике између средина нису статистички значајне за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту. \*: звездица означава значајне разлике за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту.

Неколико аутора је повезало утицај К, пореклом из појединачних или сложених фолијарних или земљишних ђубрива, на повећање садржаја шећера у плоду воћака (Lalatta, 1975; Lester et al., 2010). Такође, познато је да се исхрана воћака К повезује са добром равнотежом између садржаја киселина и шећера, добрим сазревањем, и добрим квалитетом исхране (Marcelle, 1995).

Hudina i Stampar (2005) су утврдили да је ђубрење са Р и К у плодовима Вилијамовке резултирало већим садржајем глукозе, сорбитола и растворљивих сувих материја. Разлике у њиховим резултатима у односу на наше могу бити последица гајења на различитом подручју и у нешто другачијим климатским и земљишним условима. Ови наводи се могу објаснити чиљеницом да садржај шећера може бити повезан са нижом или вишом температуром и доступношћу воде који стимулишу или ограничавају биосинтезу шећера (Morales et al., 2013).

Анализом варијансе утврђено је значајно варирање вредности ових параметара по годинама. Највеће вредности укупних и инвертних шећера забележене су у првој години истраживања, док је садржај сахарозе био највећи у четвртој години. Садржај укупних шећера је био значајно мањи и сличан у 2016. и 2018. години. Инвертни шећери су били најмање заступљени у 2018., док је садржај сахарозе био најмањи у 2016. години. Сходно томе, варијабилност својстава квалитета појединих плодова, посебно њиховог хемијског састава, била је вероватно узрокована не само генетским фактором већ и климатским условима (Alizadeh et al., 2015). Варирање садржаја укупних и појединачних шећера у плоду Вилијамовке у току вегетационог периода установили су и Colaric et al. (2006). Њихов појединачни и комбиновани утицај значајно је варирао у зависности од врсте воћа. У том погледу, климатски фактори су широко препознати као веома важан фактор који утиче на квалитет плода воћака, док мањи значај имају подлога, узгојни облик, исхрана, мере неге, као и бобра и третман плодова након бербе (Hudina i Stampar, 2005; Dar et al., 2012).

Садржај шећера у плоду зависи директно од асимилационог снадбевања, фотосинтетске ефикасности и активности транспорта шећера. У ћелијама се дешавају метаболички процеси слободних шећера и синтезе сахарозе, који се евентуално акумулирају у вакуолама (Genard et al., 1996). Иначе, сахароза се сматра најважнијим олигосахаридом у вишим биљкама. Високо је концентрована у ћелијама и представља главни транспортни облик фитоасимилата из листа до ткива (Kozlowski i Pallardy, 1997).

Тако, садржај шећера у плоду крушке може бити уско повезан и са површином листа. Ако на стаблу има доста листова, угљени хидрати и шећери се могу брже транспортовати до плодова него ако их нема довољно (Faust, 1989; Hudina i Stampar, 2002). Постоје наводи да су органска хранива, међу којима је био и стајњак, због свог бенефицијалног утицаја на површину листа, значајно утицала на повећање садржаја укупних шећера у плоду сорте крушке Ле Конте (Nijjar, 1990). Ово није у потпуности у сагласности са нашим резултатима ако се повезивање врши искључиво са површином листа. Треба напоменути да ниво шећера и органских киселина у плодовима воћака зависе од генотипа, а такође су и под утицајем фактора спољашње средине и агротехничких мера које се спроводе у воћњаку (Colaric et al., 2005; Hudina i Stampar, 2000), као и фазе зрелости плода крушке (Moriguchi et al., 1992). Раније је

утврђено да у условима мање количине воде доступне биљци, садржај укупних и појединачних шећера у плодовима крушке расте и обрнуто (Behboudian i Lawes, 1994; Hudina i Štampar, 2005; Maas, 2007).

Баланс између шећера и киселина је веома важан за постизање хармоничног укуса воћа (Hudina i Štampar, 2005). Ниска вредност укупних киселина и релативно висок садржај укупних шећера, условили су да највећи индекс сласти буде забележен у варијантама са Агрозелом и NPK. Други аутори су такође потврдили да различите методе ђубрења имају већи утицај на унутрашњи квалитет плода крушке (PCM, шећери, УК, УШ/УК однос) (Shen et al., 2016; Yinghuan et al., 2018). Како наводи Katalinić (2006) оптималан однос киселина и шећера се може изразити нумерички и износи 10:1. Ако се узму у обзир ови подаци, запажа се да су испитивани плодови сорте Вилијамовка у нашем раду имали задовољавајући садржај киселина.

Статистички значајна интеракција ђубрива × година у нашем истраживању указује на сложену природу акумулације шећера у плоду крушке јер одређена ђубрива нису показала стабилан ефекат у годинама истраживања. То је оправдано јер и особине земљишта и спољашњи чиниоци утичу на време сазревања па самим тим и на квалитет плода крушке (Sharples, 1980).

На основу резултата добијених у овом истраживању може се приметити да су у структури укупних шећера у плодовима Вилијамовке доминирали инвертни шећери (глукоза и фруктоза). Quartieri et al. (2016) такође наводе да је садржај сахарозе у плоду крушке (*P. communis* L.) био мањи од 5% суве материје, док је од шећера највећи проценат заузимала фруктоза (32%).

Вредности садржаја шећера у нашем раду су биле у сагласности са подацима које је претходно изнела Никетић-Алексић (1988) за крушке у условима Србије. Такође, резултати за садржај укупних шећера у плоду Вилијамовке у нашем раду су били слични са резултатима до којих су дошли Hudina i Štampar (2000), док је садржај сахарозе био мањи у нашим условима.

Квалитет плода је веома важан за одређивање профитабилности преко продуктивности и приноса. Квалитет плода крушке је, између осталог, одређен садржајем воћних шећера и органских киселина (Chen et al., 2007). Слаткоћа, киселост и укус зависе од садржаја шећера, органских киселина и ароматичних компоненти које се значајно мењају током раста и развоја плода (Doyon et al., 1991; Hudina i Štampar, 1998).

Садржај шећера и органских киселина у воћу је значајно повезан са технологијом гајења примењеном у воћњаку (систем гајења, исхрана, асимилациона површина, наводњавање). Снабдевање водом током развоја плода утиче на пријем хранљивих материја у плодове као и на садржај појединачних шећера и органских киселина у воћу. Расположиви хранљиви елементи у земљишту утичу на пријем макро- и микроелемената у плодове. Садржај појединачних шећера, органских киселина, макро- и микроелементи су веома важни јер одређују унутрашњи квалитет плодова. Плодови који садрже велике количине шећера и органске киселине заједно са оптималним садржајем минерала су квалитетнији и стога погоднији за дуже складиштење (Hudina i Štampar, 2000a).



## 7.4.2. Садржај секундарних метаболита

### 7.4.2.1. Садржај укупних фенола

Биосинтеза фенолних компоненти у биљкама је јако повезана са сортом (Aires, 2016), исхраном (Medeiros et al., 2016), температуром, светлости и осталим климатским чиниоцима (Karoulas et al., 2017). На основу бројних истраживачких података који доказују користан ефекат фенолних једињења на људски организам (Sun et al., 2002; Pandey i Rizvi, 2009; Weichselbaum, 2010), прикладно је да се изврши анализа фенолних једињења и у плодовима крушака.

У Таб. 11 приказан је садржај укупних фенола у плодовима Вилијамовке. Оба испитивана фактора су значајно утицала на њихов садржај, а интеракцијски ефекат је такође био значајан. Разматрајући утицај хранива, примена МСВ је условила најмање вредности укупних фенола. Сва остала хранива, па и контролна варијанта су имали позитиван утицај на овај параметар. Највише фенола у плоду је забележено приликом примене HVS, док се примена осталих хранива и контролна варијанта нису статистички значајно разликовали од најбоље и најлошије варијанте.

И код других биљних врста је примећен негативан утицај минералних хранива на садржај фенола и флавоноида (Anttonen et al., 2006). Насупрот томе, истраживања са лимуном (Uскоо et al., 2015) су показала да органска хранива позитивно утичу на веће количине фенолних компоненти.

Присуство веће концентрације полифенола у биљкама може бити објашњено великом абсорпцијом фосфора и мањом доступношћу азота (Fan et al., 2017). Почетна хемијска анализа земљишта у експерименталном засаду показала је да је земљиште било јако богато фосфором. То би могло објаснити чињеницу да је у контролној варијанти постигнут висок садржај укупних фенола.

Када се анализира утицај године на испитивана својства, најмање вредности су забележене у 2016. године. Највеће вредности су биле у 2017. али су биле сличне са вредностима добијеним у 2015. и 2018. години. Иначе, композиција и садржај фенола у плоду су јако зависни од чинилаца спољашње средине, као што су температура (Rivero et al., 2001), УВ светлост (Markham et al., 1998) и исхрана (Ruehmann et al., 2002). Утицај еколошких и генетских фактора на овај параметар утврђен је и код јабуке (Treutter, 2001), кајсије (Milošević et al., 2013b), јагоде (Tomić, 2015).

У Таб. 11 се уочава да се садржај укупних фенола кретао од 67,87 до 80,17 mg GAE/100 g воћа. Значајно мање количине у плоду различитих сорти крушке утврђени су у истраживању које су спровели Liaudanskas et al. (2017). Иначе, различите количине полифенола су раније детектоване у плоду крушке (Galvis Sánchez et al., 2003; Li et al., 2014). Резултате различитих аутора је тешко међусобно поредити због разлика у методама екстракције и одређивања. Осим тога, укупан садржај фенола у pokožици крушке у врло младим плодовима је висок као и у листовима, па се последично смањује током фаза сазревања (Treutter, 2001). Laitinen et al. (2000) наводе да су велике интраспецифичне и интерспецифичне варијације у саставу метаболита пронађене у биљкама последица еволуције биљних врста и могу бити ефикасна средства адаптације у променљивим абиотичким и биотичким окружењима.

Интеракција између посматраних фактора у нашем раду је била статистички значајна (Таб. 11). Највеће вредности за укупне феноле су забележене код контроле у 2015. као и код KAN-а у 2017. и HVS у 2017. и 2018. За разлику од осталих третмана, код Стајњака и KAN-а је евидентиран јако низак садржај укупних фенола у 2018. години. Одступање се јавило и код примене Агрозела, који је иницирао и у 2017. години ниске и сличне вредности као у 2016. години. Такође, значајно низак садржај укупних фенола био је код примене NPK у 2015. години.

#### 7.4.2.2. Садржај укупних флавоноида

У Таб. 11 приказан је садржај укупних флавоноида у плодовима Вилијамовке. Посматрајући утицај хранива и године испитивања, може се видети да је садржај флавоноида у плоду варирао на сличан начин као и садржај фенола. Највеће вредности укупних флавоноида добијене су применом HVS, KAN, NPK, Агрозела и у контролној варијанти, а најмање у случају примене MCB. Примена Стајњака је условила интермедијарне вредности и сличне са контролном и варијантом са Агрозелом.

Када се анализира утицај године највеће вредности су биле у 2015. и 2017. години, а најмање, слично као код фенола, у 2016. години.

Флавоноиди су се мало другачије понашали под утицајем интеракцијских односа у поређењу са фенолима. Њихов садржај је био највећи приликом третмана са Агрозелом у 2015., а затим и код примене NPK и HVS у 2017. години. KAN је једино храниво које у 2017. години није имало значајног утицаја на повећање садржаја укупних флавоноида. Такође, одступање се јавило и у 2015. где су, за разлику од других третмана, третмани са Стајњаком, MCB и HVS условили ниске вредности.

Садржај флавоноида у плоду крушке је високо зависан од сорте, што су раније утврдили Li et al. (2012) у свом истраживању на осам различитих сорти крушке. Тиме се и објашњава разлика у добијеним вредностима у односу на резултате које наводе Amiot et al. (1995) за исту воћну врсту.

#### 7.4.2.3. Садржај витамина С

Витамин С, укључујући аскорбинску киселину и дехидроаскорбинску киселину, један је од најважнијих фактора квалитета исхране у многим хортикултурним биљкама и има многе биолошке активности у људском телу. Витамин С није значајан само за раст и развој воћке и за способност складиштења плодова, већ и од великог значаја за здравље људи. Зато је испитивање његовог садржаја и у плодовима крушке од велике важности. Veltman et al. (1999) наводе да у случају смањеног садржаја витамина С у плоду крушке долази до појаве посмеђивања мезокарпа плода па тако његов садржај може бити значајан индикатор за способност складиштења плодова.

Примена различитих врста хранива је значајно побољшала садржај витамина С у плодовима Вилијамовке у односу на контролну варијанту (Таб. 11). Највећа вредност је постигнута применом KAN-а, а најмања у контролној варијанти. Kumar et al. (2013) истичу позитиван утицај NPK хранива на овај параметар у плоду крушке. С друге стране, Lee i Kader (2020) истичу да се садржај витамина С у плодовима воћа

смањује са повећањем уноса N у земљиште. Ове варијације могу бити резултат деловања различитих фактора: врсте, сорте, технологије гајења, еколошких услова, зрелости плода, региона гајења, дужине и услова складиштења (Nile i Park, 2014).

**Таб. 11.** Просечан садржај укупних фенола, укупних флавоноида, витамина С и антиоксидативни капацитет плода Вилијамовке у периоду од 2015. до 2018. године у зависности од примењеног хранива

Извори варијације	Укупни феноли (mg GAE 100 g <sup>-1</sup> )	Укупни флавоноиди (mg RE 100 g <sup>-1</sup> )	Витамин С (mg 100 g <sup>-1</sup> )	ABTS (μmol TE g <sup>-1</sup> )	DPPH (μmol TE g <sup>-1</sup> )
<b>Бубриво (А)</b>					
Стајњак	71,75 ± 4,07 ab	35,05 ± 1,64 b	4,86 ± 0,09 d	9,78 ± 0,75 bc	9,16 ± 3,84 a
Агрозел	71,42 ± 3,37 ab	40,83 ± 7,16 ab	5,16 ± 0,12 c	10,70 ± 0,91 b	6,40 ± 0,49 ab
KAN	72,92 ± 5,29 ab	43,15 ± 2,81 a	5,32 ± 0,12 a	8,45 ± 1,28 d	7,68 ± 0,90 b
МСВ	67,87 ± 2,85 b	29,32 ± 4,54 c	5,14 ± 0,19 c	9,67 ± 0,72 bc	4,67 ± 0,26 c
НРК	75,09 ± 4,43 ab	42,55 ± 4,76 a	5,26 ± 0,10 b	16,34 ± 2,10 a	6,22 ± 0,90 ab
HVS	80,17 ± 6,63 a	43,60 ± 4,06 a	4,75 ± 0,11 e	10,43 ± 0,80 bc	6,14 ± 0,65 ab
Контрола	74,49 ± 9,42 ab	41,23 ± 7,14 ab	4,10 ± 0,03 f	7,85 ± 1,30 d	5,52 ± 0,53 ab
<b>Година (В)</b>					
2015	75,08 ± 5,39 ab	47,38 ± 4,83 a	5,25 ± 0,13 a	11,35 ± 0,43 b	6,83 ± 0,40 ab
2016	66,48 ± 2,37 b	27,41 ± 1,72 c	4,75 ± 0,08 b	9,87 ± 0,44 c	6,19 ± 0,49 ab
2017	80,07 ± 3,42 a	49,45 ± 2,69 a	4,51 ± 0,08 b	14,33 ± 1,31 a	9,24 ± 2,16 a
2018	71,91 ± 4,39 ab	33,32 ± 2,88 b	5,26 ± 0,11 a	6,30 ± 0,89 d	3,91 ± 0,20 b
<b>Интеракција (А × В)</b>					
Стајњак	2015 68,55 ± 20,7 c	34,30 ± 2,49 de	5,22 ± 0,02 d	10,77 ± 0,80 ef	5,32 ± 0,63 a
	2016 63,89 ± 4,72 c	30,68 ± 2,68 e	4,62 ± 0,02 g	7,39 ± 0,50 gh	6,60 ± 2,06 a
	2017 93,16 ± 4,16 b	42,44 ± 2,39 cd	4,52 ± 0,10 h	13,19 ± 0,40 c	21,13 ± 14,89 a
	2018 61,42 ± 1,53 d	32,77 ± 0,35 de	5,09 ± 0,02 d	7,79 ± 0,55 g	3,57 ± 0,46 a
Агрозел	2015 89,31 ± 2,82 b	76,55 ± 6,57 a	5,14 ± 0,02 d	13,55 ± 0,22 b	8,77 ± 0,42 a
	2016 65,82 ± 0,48d	32,66 ± 1,73 de	4,72 ± 0,02 g	8,98 ± 1,23 g	6,15 ± 0,20 a
	2017 63,50 ± 1,46 d	41,64 ± 2,20 d	4,97 ± 0,04 e	13,40 ± 0,06 c	5,46 ± 0,51 a
	2018 67,06 ± 4,78 c	12,47 ± 1,93 f	5,81 ± 0,01 a	6,88 ± 0,18 h	5,20 ± 0,83 a
KAN	2015 67,22 ± 2,90 c	53,89 ± 5,01 c	5,72 ± 0,01 b	9,13 ± 0,39 fg	6,77 ± 0,14 a
	2016 60,73 ± 6,41 d	34,59 ± 2,71 de	5,05 ± 0,03 e	9,75 ± 0,98 fg	8,85 ± 2,03 a
	2017 101,12 ± 3,11 ab	35,60 ± 0,48 de	4,81 ± 0,06 f	13,14 ± 0,41d	10,91 ± 1,12 a
	2018 62,63 ± 4,01 d	48,52 ± 2,04 cd	5,69 ± 0,03 b	1,76 ± 0,29 j	4,19 ± 0,35 a
МСВ	2015 58,52 ± 3,99 d	22,24 ± 0,68 e	5,91 ± 0,01 a	11,54 ± 0,46 e	3,95 ± 0,21 a
	2016 79,04 ± 5,50 b	19,42 ± 0,17 e	5,03 ± 0,02 d	9,33 ± 0,48 fg	4,74 ± 0,03 a
	2017 69,09 ± 1,08 b	55,24 ± 1,58 bc	4,22 ± 0,02 i	11,67 ± 0,88 d	5,97 ± 0,20 a
	2018 64,83 ± 4,39 c	20,39 ± 0,05 e	5,41 ± 0,01 c	6,15 ± 0,50 i	4,02 ± 0,22 a
НРК	2015 61,32 ± 3,03 d	43,94 ± 2,41 cd	5,71 ± 0,01 b	11,77 ± 1,16 d	6,19 ± 0,22 a
	2016 70,69 ± 2,77 b	25,03 ± 1,53 e	5,09 ± 0,02 d	11,94 ± 1,03 d	4,56 ± 0,73 a
	2017 92,98 ± 4,98 b	64,85 ± 7,00 ab	4,82 ± 0,02 f	28,00 ± 1,62 a	10,63 ± 1,53 a
	2018 75,36 ± 11,19 b	36,40 ± 4,52 de	5,41 ± 0,01 c	13,67 ± 0,12 b	3,52 ± 0,23 a
HVS	2015 70,64 ± 4,23 b	36,62 ± 0,35 de	4,93 ± 0,01 e	13,55 ± 0,29 b	8,54 ± 0,58 a
	2016 73,11 ± 5,02 b	34,65 ± 1,14 de	4,67 ± 0,06 g	11,82 ± 1,40 d	7,30 ± 0,80 a
	2017 75,03 ± 6,97 ab	64,28 ± 3,62 ab		9,17 ± 0,30 fg	5,53 ± 0,20 a
	2018 101,91 ± 23,57 ab	38,86 ± 7,68 de	5,16 ± 0,01 d	7,19 ± 0,32 gh	3,19 ± 0,46 a
Контрола	2015 110,01 ± 31,07 a	64,15 ± 22,32 b	4,12 ± 0,01 ij	9,13 ± 0,39 fg	8,27 ± 0,33 a
	2016 52,11 ± 5,81 d	14,82 ± 0,50 f	4,04 ± 0,01 j	9,89 ± 0,48 f	5,10 ± 0,44 a
	2017 65,64 ± 3,10 c	42,12 ± 2,48 cd	4,02 ± 0,02 j	11,76 ± 0,45 d	5,03 ± 0,38 a
	2018 70,21 ± 3,56 b	43,82 ± 0,55 cd	4,23 ± 0,01 i	0,63 ± 0,11 j	3,68 ± 0,26 a
<b>ANOVA (F тест)</b>					
A	*	*	*	*	*
B	*	*	*	*	*
A × B	*	*	*	*	нз

Иста мала слова у истој колони показују да разлике између средина нису статистички значајне за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту. \*: звездица означава значајне разлике за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту; нз: није значајно.

Анализирајући утицај године на садржај витамина С, и сличне вредности биле су у 2015. и 2018. години, а значајно мање у 2016. и 2017. години са такође сличним вредностима.

Интеракција између примењених хранива и године током испитивања, значајно је утицала на садржај витамина С. Највеће вредности у интеракцији поменутих фактора остварене су применом МСВ у 2015., а најмање у контролној варијанти у свим годинама испитивања, као и у 2017. применом МСВ и HVS.

У поређењу са садржајем витамина С у другим сортама крушке (Galvis Sanchez et al., 2003) можемо рећи да Вилијамовка има сличан садржај као D'Anjou или Боскова бочица, а мањи у односу на Пакхамс тријумф или Coscia. На основу наведених података се може закључити да је садржај витамина С сортно зависна особина.

Сорте са плодовима богатим у витамину С могу бити интересантне за прехранбену индустрију, где и шећери и витамин С могу обезбедити важне информације за потрошаче у погледу препознавања хранљивости плодова (Ahmed et al., 2001; Hudina i Štampar, 2005).

На садржај витамина С у воћу и поврћу могу утицати различити фактори као што су генотипске разлике, климатски услови пре бербе и технологија гајења, време и начин бербе, као и поступци руковања после бербе. Такође, што је интензитет светлости већи током вегетације, то је већи садржај витамина С у биљним ткивима (Lee i Kader, 2020).

#### 7.4.3. Антиоксидативни капацитет плода

Да би се темељно проценила антиоксидативна активност екстракта крушке, вршене су различите анализе антиоксидативног капацитета (DPPH, ABTS). Резултати процене вредности антиоксидативне активности у плоду Вилијамовке приказани су у Таб. 11.

Посматрајући утицај хранива на антиоксидативну активност, може се рећи да су резултати у складу са садржајем фенола као једињења који највише утичу на антиоксидативни капацитет. Најбоље вредности за антиоксидативну активност изражену кроз проценат инхибиције по ABTS тесту су постигнуте са NPK хранивом, а по DPPH тесту у варијантама са Стајњаком, NPK, Зеолитом, HVS и у контролној варијанти. Најмања антиоксидативна активност по ABTS тесту је евидентирана код примене KAN-а и у контролној варијанти, а по DPPH тесту код примене МСВ.

Посматрано по годинама, најбоље вредности су постигнуте у 2017, с тим да се код DPPH ова година није значајно разликовала у односу на 2015 и 2016. Најмању антиоксидативну активност имали су плодови у 2018. години што је вероватно последица мањег садржаја укупних фенола у поменутој години. Ову тврдњу поткрепљују чињеница да феноли имају високо антиоксидативно дејство (Sun et al., 2002; Galvis Sánchez et al., 2003) и резултати који наводе да су плодови различитих сорти крушке са високим садржајем укупних фенола и укупних флавоноида имале значајно веће антиоксидативне и антиинфламаторне способности (Li et al., 2012).

Утицај интеракцијског ефекта године и примењеног хранива на антиоксидативну активност плодова Вилијамовке приказан је у Таб. 11. Интеракцијски ефекат био је значајан само код анализе по ABTS тесту. Ту се са највећим вредностима истиче NPK у 2017. години док су најмање вредности биле у

2018. године за KAN и контролу. За разлику од других третмана, третман са NPK хранивом је у 2018. условио боље вредности у односу на 2015. и 2016. годину.

Неколико радова показује утицај технологије гајења на антиоксидативну активност различитих врста воћака и поврћа. Постоји тенденција да органски произведена храна има мањи садржај нитрата, највећи садржај витамина С и суве материје као и висок садржај једињења са антиоксидативним дејством, као што су флавоноиди и феноли (Williams et al., 2016).

Антиоксидативна активност је важан аспект за дефинисање квалитета воћа због повећане пажње на функционалну храну. Упоредјујући крушку са другим врстама из фамилије Rosaceae у погледу вредности антиоксидативне активности може се рећи да плодови ове врсте воћака имају мању антиоксидативну активност у односу на јабуку (Raudone et al., 2017), а већу у односу на оскорушу (Olszewska i Michel, 2009). Такве разлике би могле настати под утицајем разлика у квалитативном и квантитативном саставу плода крушке, јабуке и оскоруше, као и услед различитости других фактора (састав земљишта, климатско-метеоролошки услови, услови гајења или складиштења, исхрана и др.) који утичу на хемијски састав плода крушке, што је једним делом презентовано нашим резултатима.

За разлику од резултата добијених у нашем раду, Quartieri et al. (2016) наводе да трогодишњи третмани са различитим органским хранивима нису значајно утицали на промену антиоксидативне активности плода крушке. Стога, може се претпоставити да неке врсте воћака показују ниску реактивност на ђубрење земљишта у погледу састава плода и функционалне активности (Sorrenti et al., 2012). Liaudanskas et al. (2017) истичу врло значајан утицај сорте крушке на антиоксидативни капацитет без обзира на методу одређивања, при чему су њихове вредности мање или сличне вредностима добијеним у нашем раду.

Сматра се да су слободни радикали узрок појаве многих патолошких стања у људском организму. Слободни радикали су стални продукти ћелијског метаболизма (Benavente-García et al., 1997) који настају као резултат загађења ваздуха, радијације, претераног излагања сунцу, стреса, али и због прекомерног уноса индустријске хране и хране богате засићеним масним киселинама. Један од начина борбе организма против слободних радикала је синтеза антиоксидативних једињења. Имајући ово у виду, може се претпоставити да су у нашем истраживању највећи садржај фенола, флавоноида и антиоксидативног капацитета плодови имали у 2017. години, која је била посебно стресна за нормалан раст и развој стабала крушке.

Према подацима из литературе полифеноли имају снажно антиоксидативно деловање и постоји значајна корелација између концентрације фенола и активности слободних радикала, посебно за радикале DPPH. Не само укупни садржај полифенолних једињења већ и врста фенолних једињења имала су веома важну улогу у антиоксидативној активности (Kolniak-Ostek, 2016).

Синергистичке интеракције између фенола и једињења попут растворљивих угљених хидрата и протеина, такође, могу допринети повећању антиоксидативних активности, а растворљиви полисахариди могу побољшати хемијску стабилност фенолних једињења (Fan et al., 2017). То су све вероватни разлози, зашто се узорци са сличним концентрацијама укупних фенола могу значајно разликовати у њиховој антиоксидативној активности.

## 7.5. Садржај минералних материја у листу

Количине хранљивих материја неопходних за нормалан раст, развој и продуктивност крушке, могу се одредити хемијском анализом земљишта или биљних ткива и то: листова (van den Ende i Leese, 1975; Milošević i Milošević, 2016), цветова, плодова или једногодишњих или двогодишњих дрвних прираста (Sanz et al., 1994; Betrán et al., 1997; Jiménez et al., 2004). Хемијска анализа земљишта није довољно поуздана метода јер не указује на стварну обезбеђеност воћке неким елементом у датом тренутку. Може дати приближну процену о потребама за хранљивим материјама, али због низа недостатака, не може се користити за детаљно формирање плана исхране у воћњаку (Ebert, 2009). Да би се утврдиле стварне потребе воћке за хранивима, van den Ende i Leese (1975) истичу да би најбоље било комбиновати анализу земљишта са анализом неког биљног ткива.

Хемијска анализа листа је ефикасна метода за дијагностификовање стања исхрањености и потреба за уношењем хранива у воћњаку. У високоинтензивним засадима, кључни фактори за постизање доброг вегетативног и генеративног развоја воћке, високих приноса са квалитетним плодовима дуге способности чувања, су правилна исхрана и наводњавање (Stassen i North, 2005). Стандардно време узорковања листова за анализу код крушке је средином лета, око 120 дана након пуног цветања (van den Ende i Leese, 1975), такозвана „касна фолијарна дијагноза“. У овом периоду код великог броја сорти крушке је завршена берба, тако да ова касна анализа листа ограничава благовремену интервенцију. Због овога, уводи се тзв. „рана фолијарна дијагноза“, када се листови узоркују око 60 дана након пуног цветања, што олакшава решавање потенцијалних проблема у исхрани на време (Sanz et al., 1994; Betrán et al., 1997).

У Таб. 12 су приказани резултати утицаја различитих органских и минералних хранива, године и њихове међусобне интеракције на минерални састав листа Вилијамовке. Хранива HVS, MCB и KAN су условили сличан и највећи садржај N у листовима. Стајњак и Агрозел су заједно са контролном варијантом утицали на најмањи садржај овог елемента. Већ је познато да је N из органских хранива теже приступачан у односу на онај из минералних хранива, с обзиром да се не зна када и у ком тренутку ће он да се ослободи из органске материје (Milošević et al., 2013a). За вегетативни раст крушке је јако битна добра снабдевеност земљишта са приступачним облицима азота. Такође, битно је напоменути, да само 10% N током лета (од јуна до августа) буде усвојено од стране плодова. Остатак се углавном складишти у дрвенастим деловима стабла одакле се активира тек у пролеће, када значајно доприноси развоју цветних пупољака и цветању (Quartieri et al., 2002).

Rufato i DeJong (2001) наводе да је садржај N у листу и стаблу брескве под утицајем неколико фактора, укључујући услове животне средине, физиолошке факторе, као и начин одржавања воћњака. Cummings (1973) је установио да је концентрација азота у плодовима брескве слична концентрацији овог елемента у листовима.

Scandellari et al. (2010) су утврдили да од укупно усвојене годишње количине фосфора, преко 60% се уграђује у плодове и листове. Примена хранива је утицала и на садржај P у листовима Вилијамовке (Таб. 12) што је у сагласности са резултата које

наводе Neilsen et al. (2004). Највећи садржај Р уочен је у варијанти са стајњаком, а најмањи код примене МСВ. Висок садржај фосфора имали су и листови стабала ђубрених са Агрозелом што се доводи у везу са његовом способношћу за фиксирање фосфата (Reháková et al., 2004).

Сигурност приноса се повећава у присуству К. Осим тога он подстиче накупљање шећера (Štampar et al., 2002) чиме се повећава отпорност воћака према ниским температурама и мразу, што је потврђено у истраживањима Jivan i Sala (2014), који су показали да овај елемент доприноси повећању садржаја РСМ, коју углавном чине шећери. HVS и контролна варијанта су допринели највећем садржају К у листовима крушке. Висок садржај условили су и стајњак, Агрозел и КАН, док је најмање К у листовима било код варијанти када су примењени МСВ и NPK. Brunetto et al. (2015) наводе да су повећане дозе минералних хранива довеле до повећања Р и К у листовима крушке, док Perazzoli et al. (2020) истичу значај биолошких хранива код повећања К у листовима. Ово подржава наше резултете приказане у Таб. 12, где је HVS, тј. храниво које садржи аеробне и анаеробне микроорганизме, значајно повећало садржај К у листовима, што је у складу са претходним резултатима које наводе Milošević et al. (2013a). Висок ниво К у листовима у контролној варијанти је вероватно последица његове високе количине у земљишту у нашем огледу што је приказано у Таб. 4.

У погледу садржаја Са и Mg у листу Вилијамовке, највећи садржај је забележен код примене МСВ, HVS и Стајњака за садржај Са, односно МСВ, NPK и Стајњака за садржај Mg. Утицај осталих хранива на садржај Са се није значајно разликовао од контролне варијанте, док је најмањи садржај Mg у листовима био код примене КАН-а, HVS-а и Агрозела. У истраживању које су спровели Milošević et al. (2013a) МСВ је такође храниво које је утицало на већи садржај Mg у листу кајсије. Разлог томе је што ово храниво у себи садржи Mg у облику MgO који је лакше доступан за коренов систем. Стајњак, као спороделујуће храниво, након четири године условио је највећи садржај Р, Са и Mg у листовима 60 дана након пуног цветања. Ово се може објаснити тиме што је Стајњак индиректно повећао доступност одређених елемената и обезбедио повољније земљишне услове за коренов систем и доступност горе наведених макроелемената (Milosevic i Milosevic, 2009). Milošević i Milošević (2016) су у свом истраживању такође узимали узорке листова крушке 60 дана након пуног цветања. Њихови резултати су показали сличан садржај N у листовима. Садржај К, Са и Mg је био нижи, док је количина Р била значајно већа. Разлике у резултатима се могу приписати чињеницама да су за експерименте коришћене различите сорте калемљене на различитим подлогама, гајене у другачијим климатским и земљишним условима и уз другачију технологију гајења. Као додатак, Neilsen et al. (2004) су утврдили да је применом К ђубрива смањен садржај Mg и В у листовима јабуке.

Иако биљка има главну улогу у контроли усвајања хранљивих материја, варирање усвајања елемената и њихових количина из године у годину и током вегетационог периода уочили су и други аутори (Betrán et al., 1997; Jiménez et al., 2004; Milošević i Milošević, 2011b). У Таб. 12 се такође види значајно варирање садржаја елемената из године у годину. На пример, највећи садржај N у листовима је забележен у последњој години испитивања. Садржај Р, К и Са у листовима је највећи био у првој години испитивања, а Mg у другој. Трећа година (2017) је била најмање повољна за све елементе осим за К. Прва година је била доста повољнија за усвајање

и доступност елемената у погледу климатских и земљишних чинилаца што је у сагласности са резултатима које наводе Ikinçi et al. (2014).

Значајна интеракција између хранива и године испитивања указује на то да су се различита хранива различито понашала у појединим годинама. На пример, за разлику од других хранива, Агрозел је највећи садржај N у листовима условио у 2015. години. Применом Стајњака највећи садржај K је добијен у 2016. години, док су остала хранива боље резултате дала у 2015. години. Одступање ових хранива од тенденције осталих хранива указује на сложеност апсорпције елемената од стране земљишног комплекса (Milošević et al., 2013a).



**Таб. 12.** Садржај макроелемената у листу Вилијамовке у зависности од врсте примењених хранива

Извори варијације		N	P	K	Ca	Mg
<b>Ђубриво (A)</b>						
Стајњак		1,99 ± 0,02 c	0,22 ± 0,01 a	1,06 ± 0,03 b	1,37 ± 0,04 ab	0,34 ± 0,01 a
Агрозел		2,05 ± 0,02 c	0,21 ± 0,01 b	1,05 ± 0,03 b	1,23 ± 0,04 b	0,29 ± 0,01 c
KAN		2,39 ± 0,02 a	0,17 ± 0,01 c	1,02 ± 0,04 b	1,29 ± 0,04 b	0,28 ± 0,01 c
МСВ		2,40 ± 0,02 a	0,15 ± 0,00 e	0,81 ± 0,03 c	1,46 ± 0,04 a	0,33 ± 0,01 ab
NPК		2,24 ± 0,03 b	0,16 ± 0,01 d	0,78 ± 0,04 c	1,32 ± 0,05 b	0,34 ± 0,01 a
HVS		2,43 ± 0,06 a	0,16 ± 0,02 d	1,14 ± 0,17 a	1,36 ± 0,16 ab	0,29 ± 0,02 c
Контрола		2,06 ± 0,03 c	0,21 ± 0,01 b	1,12 ± 0,04 a	1,31 ± 0,05 b	0,32 ± 0,01 b
<b>Година (B)</b>						
2015		2,40 ± 0,05 b	0,26 ± 0,01 a	1,49 ± 0,05 a	2,01 ± 0,04 a	0,36 ± 0,01 b
2016		2,13 ± 0,10 c	0,24 ± 0,01 b	1,28 ± 0,10 b	1,42 ± 0,04 b	0,42 ± 0,01 a
2017		1,87 ± 0,10 d	0,10 ± 0,01 d	0,83 ± 0,03 c	0,78 ± 0,03 d	0,20 ± 0,01 d
2018		2,49 ± 0,07 a	0,13 ± 0,01 c	0,38 ± 0,02 d	1,12 ± 0,11 c	0,28 ± 0,01 c
<b>Интеракција (A × B)</b>						
Стајњак	2015	2,18 ± 0,01cd	0,30 ± 0,01 ab	1,47 ± 0,06 de	2,04 ± 0,04 ab	0,40 ± 0,01 c
	2016	1,79 ± 0,11 ef	0,31 ± 0,01 a	1,49 ± 0,04 d	1,56 ± 0,04 b	0,46 ± 0,01 a
	2017	1,57 ± 0,01 f	0,12 ± 0,00 i	0,85 ± 0,04 gh	0,79 ± 0,01 de	0,23 ± 0,01 h
	2018	2,45 ± 0,01 b	0,17 ± 0,00 fh	0,41 ± 0,01 jk	1,09 ± 0,01 cd	0,26 ± 0,00 g
Агрозел	2015	2,37 ± 0,02 bc	0,27 ± 0,00c	1,50 ± 0,02 cd	1,78 ± 0,00 ab	0,32 ± 0,00 e
	2016	2,05 ± 0,01 cd	0,27 ± 0,00 c	1,38 ± 0,02 e	1,44 ± 0,00 bc	0,42 ± 0,01 bc
	2017	1,63 ± 0,01 f	0,10 ± 0,00 j	0,87 ± 0,01 gh	0,63 ± 0,01 e	0,18 ± 0,01 j
	2018	2,15 ± 0,04 cd	0,18 ± 0,00 f	0,47 ± 0,01 j	1,05 ± 0,00 cd	0,25 ± 0,00 gh
KAN	2015	2,53 ± 0,05 ab	0,27 ± 0,00 c	1,61 ± 0,00 b	2,10 ± 0,02 a	0,34 ± 0,01 d
	2016	2,02 ± 0,05 d	0,21 ± 0,00 e	1,33 ± 0,04 e	1,22 ± 0,02 cd	0,36 ± 0,00d
	2017	2,34 ± 0,03 bc	0,11 ± 0,01 ij	0,80 ± 0,01 h	0,72 ± 0,00 de	0,18 ± 0,01 j
	2018	2,68 ± 0,04 a	0,10 ± 0,00 j	0,32 ± 0,01 k	1,23 ± 0,00 cd	0,27 ± 0,00 fg
МСВ	2015	2,61 ± 0,02 ab	0,21 ± 0,00 e	1,38 ± 0,02 e	2,11 ± 0,01 a	0,36 ± 0,00 d
	2016	2,31 ± 0,07 bc	0,18 ± 0,00 f	0,74 ± 0,04 hi	1,34 ± 0,02 bc	0,43 ± 0,01 b
	2017	2,09 ± 0,04 cd	0,10 ± 0,05 j	0,82 ± 0,01 h	0,94 ± 0,02 d	0,23 ± 0,00 h
	2018	2,63 ± 0,03 ab	0,10 ± 0,00 j	0,32 ± 0,01k	1,44 ± 0,06 bc	0,31 ± 0,01 e
NPК	2015	2,19 ± 0,01 cd	0,24 ± 0,00 d	1,20 ± 0,02 f	2,02 ± 0,04 ab	0,41 ± 0,01 bc
	2016	2,42 ± 0,06 bc	0,21 ± 0,00e	0,94 ± 0,03 g	1,46 ± 0,03 bc	0,45 ± 0,01 a
	2017	1,70 ± 0,00 ef	0,07 ± 0,00 k	0,69 ± 0,01 i	0,82 ± 0,01 de	0,20 ± 0,00 i
	2018	2,64 ± 0,03 ab	0,10 ± 0,05 j	0,30 ± 0,01 k	0,96 ± 0,21 cd	0,32 ± 0,00 e
HVS	2015	2,41 ± 0,03 bc	0,24 ± 0,00 d	1,74 ± 0,00 a	2,01 ± 0,04 ab	0,32 ± 0,01 e
	2016	2,47 ± 0,00 ab	0,22 ± 0,00 e	1,45 ± 0,01 de	1,43 ± 0,00 bc	0,39 ± 0,01 c
	2017	2,20 ± 0,00 cd	0,08 ± 0,01 k	0,92 ± 0,01 g	0,71 ± 0,01 de	0,20 ± 0,01 i
	2018	2,65 ± 0,04 a	0,12 ± 0,00 i	0,44 ± 0,01 j	1,30 ± 0,03 bc	0,26 ± 0,00 g
Контрола	2015	2,54 ± 0,04 ab	0,29 ± 0,00 b	1,52 ± 0,01 c	1,99 ± 0,03 ab	0,35 ± 0,00 d
	2016	1,86 ± 0,03 e	0,28 ± 0,00 bc	1,65 ± 0,02 b	1,49 ± 0,02 b	0,45 ± 0,00 a
	2017	1,58 ± 0,02 f	0,12 ± 0,00 i	0,90 ± 0,01 gh	0,85 ± 0,01 de	0,22 ± 0,01 hi
	2018	2,24 ± 0,04 c	0,16 ± 0,00 h	0,42 ± 0,01 j	0,88 ± 0,19 de	0,28 ± 0,00 f
<b>ANOVA (F тест)</b>						
A		*	*	*	*	*
B		*	*	*	*	*
A × B		*	*	*	*	*

Иста мала слова у истој колони показују да разлике између средина нису статистички значајне за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту. \*: звездаца означава значајне разлике за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту

**Таб. 13.** Садржај микроелемената у листу Вилијамовке у зависности од врсте примењених хранива

Извори варијације		Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>Ћубриво (А)</b>						
Стајњак		56,52 ± 1,21 a	159,37 ± 9,78 b	6,13 ± 0,05 b	143,3 ± 8,72 b	16,93 ± 1,16 c
Агрозел		44,05 ± 0,95 d	136,87 ± 9,94 de	6,91 ± 0,05 a	126,5 ± 7,70 c	30,62 ± 1,18 a
KAN		53,24 ± 0,64 b	132,93 ± 10,55 e	7,10 ± 0,09 a	125,1 ± 8,12 c	17,98 ± 0,41 c
MCB		53,79 ± 0,59 b	153,88 ± 9,01 c	7,12 ± 0,08 a	98,6 ± 6,46 e	28,92 ± 1,10 a
НПК		58,32 ± 0,59 a	188,75 ± 10,79 a	6,21 ± 0,05 b	112,3 ± 6,98 d	17,33 ± 0,20 c
HVS		58,43 ± 3,79 a	140,69 ± 41,61 d	6,32 ± 0,28 b	112,9 ± 28,16 d	22,13 ± 4,63 b
Контрола		49,98 ± 0,91 c	153,86 ± 10,73 c	6,26 ± 0,04 b	154,8 ± 9,47 a	24,15 ± 0,70 b
<b>Година (В)</b>						
2015		65,63 ± 3,01 a	72,03 ± 6,95 d	5,93 ± 0,17 c	31,2 ± 1,58 d	27,62 ± 3,97 a
2016		45,57 ± 1,58 d	78,00 ± 5,39 c	6,63 ± 0,34 b	67,0 ± 5,66 c	28,97 ± 4,71 a
2017		49,34 ± 2,92 c	108,16 ± 12,84 b	6,50 ± 0,29 b	137,7 ± 8,29 b	16,79 ± 0,38 b
2018		52,38 ± 3,36 b	351,14 ± 6,69 a	7,25 ± 0,16 a	263,3 ± 13,05 a	16,96 ± 0,39 b
<b>Интеракција (А × В)</b>						
Стајњак	2015	79,50 ± 4,94 a	83,27 ± 4,56 h	5,53 ± 0,12 g	33,5 ± 0,73 k	18,23 ± 0,72 cd
	2016	43,30 ± 1,2 e	97,20 ± 0,4 gh	6,40 ± 0,24 de	82,4 ± 1,3 i	14,83 ± 0,15 d
	2017	50,90 ± 0,55 d	104,00 ± 1,33 g	5,99 ± 0,02 ef	159,5 ± 0,50 f	17,05 ± 0,02 cd
	2018	52,40 ± 1,26 cd	353,00 ± 6,22 bc	6,61 ± 0,00 cd	297,7 ± 7,20 b	17,60 ± 0,00 cd
Агрозел	2015	60,27 ± 0,48 bc	47,90 ± 0,16 j	6,61 ± 0,12 cd	29,0 ± 0,2 k	47,60 ± 0,86 a
	2016	46,03 ± 0,88 d	91,99 ± 0,20 h	7,57 ± 0,30 b	73,4 ± 2,66 i	39,90 ± 1,20 ab
	2017	33,37 ± 0,24 f	75,23 ± 3,46 i	6,52 ± 0,00 d	140,7 ± 1,68 g	17,20 ± 0,00 cd
	2018	36,55 ± 2,31 f	332,33 ± 5,21 cd	6,93 ± 0,00 c	263,0 ± 4,58 c	17,80 ± 0,00 cd
KAN	2015	62,20 ± 0,1 bc	58,10 ± 1,83 ij	5,75 ± 0,17 ef	31,1 ± 0,53 k	23,83 ± 2,48 c
	2016	42,00 ± 0,57 e	64,71 ± 2,07 i	6,73 ± 0,10 cd	53,0 ± 2,03 j	13,90 ± 0,20 d
	2017	53,40 ± 0,13 cd	66,23 ± 0,35 i	8,36 ± 0,00 a	150,5 ± 5,50 fg	17,20 ± 0,01 cd
	2018	55,35 ± 0,38 cd	342,67 ± 0,84 c	7,54 ± 0,00 b	266,0 ± 3,76 c	17,00 ± 0,00 cd
MCB	2015	64,80 ± 0,1 b	90,90 ± 1,3 h	6,47 ± 0,06 de	25,1 ± 0,03 k	41,77 ± 0,08 ab
	2016	49,23 ± 1,45 de	60,60 ± 0,16 ij	7,78 ± 0,62 b	51,4 ± 0,53 j	40,93 ± 1,78 ab
	2017	52,63 ± 0,53 cd	137,33 ± 2,22 f	6,77 ± 0,00 cd	99,5 ± 0,17 h	17,65 ± 0,15 cd
	2018	48,50 ± 0,07 de	326,67 ± 1,71 d	7,45 ± 0,00 b	218,3 ± 3,15 e	15,35 ± 0,05 d
НПК	2015	53,83 ± 0,32 cd	106,90 ± 0,4 g	5,10 ± 0,12 e	31,3 ± 0,6 k	17,77 ± 0,45 cd
	2016	54,63 ± 0,22 cd	73,09 ± 0,77 i	5,91 ± 0,08 ef	70,6 ± 0,18 i	18,83 ± 1,45 cd
	2017	58,15 ± 1,38 c	183,33 ± 2,36 e	5,61 ± 0,00 f	104,7 ± 0,51 h	15,15 ± 0,00 d
	2018	66,65 ± 3,38 b	391,67 ± 5,52 a	7,79 ± 0,00 b	242,7 ± 7,86 d	17,55 ± 0,00 cd
HVS	2015	75,93 ± 1,38 a	61,47 ± 0,85 i	5,53 ± 0,02 g	29,7 ± 2,3 k	19,33 ± 0,58 cd
	2016	47,33 ± 0,25 de	63,56 ± 1,85 i	6,21 ± 0,06 de	45,8 ± 1,61 jk	38,20 ± 7,63 b
	2017	56,53 ± 0,15 cd	91,07 ± 0,17 h	5,98 ± 0,00 ef	147,7 ± 2,36 g	15,35 ± 0,15 d
	2018	54,05 ± 1,25 cd	346,67 ± 0,51 b	7,56 ± 0,00 b	228,7 ± 2,87 de	15,65 ± 0,35 d
Контрола	2015	62,90 ± 2,7 bc	55,67 ± 0,05 ij	6,09 ± 0,08 e	38,8 ± 0,68 k	24,80 ± 1,86 c
	2016	43,47 ± 1,12 e	94,85 ± 4,65 gh	5,82 ± 0,12 ef	92,4 ± 0,85 hi	36,17 ± 1,25 bc
	2017	40,40 ± 0,66 e	99,93 ± 1,70 gi	6,25 ± 0,01 de	161,5 ± 1,83 f	17,90 ± 0,33 cd
	2018	53,17 ± 3,54 cd	365,00 ± 3,17 b	6,88 ± 0,00 cd	326,7 ± 7,73 a	17,75 ± 1,08 cd
<b>ANOVA (F тест)</b>						
А		*	*	*	*	*
В		*	*	*	*	*
А × В		*	*	*	*	*

Иста мала слова у истој колони показују да разлике између средина нису статистички значајне за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту. \*: звездица означава значајне разлике за  $P \leq 0.05$  по LSD тесту

Иако су потребни у малим количинама, микроелементи су такође јако значајни и незаменљиви. Играју велику улогу у метаболизму биљака због своје укључености у синтезу једињења неопходних за нормалан раст и развој, а такође су и активатори многих ензима.

Подаци приказани у Таб. 13 указују на значајан утицај хранива, године и њихове међусобне интеракције на концентрацију микроелемената у листу Вилијамовке. Највећи садржај Fe је забележен код примене Стајњака, NPK и HVS. За разлику од Fe, где су примена Агрозела, KAN-а и MCB-а имала низак утицај, код Cu су ова хранива утицала на највеће концентрације. Највећи садржај Mn у листовима био је у случају примене NPK. Код Zn је примећен слаб утицај свих хранива у односу на контролу. Агрозел и MCB су хранива која су позитивно утицала на садржај B. Позитиван утицај MCB на концентрацију B у листовима трешње потврдили су и Milošević et al. (2013a).

Концентрације микроелемената добијене у нашем раду су мање у односу на оне које наводе Milošević i Milošević (2016) за крушку. То значи да, поред подлоге и сорте, многи фактори, као што су географско подручје, педо-климатски услови и технологија гајења (нега, наводњавање, ђубрење) играју важну улогу у акумулацији ових хранљивих материја у листовима крушке што потврђују и наводи Stassen i North (2005).

Посматрано по годинама, уочава се да је за апсорпцију Fe најповољнија била 2015. година, а за апсорпцију B 2015. и 2016. година. С друге стране, највише Zn, Mn и Cu у листовима забележено је у последњој години испитивања (2018). Варирање апсорпције микроелемената по годинама, услед различитости услова за њихову доступност и усвајање, забележио је и Mirabdulbaghi (2014). У истраживању које су спровели Botelho et al. (2010), садржај микроелемената у листу се смањило у другој години истраживања. Треба напоменути да су B и Mn покретљиви елементи у земљишту, док су Fe, Cu и Zn мање покретљиви. Зато је динамика њиховог кретања у земљишту уско повезана са садржајем органске материје и рН вредности земљишта (Milošević i Milošević, 2019).

И код микроелемената се запажа утицај интеракције храниво × година. Тако се на пример уочава одступање утицаја примене NPK хранива у односу на тенденцију утицаја осталих хранива код Fe (Таб. 13). Иако су већина хранива најбоље дошла до изражаја у 2018. години код Cu, KAN је најбоље резултате показао у 2017. години. Исто тако, код B, Стајњак је лоше деловао у односу на друга хранива у 2015. години.

### **7.5.1. Модели за интерпретацију минералног статуса биљке – DOP и $\Sigma$ DOP индекс**

За комплетнији приказ резултата везаних за садржај макро- и микроелемената у листу Вилијамовке, у односу на референтне вредности, коришћен је DOP индекс (Таб. 14 и Таб. 15). DOP индекс указује на квалитативни и квантитативни статус елемената (Montañes et al., 1991). Вредности DOP индекса добијене су за сваки елемент на основу вредности које наводе van den Ende i Leese (1975).

Из Таб. 14 се види да се сви макроелементи, осим K, налазе у оптималним границама ( $\Sigma$ DOP=0) у листу Вилијамовке. Веће концентрације K у односу на граничне вредности уочене су код примене MCB и NPK, као и висока почетна

количина К у земљишту. Позитивна вредност DOP индекса указује на сувишак К у стаблу крушке ако се пореди са референтним вредностима које наводе van den Ende i Leese (1975) за ову воћну врсту. То се може приписати чињеници да је поред већ постојеће велике количине овог елемента у земљишту, његова концентрација додатно повећана уношењем хранива која садрже К, као што су у овом случају МСВ и NPK. Као што је већ раније напоменуто, К је слабо покретљив елемент у земљишту (Adams i Shin, 2014) па је његова акумулација дошла до изражаја након четири године. Такође, време узимања листова за анализу значајно може утицати на концентрације појединих елемената (Johnson i Uriu, 1989).

Bates (1971) наводи да је физиолошка старост стабла најважнији фактор који утиче на минерални састав биљке. Повећана концентрација К би с друге стране, могла да узрокује потенцијалне проблеме, јер уколико се К нађе у већим количинама, могао би антагонистички да делује на приступачност других елемената као што су N, Ca и Mg (Гвозденовић, 1998).

**Таб. 14.** DOP индекс и  $\Sigma$ DOP за садржај макроелемената у листу Вилијамовке у току четири године испитивања

Ђубриво	N	P	K	Ca	Mg	$\Sigma$ DOP
Стајњак	0	0	0	0	0	0 c
Агрозел	0	0	0	0	0	0 c
KAN	0	0	0	0	0	0 c
МСВ	0	0	19	0	0	19 b
NPK	0	0	22	0	0	22 a
HVS	0	0	0	0	0	0 c
Контрола	0	0	0	0	0	0 c

Вредности  $\Sigma$ DOP индекса указују на разлике између хранива када је у питању њихов утицај на баланс макроелемената у листу (Таб. 14). Највећи дисбаланс међу макроелементима изазвала је примена NPK, а затим МСВ хранива. Остала хранива као и контролна варијанта су показала сасвим избалансиране вредности макроелемената у листовима крушке.

Када су у питању микроелементи, поредећи са стандардним вредностима које наводе van den Ende i Leese (1975), вредности DOP индекса показују да су једино код Cu сва хранива и контролна варијанта довели до оптималних вредности у листу (Таб. 15). Мања одступања од референтних вредности примећена су и код Mn и B. С друге стране, садржај Fe и Zn је био ван граница оптимума за сва испитивана хранива и контролу. При томе, вредности Fe су биле испод доње границе оптимума, а вредности за Zn указују на сувишак овог елемента. Висок дисбаланс код Zn је резултат фолијарне неконтролисане примене препарата на бази Zn у трећој години експеримента.

Приступачност микроелемената је уско повезана са рН вредношћу земљишта, па је тако већина микроелемената слабије доступна кореновом систему при вишим рН вредностима, и обрнуто (Ebert, 2009). Када је на пример, у питању Fe, иако је земљиште богато овим елементом, често се јавља његов недостатак код воћа (Jiménez et al., 2004; Milošević et al., 2013a; Milošević i Milošević, 2016, 2019). Неки аутори наводе

и то да веће количине P (Hansen et al., 2006) или Mn (Mengel et al., 2001) могу да утичу на блокирање приступачности Fe. Поправка недостатка Fe је веома сложена агротехничка мера. Узимајући у обзир резултате које наводе Johnson i Uriu (1989), применом неорганских извора Fe у земљиште тешко се могу решити проблеми недостатка, јер се јако брзо везује у нерастворљива једињења. Они наводе да је примена Fe хелата дала боље, али краткотрајне резултате па се економичност производње доводи у питање. С обзиром на низак садржај Fe (Таб. 15), примећени су и симптоми хлорозе на листовима Вилијамовке.

Бор је кључни елемент за крушку и веома је важан за производњу воћа уоште, јер има важну улогу у ћелијском зиду, транспорту шећера, формирању семена и плодова и развоју хормона. Овај елемент је веома покретљив у земљишту, али слабо покретљив у биљкама (Milošević i Milošević, 2019). Такође, већи део земљишног В је неприступачан за биљку (Mengel et al., 2001), јер применом преко земљишта у јесен он се депонује у кореновом систему и тешко је доступан осталим органима воћке. Недостатак В ( $\Sigma\text{DOP}_B$ ) уочен је код варијанти са Стајњак, NPK и KAN-ом. То може бити повезано са његовим ниским садржајем у земљишту, слабом приступачношћу или неповољним физичко-хемијским карактеристикама земљишта (Wójcik et al., 2008). Агрозел је индиректно утицао на приступачност појединих елемената тако што је утицао на повољније амбијеталне услове за коренов систем и усвајање хранива из земљишта, као што је био случај са В (Milosevic i Milosevic, 2009). Milošević et al. (2016) истичу да на тешким и киселим земљиштима, кализација и додавање овог елемента, нису имали утицаја на било коју од проучаваних агрономских карактеристика крушке.

**Таб. 15.**  $\text{DOP}$  индекс и  $\Sigma\text{DOP}$  за садржај микроелемената у листу Вилијамовке у току четири године испитивања

Ђубриво	Fe	Mn	Cu	Zn	B	$\Sigma\text{DOP}$
Стајњак	-43,48	0	0	138,83	-15	197,31 b
Агрозел	-55,95	0	0	110,83	0	166,78 c
KAN	-46,76	0	0	108,50	-10	165,26 c
МСВ	-46,21	0	0	64,33	0	110,54 e
NPK	-41,68	11	0	87,17	-13	141,85 c
HVS	-41,57	0	0	88,17	0	129,74 d
Контрола	-50,02	0	0	158,00	0	208,02 a

На основу резултата  $\Sigma\text{DOP}$  за концентрације микроелемената у листу Вилијамовке, уочава се значајан утицај примењених хранива на постојање дебаланса хранива у листу (Таб. 15). Највећи дисбаланс уочен је код контролне варијанте, док је најбоље балансиран садржај микроелемената био код примене МСВ.



испољио статистички позитивну везу са ЈК/ЛК и садржајем Fe. Позитиван утицај Fe на параметре приноса утврдили су и Abd Elmegeed et al. (2013). Значајна корелација је установљена и између ПЛ и Fe.

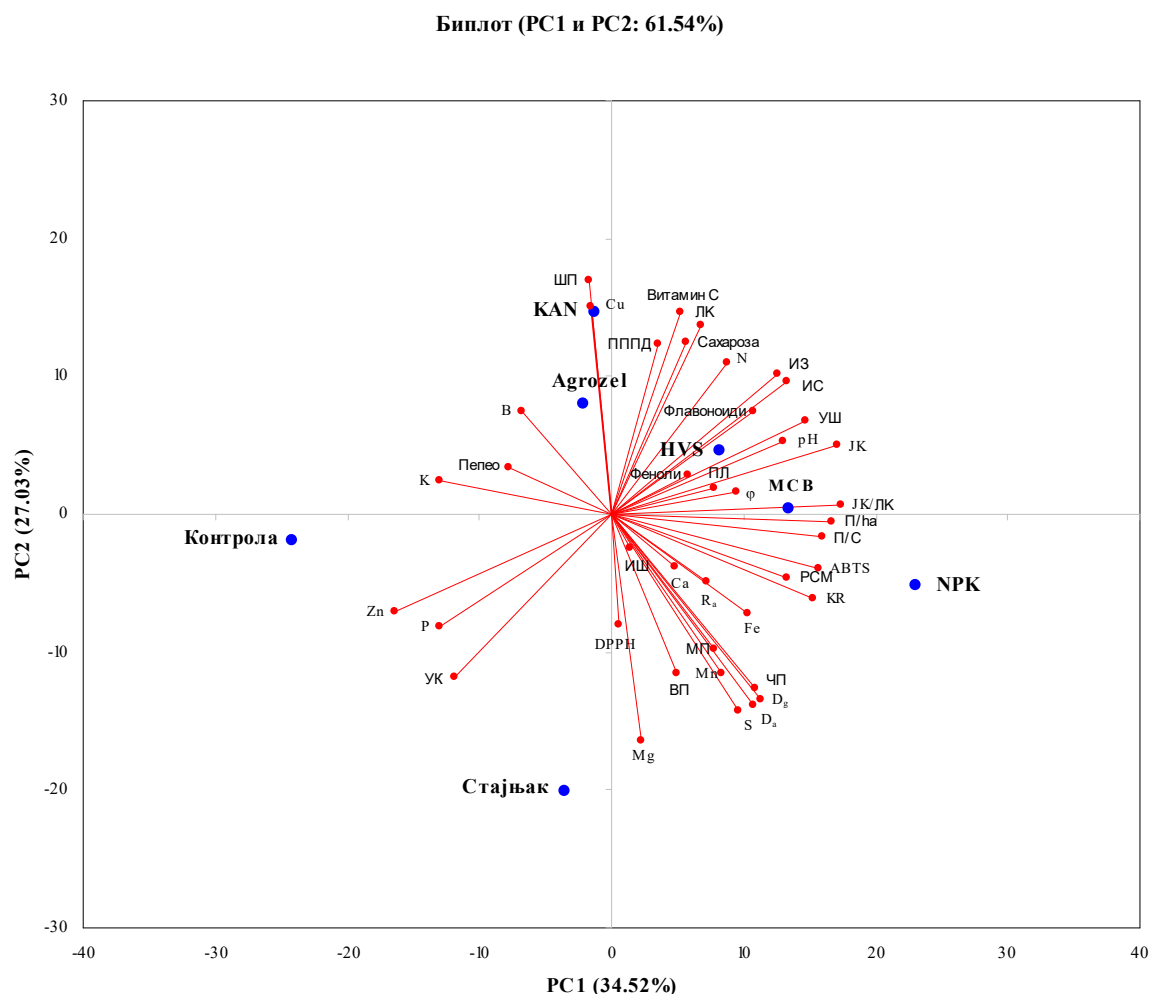
МП је била у статистички значајној корелацији са  $D_a$  и  $D_g$ , што је и раније описано од стране Biondi et al. (1991) који су утврдили да плодови већих димензија имају и већу коначну масу, и обрнуто. ВП је била у значајној позитивној корелацији са S, док је ШП била у негативној корелацији са садржајем В у листу, а у позитивној са  $D_a$  и  $D_g$ . Крупнији плодови имају већу чврстину мезокарпа, чему сведочи значајно позитивна корелација између ЧП и МП,  $D_a$ ,  $D_g$  и S.

Вредности сферичности су биле у позитивној вези са  $R_a$ , али и са рН вредношћу сока. Између РСМ и садржаја пепела је утврђена негативна корелација. ИЗ је показао значајну позитивну корелацију са рН, ЛК, УШ, ИС и са садржајем флавоноида што је било очекивано, јер су то све параметри квалитета који су међусобно повезани. С друге стране, ИЗ је показао негативну везу са УК, потврђујући чињеницу да већи садржај УК смањује вредност ИЗ и обрнуто. Садржај укупних фенола је био у негативној корелацији са садржајем пепела, а у позитивној са садржајем Са у листу. Awasthi et al. (1998) су установили директну везу између минералних елемената у листу и квалитета плода јабуке. Дакле, може се претпоставити да хранљиве материје имају изражен утицај и на садржај фенола у плоду крушке. Укупни флавоноиди су показали значајно позитивну корелацију са ИЗ, ЈК и УШ. Витамин С је био у позитивној вези са ШП и садржајем сахарозе.

Када је у питању антиоксидативна активност, једино је АВТС показао статистички значајно позитивну корелацију са односом ЈК/ЛК. Иако постоји позитивна корелација између АВТС и садржаја укупних фенола, укупних флавоноида и витамина С, она није била статистички значајна. Већ је раније речено да антиоксидативно деловање не зависи само од концентрације појединачних антиоксиданата, већ и од структуре и интеракције међу антиоксидантима (Sun i Ho, 2005).

N је елеменат који значајно утиче на унутрашњи квалитет плода (Ganeshamurthy et al., 2011). Тако се на Граф. 5 може видети да је, поред позитивне корелације са осталим хемијским особинама плода, N био у статистички значајној позитивној корелацији са садржајем сахарозе. С друге стране, иако P позитивно утиче на квалитативне особине плода, посебно на синтезу шећера и скроба (Kremenović, 1996), био је у значајно негативној корелацији са садржајем сахарозе и ЈК. Значајно негативна корелација између N и P указује на дисбаланс између ова два елемента, јер низак садржај P у листу се може приписати високој снабдевености са N и обрнуто. K је квалитативни елеменат (Lester et al., 2010; Jivan i Sala, 2014), и у овом случају његов садржај у листу је био у значајно негативној корелацији са ЈК/ЛК и АВТС. Калцијум је имао позитивну корелацију са садржајем фенола и Fe. Mg је био у позитивној вези са Mn, а у негативној са Cu. Значајна негативна корелација је установљена између Fe и B, а значајно позитивна између Zn и P. Познато је већ да прекомерна концентрација хранљивих материја доводи до негативних резултата (Убавић и сар., 2016). Тако је Zn био у позитивној корелацији само са УК, а у негативној са П/ha, ИЗ, рН, ЈК, ЈК/ЛК, ИС. Повезаност Zn са приносом и квалитетом плода установили су и Jeyabaskaran i Pandey (2008).

Било је позитивних и негативних корелација и између осталих испитиваних параметара, али оне нису биле статистички значајне (Граф. 5).



**Граф. 6.** Анализа главних компоненти (РСА) за 41 агрономску и помолошку особину с посебним освртом на физичке и хемијске особине и антиоксидативни капацитет које су испитиване на плодовима Вилијамовке. Анализа је извршена коришћењем средњих вредности за период 2015-2018 године.

Анализа главних компоненти (РСА) се користи за одређивање најзначајнијих фактора варијабилности и описивање односа између варијабла и запажања. У овом раду РСА анализа је показала 80,88% варијабилност између прве три компоненте (PC1 34,52%, PC2 27,03% односно PC3 19,33%) током четири године истраживања (Граф. 6).

Хранива повезана са позитивним вредностима PC1 (МСВ и NPK) су у корелацији са вишим вредностима компоненти приноса, примарних метаболита, флавоноида и АВТС, док је контролна варијанта која је спојена са негативним вредностима PC1 утицала на већи садржај P, K и Zn у листовима Вилијамовке.



Стајњак, храниво које је било асоцирано са негативним вредностима PC2, утицало је на високе вредности димензија и чврстину плода, садржај укупних киселина, DPPH, садржај Mg и Mn, док је KAN који је био асоциран са позитивним вредностима PC2 испољио највећи утицај на бујност стабла, садржај лимунске киселине, сахарозе, витамина C, N и Cu.

Храниво HVS које је повезано са позитивним вредностима PC3 је условило веће вредности површине листа, садржаја фенола, Ca и Fe, док су храниво Агрозел, повезано са негативним вредностима PC3, проузроковало већу масу плода, сферичност, Ra, садржај пепела, инвертних шећера и бора.

## 8. ЗАКЉУЧАК

На основу резултата испитивања утицаја органских, орвано-минералних и минералних хранива на вегетативни раст, родни потенцијал, физичко-хемијске особине плода, антиоксидативни капацитет и минерални статус стабла Вилијамовке током четири узастопне године, могу се извести следећи закључци:

Примењена хранива и природни зеолит као земљишни кондиционер су у великом броју случајева испољили значајан утицај на бујност стабла, продуктивност, атрибуте квалитета плода и минералну композицију листа крушке на алувијалном наносу, благо киселе реакције и земљишту средње обезбеђеном у хумусу и са веома високим садржајем доступног Р и К. Међутим, значајан утицај на испитиване особине испољиле су и године али и интеракција храниво  $\times$  година што указује на веома сложену природу појединачног утицаја примењених ђубрива на поменуте особине из сезоне у сезону.

Јачина утицаја испитиваних ђубрива често није била међусобно различита али је у значајном броју случајева била слична са контролном варијантом (без примене ђубрења) што се може приписати добро припремљеном земљишту за подизање засада, његовим солидним физичко-хемијским и биолошким особинама и правилним управљањем мерама неге засада.

Вегетативни раст, принос по стаблу и јединици површине, коефициент родности и површина листа су били значајно већи приликом примене хранива у односу на контролу, али је у већини случајева уочен изостанак оправданих разлика између њих, посебно код компоненти приноса. Поменуте особине крушке су биле најлошије у 2017. години, а најбоље вредности су регистроване у последњој (четвртој) години огледа.

Слично вегетативном расту и продуктивности, маса и крупноћа плода (средњи аритметички и средњи геометријски пречник плода) су били већи приликом примене хранива у односу на контролу, али је њихов утицај на димензије плода био миноран, тј. статистички случајан. Насупрот, хранива су се међусобно разликовала по утицају на индексе облика плода и његову површину. Занимљиво је да је примена азотног ђубрива (KAN) заједно са контролом у највећем броју случајева условила најмање вредности физичких особина плода. С друге стране, највеће вредности ових особина су регистроване у првој години огледа, а најмање у трећој, делимично и четвртој години експеримента.

Висина приноса, маса и крупноћа плода су били мањи у поређењу са подацима из литературе и из праксе што указује на значајан утицај фактора који нису могли бити контролисани, посебно климатских.

Примењена хранива и контрола нису значајно утицали на садржај РСМ и пепела, али је њихов утицај на садржај јабучне и лимунске киселине и шећера био статистички оправдан. Чини се да је на материје из групе тзв. примарних метаболита већи утицај имала година, јер су највеће вредности забележене у трећој години огледа (2017) за РСМ и укупне киселине, а садржај шећера и индекси зрења и сласти у првој години експеримента (2015).

Између самих хранива и контроле, није било значајних разлика у утицају на садржај укупних фенола и укупних флавоноида као и на DPPH осим органо-минералног ђубрива (МСВ) које је изазвало њихове најмање вредности, док су садржај витамина С и АВТС вредност били најмањи у контролној варијанти. Генерално, у другој години испитивања добијене су најгоре вредности укупних фенола и укупних флавоноида и витамина С, док су DPPH и АВТС били најмањи у последњој години огледа.

Варирања у погледу садржаја макроелемента у листу су уочена између појединачних хранива и контроле. Комбинована примена органских и минералних хранива је дала најбоље резултате. Највећи садржај Р, К и Са у листу је био у 2015., N у 2018., а Mg у 2016. години. Садржај најзначајнијих макроелемената у листу је генерално био у границама оптималних вредности без обзира на примењено ђубриво, тиме и добро уравнотежен.

Утицај хранива и контроле на концентрацију микроелемената у листу није био доследан и варирао је од елемента до елемента. Контролни третман није изазвао најмање вредности, а код Zn је условио највећу количину. Концентрација Mn, Cu и B је била у границама нормалних вредности, док је концентрација Fe била у дефициту са видљивим симптомима жутила листа у засаду, а концентрација Zn је била у израженом сувишку. Најбољу избалансираност микроелемената је изазвала примена МСВ, а највећа неуравнотеженост између њих је регистрована у контролној варијанти.

Добијени резултати указују да би се исхрана у засаду крушке требала вршити на основу претходно утврђених параметара, међу којима је и анализа листа 60 дана након прецветавања. То би значајно допринело благовременом уочавању недостатка или сувишка неких од хранљивих материја у поређењу са каснијом анализом листа (средином лета).

Утврђене су корелације између испитиваних агрономских и помолошких варијабли, али је само одређен број био статистички значајан што је од значаја за боље познавање узрочно-последичних веза између њих и могућности практичне интервенције.

Анализа најзначајних компоненти (РСА) је генерално потврдила резултате анализе варијансе, посебно постојање интеракције храниво × година. МСВ и NPK су позитивно утицали на компоненте приноса и неке параметре квалитета плода, док је KAN имао највећи утицај на бујност стабла, али и на садржај лимунске киселине, сахарозе и витамина С у плоду. Са применом HVS постигнута је већа површина листа и виши садржај фенола у плоду. Стајњак је имао значајан утицај на димензије плода и садржај укупних киселина. Агрозел је храниво које се може повезати са плодовима веће масе и са више инвертних шећера. Дакле, анализа главних компоненти (РСА)

може бити користан алат за одабир хранива која ће условити најбоље параметре бујности, приноса и квалитета плодова.

Чини се да је ђубрење без дубље анализе утицаја осталих мера неге засада крушке у овим и сличним еколошким условима, дало ограничену ефикасност производње и неодговарајући квалитет плода, уз високе трошкове. Поред правилног управљања ђубрењем, будућа истраживања различитих количина и времена примене ових и других ђубрива и њихових односа у мешавинама, посебно стајњака и природног зеолита (Агрозел), могу идентификовати најбоље комбинације и количине ђубрива са пожељним својствима.

Међутим, није јасно да ли би користи биле веће од трошкова таквог програма исхране крушке, а посебно производње здравствено безбедних плодова и заштите животне средине.

## 9. ЛИТЕРАТУРА

- Abadia, J. (1992): Leaf responses to Fe deficiency: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 15(10): 1699–1713. <https://doi.org/10.1080/01904169209364432>
- Abd El-Moez, M.R., Saleh, A.L., Wanas, Sh. A.H. (1999): Influences of some organic compost on yield, nutrients uptake and consumptive use of fennel and coriander plants and some soil properties. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(10): 6237–6253.
- Abdel-Nasser, G., Harhash, M.M. (2002): The effect of organic manure in combination with elemental sulfur on soil physical and chemical characters, yield, fruit quality, leaf water status contents and nutritional status of Flame seedless grapevines. 1–Soil physical and chemical characteristics. *Journal of Agricultural Sciences*, 25(6): 3541–3558. <https://doi.org/10.21608/jpp.2000.259132>
- Abd-Elmegeed, N.A., Nabeel, W.A., Nasr, M.M. (2013): Effect of foliar application of some nutrients on "Le-Conte" pear trees grown under calcareous soil conditions. *Egyptian Journal of Horticulture*, 40(2): 277–293. <https://doi.org/10.21608/ejoh.2013.1349>
- Abdou, N. A. (2010): Response of Le-Conte pear trees to organic and some bio-fertilizers in comparison with chemical fertilizer. M.Sci. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University, Egypt. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24497.99688>
- Adams, E., Shin, R. (2014): Transport, signaling, and homeostasis of potassium and sodium in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 56(3): 231–249. <https://doi.org/10.1111/jipb.12159>
- Ahmed, F.F., Morsy, M.H. (2001): Response of "Canino" apricot trees grown in the new reclaimed land to application of some nutrients and ascorbic acid. The fifth Arabian Horticultural Conference, Ismailia, Egypt, pp. 27–34. <https://doi.org/10.21608/ajs.2006.15564>
- Aires, A. (2016): Conventional and Organic Farming–Does Organic Farming Benefit Plant Composition, Phenolic Diversity and Antioxidant Properties? Organic Farming–A Promising Way of Food Production. InTech. <https://doi.org/10.5772/61367>
- Alizadeh, K., Fathollahi, S., da Silva, J.A.T. (2015): Variation in the fruit characteristics of local pear (*Pyrus* spp.) in the Northwest of Iran. *Genetic Resources and Crop Evolution* 62(5): 635–641. <https://doi.org/10.1007/s10722-015-0241-7>
- Al-Kharusi, L.M., Elmardi, M.O., Ali, A., Al-Said, F., Abdelbasit, K.M., Al-Rawahy, S. (2009): Effect of mineral and organic fertilizers on the chemical characteristics and quality of date fruits. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(3): 290–296.

- Alvarez, J. M., Vidal, E. A., Gutierrez, R. A. (2012): Integration of local and systemic signaling pathways for plant N responses. *Current Opinion of Plant Biology* 15(2): 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2012.03.009>
- Amiot, M.J., Tacchini, M., Aubert, S.Y., Oleszek, W. (1995): Influence of cultivar, maturity stage and storage conditions on phenolic composition and enzymatic browning of pear fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(5): 1132–1137. <https://doi.org/10.1021/jf00053a004>
- Anttonen, M.J., Hoppula, K.I., Nestby, R., Verheul, M.J., Karjalainen, R.O. (2006): Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment, and genotype on the contents of selected phenolics in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(7): 2614–2620. <https://doi.org/10.1021/jf052947w>
- Arfaioi, P., Bosetto, M. (1993): Time changes of free organic acid contents in seven Italian pear (*Pyrus communis* L.) varieties with different ripening times. *Journal of Agromedicine*, 123(3): 224–230.
- Aruani, M. C., Reeb, P.D., Barnes, N.E. (2014): Influence of soil properties on yield and fruit maturity at harvest of 'Williams' pear. *Chilean Journal Of Agricultural Research*, 74(4): 460–467. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392014000400013>
- Ashraf, M.Y., Attiya, G., Muhammad, A., Hussain, F., Ebert, G. (2010): Improvement in yield and quality of kinnow (*Citrus deliciosa × Citrus nobilis*) by potassium fertilization. *Jorunal of Plant Nutrition*, 33 (11): 1625–1637. <https://doi.org/10.1080/01904167.2010.496887>
- Aslantaş, R., Çakmakçı, R., Şahin, F. (2007): Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. *Scientia Horticulturae*, 111(4): 371–377. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.016>
- Awasthi, R.P., Bhutani, V.P., Sharma, J.C., Kaith, N.S. (1998): Mineral nutrient status of apple orchards of Shimla district of Himachal Pradesh. *Indian Journal of Horticulture*, 55 (4): 314–322.
- Ayuso, M., Hernandez, T., Garcia, C., Pascual, J.A. (1996): Stimulation of Barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. *Bioresource Technology*, 57(3): 251–257. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(96\)00064-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(96)00064-8)
- Bagdasarov, V.R., Kazachenko, A.A., Rustambekov, M.K., Uspenskij, B.G., Kuznetsova, V.V., Efremov, E.N. (2004): Prolonged activity nitrogen-zeolite fertilizer (Азотно-цеолитовое удобрение пролонгированного действия). Findpatent, Russia. Available at: <https://findpatent.ru/patent/222/2222514.html>
- Bangerth, F. (1974): Antagonism between calcium and other elements in the apple fruit. *Acta Horticulturae*, 45(1): 49–52. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1974.45.8>
- Bates, T.E. (1971): Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: a review. *Soil Science*, 112(2): 116–130. <https://doi.org/10.1097/00010694-197108000-00005>
- Behboudian, M.H., Lawes, G.S., Griffiths, K.M. (1994): The influence of water deficit on water relations, photosynthesis and fruit growth in Asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.). *Scientia Horticulturae*, 60(1): 89–99. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(94\)90064-7](https://doi.org/10.1016/0304-4238(94)90064-7)

- Bell, R.L., Quamme, H.A., Layne, R.E.C., Skirvin, R.M. (1996): Pears. In: Janick, J., Moore, J.N. (Eds.), Fruit breeding. Tree and tropical fruits. Wiley, New York, pp. 441–514.
- Benavente-García, O., Castillo, J., Marin, F.R., Ortuño, A., Del Río, J.A. (1997): Uses and properties of citrus flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(12): 4505–4515. <https://doi.org/10.1021/jf970373s>
- Benítez, C., Castro, H., Ricca, A. (2005): Peras y manzanas: Factores que afectan la calidad de los frutos. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina, p. 394.
- Bennewitz, C.V., Cooper, T., Benavides, C., Losak, J., Hlusek, J. (2011): Response of 'Jonagold' apple trees to Ca, K and Mg fertilization in an andisol in South Chile. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 11(3): 71–81. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162011000300006>
- Betrán, J.A., Val, J., Millán, L.M., Monge, E., Montañés, L., Moreno, M.A. (1997): Influence of rootstock on the mineral concentrations of flowers and leaves from sweet cherry. *Acta Horticulturae*, 448(1): 163–167. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.448.24>
- Beyer, M., Hahn, R., Peschel, S., Harz, M., Knoche, E. (2002): Analysing fruit shape in sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Scientia Horticulturae*, 96(1-4): 139–150. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00123-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00123-1)
- Bhat, M.Y., Ahsan, H., Banday, F.A., Peer, F.A., Dar, M.A., Rather, G.H., Khajwaal, M.H. (2009): Effects of pre-harvest calcium chloride sprays and harvest dates on physico-chemical characteristics of pear fruit cultivar "Bartlett". *Applied Biological Research*, 11: 31–35.
- Biondi, G., Pratella, G.C., Bassi, R. (1991): Maturity indexes as a function of quality in apricot harvesting. *Acta Horticulturae* 293(2): 667–671. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1991.293.75>
- Bonany, J., Camps, F., Salvia, J. (2000): Relationship between trunk diameter fluctuations, stem water potential and fruit growth rate in potted adult apple trees. *Acta Horticulturae*, 511(1): 43–49. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.511.4>
- Boskovic-Rakocevic, Lj., Milosevic, T., Milivojevic, J., Paunovic, G. (2012): Impact of cultivar on the nutritional status of the young apricot trees (*Prunus armeniaca* L.). *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 11(1): 227–237.
- Botelho, R.V., Müller, M.M.L., Basso, C., Suzuki, A. (2010): Leaf content and nutrient extraction by fruit harvest of pear trees cultivars grafted on quince 'CP'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32: 884–891. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000087>
- Botelho, R.V., Schneider, E., Machado, D., Piva, R., Verlindo, A. (2012): Quince 'CP': new dwarf rootstock for pear trees on organic and high density planting. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(2): 589–596. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000200034>
- Boulton, R.B., Singleton, V.L., Bisson, L.F., Kunkee, R.E. (1999): Juice and wine acidity. In: Principles and Practices of Winemaking. Springer, Boston, MA, pp. 521–538. [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6255-6\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6255-6_15)
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. (1995): Use of the radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 28(1): 25–30.
- Bronick, C.J., Lal, R. (2005): Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2): 3–22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>

- Browicz, K. (1993): Conspect and chorology of the genus *Pyrus* L. Arboretum Kórnickie, 38: 17-33.
- Bruneto, G., Nava G., Ambrosini, V.G., Comin, J.J., Kaminski, J. (2015): The pear tree response to phosphorus and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(2): 507–516. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-027/14>
- Buskiene, L., Uselis, N. (2008): The influence of nitrogen and potassium fertilizers on the growth and yield of raspberries cv. Polana, *Agronomy Research*, 6(1): 27–35.
- Bussi, C., Besset, J., Girard, T. (2003): Effects of fertiliser rates and dates of application on apricot (cv Bergeron) cropping and pitburn. *Scientia Horticulturae*, 98(2): 139–147. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00203-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00203-0)
- Butorac, A., Filipan, T., Basic, F., Butorac, J., Mesic, M., Kisic, I. (2002): Crop response to the application of special natural amendments based on zeolite tuff. *Rostlinná Výroba*, 48(3): 118–124. <https://doi.org/10.17221/4210-PSE>
- Calvert, D.V., Smith, R. C. (1972): Correction of potassium deficiency of citrus with potassium nitrate sprays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20(3):659–661.
- Calvo, G., Gomila, T., Barnes, N.E., Candan, A.P., Aragon, J. (2010): Manejo de poscosecha. In Pera Williams. Manual para el productor y el empacador. Impreso por Erregé y asociados, Buenos Aires, Argentina, pp. 126–138.
- Campeanu, G., Gabriela, N., Darjanschi, G. (2009): Chemical composition of the fruits of several apple cultivars growth as biological crop. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2): 161–264. <https://doi.org/10.15835/nbha3723465>
- Caspari, H.W., Behboudian, M.H., Chalmers, D.J. (1994): Water use, growth, and fruit yield of 'Hosui' Asian pears under deficit irrigation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(3): 383–388. <https://doi.org/10.21273/JASHS.119.3.383>
- Castle, W.S. (1995): Rootstock as a fruit quality factor in citrus and deciduous tree crops. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 23(4): 383–394. <https://doi.org/10.1080/01140671.1995.9513914>
- Castro, H.R., Rodriguez, R.O. (2002): The behaviour of quince selections as pear rootstocks for 'Abate Fetel' and 'Conference' pear cultivars in the Rio Negro valley, Argentina. *Acta Horticulturae*, 596(2): 363–368. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.596.56>
- Chaplin, M.H., Westwood, M.N. (1980): Nutritional status of Bartlett pear on *Cydonia* and *Pyrus* species rootstocks. *Journal of American Society and Horticultural Science*, 105(1): 60–63. <https://doi.org/10.21273/JASHS.105.1.60>
- Chatzitheodorou, I.T., Sotiropoulos, T.E., Mouhtaridou, G. I. (2004): Effect of nitrogen, phosphorus, potassium fertilizers and manure on growth and productivity of the peach cultivars Springtime and Redhaven. *Horticultural Science*, 31(3): 88–92. <https://doi.org/10.17221/3798-HORTSCI>
- Chen, J. L., Yan, S. J. (2004): Changes in the volatile compounds and chemical and physical properties of Xinjiang Kuerle Fragrant pear (*Pyrus serotina*) during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(23): 8842–8847. <https://doi.org/10.1021/jf061089g>



- Chen, J., Wang, Z., Wu, J., Wang, Q., Hu, X. (2007): Chemical compositional characterization of eight pear cultivars grown in China. *Food Chemistry*, 104(1): 268–275. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.038>
- Christensen, L.P., Bianchi, M.L., Peacock, W., Hirschfeld, D. (1994): Effect of nitrogen fertilizer timing and rate on inorganic nitrogen status, fruit composition, and yield of grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 45: 376–387.
- Colaric, M., Stampar, F., Hudina, M. (2006): Changes in sugars and phenolics concentrations of Williams pear leaves during the growing season. *Canadian Journal of Plant Science*, 86(4): 1203–1208. <https://doi.org/10.4141/P05-195>
- Considine J., Brown K. (1981): Physical aspects of fruit growth—theoretical analysis of distribution of surface growth forces in fruit in relation to cracking and splitting. *Plant Physiology*, 68(2): 371–376. <https://doi.org/10.1104/pp.68.2.371>
- CQFS RS/SC - Commission of Chemistry and Soil Fertility (2004): *Manual of Fertilizing and Liming for the States of Rio Grande do Southl and Santa Catarina*. 10th Edition, Brazilian Society for Soil Science, London, 400 p.
- Crisosto, C.H., Johnson, R.S., DeJong, T., Day, K.R. (1997): Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. *HortScience*, 32(5): 820–823. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.32.5.820>
- Crisosto, C.H., Crisosto, G.M., Garner, D. (2005): Understanding tree fruit consumer acceptance. *Acta Horticulturae*, 682(3): 865–870.
- Cummings, G.A. (1973): The distribution of elements in “Elberta” peach tree tissues and the influence of potassium and magnesium fertilization. *Journal of American Society and Horticultural Sciences*, 98: 474–478.
- Daković, A., Tomašević-Čanović, M., Rottinghaus, E.G., Matijašević, S., Sekulić, Ž. (2007): Fumonisin B1 adsorption to octadecyldimethylbenzyl ammonium–modified clinoptilolite–rich zeolitic tuff. *Microporous and Mesoporous Materials*, 105(3): 285–290. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2007.03.037>
- Dar, A.M., Wani, A.J., Raina, K.S., Bhat, Y.M., Dar, A.M. (2012): Effect of available nutrients on yield and quality of pear fruit Bartlett in Kashmir Valley India. *Journal of Environmental Biology*, 33(6): 1011–1014.
- Dar, M.A., Wani, J.A., Raina, S.K., Bhat, M.Y., Malik, M.A. (2015): Relationship of leaf nutrient content with fruit yield and quality of pear. *Journal of Environmental Biology*, 3(36): 649–653.
- Daugherty, M.P., Briggs, C.J., Welter, S.C. (2007): Bottom-up and top-down control of pear psylla (*Cacopsylla pyricola*): Fertilization, plant quality, and the efficacy of the predator *Anthocoris nemoralis*. *Biological control*, New York. 43(3): 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.09.001>
- Demirsoy, H., Demirsoy, L. (2003): A validated leaf area prediction model for some cherry cultivars in Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 35(3): 361–367.
- Doyon, G., Gaudreau, G., St-Gelais, D., Beaulieu, Y., Randall, C.J. (1991): Simultaneous HPLC determination of organic acids, sugars and alcohols. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 24(1–2): 87–94. [https://doi.org/10.1016/S0315-5463\(91\)70025-4](https://doi.org/10.1016/S0315-5463(91)70025-4)
- Ebert, G. (2009): *Fertilizing for high yield and quality: Pome and stone fruits of the temperate zone*. IPI Bulletin No. 19, Imprimerie de Saint-Louis, France.

- Egan, H., Kirk, R., Sawyer, R. (1981): The Luff Schoorl method. Sugars and preserves. In: Pearson's Chemical Analysis of Foods. 8th edition, Longman Scient & Tech, Harlow, UK, pp. 152–153.
- Eissa, F.M., Fathi, M.A., El-Shall, S.A. (2007): The role of humic acid and rootstock in enhancing salt tolerance of 'Le Conte' pear seedlings. Journal of Agricultural Sciences Mansoura University, 32 (5): 3651 – 3666. <https://doi.org/10.21608/jpp.2007.208152>
- El-Morshedy, F.A. (1997): Organic manure and sulphur interaction influence vegetative growth and element concentration of sour orange seedlings. Journal of Agricultural Sciences Mansoura University, 22(12): 4599–4616.
- Elkins, R.B., De Jong, T.M. (2002): Effect of training system and rootstock on growth and productivity of Golden Russet Bosc's pear trees. Acta Horticulturae 596(2): 603–607. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.596.104>
- Ernani, P.R., Rogeri, D.A., Proenca, M.M., Dias, J. (2008): Addition of nitrogen had no effect on yield and quality of apples in a high density orchard carrying a dwarf rootstock. Revista Brasileira de Fruticultura, 30(4): 1113–1118. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000400044>
- Fallahi, E., Fallahi, B., Neilsen, G.H., Neilsen, D., Peryea, F.J. (2010): Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples. Acta Horticulturae, 868(1): 49–60. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.868.3>
- Fan, D.M., Fan, K., Yu, C.P., Lu, Y.T., Wang, X.C. (2017): Tea polyphenols dominate the short-term tea (*Camellia sinensis*) leaf litter decomposition. Journal of Zhejiang University–Science B, 18: 99–108. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1600044>
- FAOSTAT (2023): FAO Statistics Division. Available from <http://faostat.fao.org>
- Farooqui, K.D., Happa, R.K. (1990): Evaluation of pear cultivars (*Pyrus communis* Linne) in Kashmir. Progressive Horticulture, 20: 263–268.
- Fathy, M. A., Gabr, M. A., El -Shall, S. A. (2010): Effect of humic acid treatments on 'Canino' apricot growth, yield and fruit quality. New York Science Journal 3 (12): 109–115.
- Faust, M. (1989): Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley & Sons, New York, p. 338.
- Fawzi, M.I.F., Shahin, F.M., Elham, A. Daood, Kandil, E.A. (2010): Effect of organic and biofertilizers and magnesium sulphate on growth yield, chemical composition and fruitquality of "Le-Conte" pear trees. Nature and Science, 8(12): 273–280.
- Fawzia-Eissa, M., Faith M. A., El-Shall, S. A. (2007): The role of humic acid and rootstock in enhancing salt tolerance of "Le-Conte" pear seedlings. Journal of Agricultural Sciences Mansoura University, 32(5): 3651– 3666.
- Fioravanco, J.C., Czermainski, A.B.C., de Oliveira, P.R.D. (2016): Yield efficiency for nine apple cultivars grafted on two rootstocks. Ciência Rural, 46(10): 1701–1706. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141754>
- Fisher, R. (1953): Dispersion on a sphere. In Proceedings of the royal society of London A: selected wild Mediterranean fruits and comparative efficacy as inhibitors of oxidative reactions in emulsified raw pork burger patties. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(15): 8854–8861.
- Floegel, A., Kim, D.O., Chung, S.J., Koo, S.I., Chun, O.K. (2011): Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. Journal

- of Food Composition and Analysis, 24(7): 1043–1048.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.008>
- Fridrich, G., Neumann, D., Vogl, M. (1986): Physiology der Obstgenholze. Akademie-Verlag, Berlin.
- Galvis Sánchez, A.C., Gil-Izquierdo, A., Gil, M.I. (2003): Comparative study of six pear cultivars in terms of their phenolic and vitamin C contents and antioxidant capacity. Journal of the Science of Food and Agriculture, 83(10): 995–1003.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.1436>
- Ganeshamurthy, A.N., Satisha, G.C., Patil, P. (2011): Potassium nutrition on yield and quality of fruit crops with special emphasis on banana and grapes. The Journal of Agricultural Science, 24(1): 29–38.
- Ganzhara, N.F. (1998): Humus, soil properties and yield. Eurasian Soil Science, 31: 738–745.
- Genard, M., Souty, M., Reich, M., Laurent, R. (1996): Modelling the carbon use for sugar accumulation and synthesis in peach fruit. Acta Horticulturae, 416(1): 121–128.  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.416.14>
- Giacobbo, C.L. (2008): The growth characteristics of pear trees of the cultivar ‘Packham’s Triumph’ on different rootstocks in the Pelotas Region, RS, Brazil. Acta Horticulturae, 800(2): 639–640. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.800.85>
- Gill, P. P., Ganaie, M. Y., Dhillon, W. S., Singh, N. P. (2012): Effect of foliar sprays of potassium on fruit size and quality of ‘Patharnakh’ pear. Indian Journal of Horticulture, 69(4): 512–516.
- Gill, P.P.S., Kaur, S., Singh, N.P. (2017): Effect of N and K fertilizers on growth, yield and quality of pear (*Pyrus pyrifolia*). Journal of Horticultural Science, 12(1): 49–53.  
<https://doi.org/10.24154/jhs.v12i1.69>
- Glišić I. (2004): Uticaj organo-mineralnih đubriva i agrozela na vegetativni rast i rodnost kupine, 1-67, Agronomski fakultet.
- Gobara, A.A. (1998): Response of Le-Conte pear tree applications of some nutrients. Egyptian Journal of Horticulture, 25: 55–70.
- Gomes, V.M., R.M. Souza, F.M. Correa, Dolinski, C. (2010): Management of meloidogyne mayaguensis in commercial guava orchards with chemical fertilization and organic amendments. Nematologia Brasileira, 34(1): 23–30.
- Gonçalves, B., Moutinho-Pereira, J., Santos, A., Silva, A.P., Bacelar, E., Correia, C., Rosa, E. (2006): Scion–rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry. Tree Physiology, 26(1): 93–104. <https://doi.org/10.1093/treephys/26.1.93>
- Gurel, S., Basar, H. (2016): Effects of applications of boron with iron and zinc on the contents of pear trees. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 44(1): 125–132. <https://doi.org/10.15835/nbha4419896>
- Гвозденовић, Д. (1998): Јабука. Пољопривредни факултет, Нови Сад.
- Gvozdenović, D. (2007): Gusta sadnja jabuke, kruške i dunje: integralni concept. Prometej, Novi Sad, str. 320.
- Hansen, N.C., Hopkins, B.G., Ellsworth, J.W., Jolley, V.D. (2006): Iron nutrition in field crops. In: Barton, L.L., Abadía, J. (Eds.), Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms Springer, Dordrecht, pp. 23–59. <https://doi.org/10.1007/1-4020-4743-6>
- Hernández-Fuentes, A.D., Colinas, M.T.L., Cortes, J.F., Saucedo, C.V., Sánchez, P.G., Alcázar, J.R. (2002): Effect of fertilisation and storage conditions on postharvest quality of

- Zacatecas-type peach (*Prunus persica*/L./Batsch). *Acta Horticulturae*, 594(1): 507–515. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.66>
- Huber, D.M., Thompson, L.A. (2007): Nitrogen and plant disease. In: Datnoff, L.E., Elmer, W.H., Huber, D.M. (Eds.), *Mineral nutrition and plant disease*. Washington. The American Phytopathological Society Press, pp. 31–44.
- Hudina, M., Štampar, F. (1998): Saisonale Veränderungen von Zucker und organischen Säuren bei Birnen (*Pyrus communis* L.) cv. 'Williams Christbirne'. In: Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungsmittel) e. V., XXXIII Vortragsstagung, 23–24 März, 1998, Dresden, pp. 191–196.
- Hudina, M., Štampar, F. (1999): Influence of foliar fertilization on quality of pear (*Pyrus communis* L.) cv. 'Williams'. In: Anac, D., Martin-Prevel, P. (Eds.), *Improved crop quality by nutrient management*. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, pp. 87–90.
- Hudina, M., Štampar, F. (2000): Free sugar and sorbitol content in pear (*Pyrus communis* L.) cv. 'Williams' during fruit development using different treatments. *Acta Horticulturae*, 514(1): 269–273. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.514.32>
- Hudina, M., Štampar, F. (2000a): Influence of water regimes and mineral contents in soil upon the contents of minerals, sugars and organic acids in pear fruits (*Pyrus communis* L.) cv. 'Williams'. *Phyton*, 40(4): 91–96.
- Hudina, M., Štampar, F. (2002): Influence of leaf area on the sugar and organic acid content in pear (*Pyrus communis*) fruits cultivar 'Williams'. *Acta Horticulturae* 596(2): 749–752. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.596.128>
- Hudina, M., Štampar, F. (2005): The correlation of the pear (*Pyrus communis* L.) cv. 'Williams' yield quality to the foliar nutrition and water regime. *Acta Agriculturae Slovenica*, 85(2): 179 – 185.
- Hussain, I., Haq, I., Hussain, A., Rehman, N. (1997): NPK affects pear yield. *Sarhad Journal of Agriculture (Pakistan)*, 5(13): 459–461.
- Ikinci, A., Bolat, I., Ercisli, S., Kodad, O. (2014): Influence of rootstocks on growth, yield, fruit quality and leaf mineral element contents of pear cv. 'Santa Maria' in semi-arid conditions. *Biological Research*, 47: 71. <https://doi.org/10.1186/0717-6287-47-71>
- Ilić, R. (2014): Bujnost stabla, prinosi i kvalitet ploda šljive (*Prunus domestica* L.) u zavisnosti od podloge. *Матреп рад, Agronomski fakultet, Čačak*, стр. 52.
- Iliev, I., Popov, S., Angelov, T., Džuvinov, V. (1984): *Malka pomologija I. Semkovi ovošni vidove. „Hristo G. Danov“*, Plovdiv, Bugarska.
- Ivović, P., Martinović, Lj., Marković, N., Stevanović, D. (1980): Uticaj dugogodišnje primene mineralnih đubriva na neke osobine zemljišta, Simpozijum CIEC-a, Bengazi, Libija.
- Јанковић, Р. (1994): Утицај различитих количина NPK хранива на родност крушке Вилијамовке и Боскове бочице, Воћарство, Чачак, 28: 107–108.
- Jaynes, D. B., Colvin, T. S., Karlen, D. L., Cambardella, C. A., Meek, D. W. (2001): Nitrate loss in subsurface drainage as affected by nitrogen fertilizer rate. *Journal of Environmental Quality* 30(4): 1305–1314. <https://doi.org/10.2134/jeq2001.3041305x>
- Jeffree, C.E. (1996): Structure and ontogeny of plant cuticles, In: *Plant Cuticles*, (Ed. G. Kerstiens), BIOS Scientific Publisher, Oxford, England.
- Jeyabaskaran, K.J., Pandey, S.D. (2008): Effect of foliar spray of micronutrients in banana under high soil pH condition. *Indian Journal of Horticulture*, 65(1): 102–105.
- Jiménez, S., Garín, A., Gogorcena, Y., Betrán, J.A., Moreno, M.A. (2004): Flower and foliar analysis for prognosis of sweet cherry nutrition: influence of different rootstocks.

- Journal of Plant Nutrition 27(4): 701–712. <https://doi.org/10.1081/PLN-120030376>
- Jivan, C., Sala, F. (2014): Relationship between tree nutritional status and apple quality. Horticultural Science, 41(1): 1–9. <https://doi.org/10.17221/152/2013-HORTSCI>
- Johnson, R.S., Uriu, K. (1989): Peach, plum and nectarine: Growing and handling for fresh market. In: Larue, J., Johnson, R.S. (Eds.) Mineral Nutrition. University of California, Division of Agriculture Resource, Oakland, CA, pp. 68–81.
- Johson, F., Allmendinger, D. F., Miller, V. L., Polley, D. (1955): Fall application of boron sprays as a control for blossom blast and twig dieback of pears. Phytopathology 2: 110.
- Jones, W.W., Parker, E.R. (1949): Effects of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilizers and of Organic Materials on the Composition of Washington Navel Orange Juice. Proceedings of American Society for Horticultural Science, 53: 91–102.
- Jordão, P.V., Calouro, F., Duarte, L. (2008): Nitrogen and boron fertilization of pear orchards of the portuguese cultivar 'rocha'. ISHS Acta Horticulturae 800: X International Pear Symposium. 800(2): 555-560. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.800.73>
- Jovanović, M., Milošević, T., Milošević, N., Ercišli, S., Glišić, I., Paunović, G., Ilić, R. (2022): Tree Growth, Productivity, and Fruit Quality Attributes of Pear Grown Under a High-Density Planting System on Heavy Soil. A Case Study. Erwerbs-Obstbau. <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00671-0>
- Kabas, O., Ozmerzi, A. Akinci, I. (2006): Physical properties of cactus pear (*Opuntia ficus india* L.) grown wild in Turkey. Journal of Food Engineering, 73(2): 198–202. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.01.016>
- Kader, A.A. (1999): Fruit maturity, ripening, and quality relationship. Acta Horticulturae, 485(1): 203–208. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.485.27>
- Kafkas, E., Koşar, M., Türemiş, N., Başer, K.H.C. (2006): Analysis of sugars, organic acids and vitamin C contents of blackberry genotypes from Turkey. Food Chemistry, 97(4): 732–736. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.023>
- Kähkönen, M.P., Hopia, A., Heinonen, M. (2001): Berry phenolics and their antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(8): 4076–4082. <https://doi.org/10.1021/jf010152t>
- Kapoulas, N., Koukounaras, A., Ilić, Z.S. (2017): Nutritional quality of lettuce and onion as companion plants from organic and conventional production in north Greece. Scientia Horticulturae, 219: 310–318.
- Kappel, F., Fisher–Fleming, R., Hogue, E.J. (1995): Ideal pear sensory attributes and fruit characteristics. Horticultural Science, 30(5): 988–993.
- Karadeniz, T., Sen, S.M. (1990): Morphological and pomological properties of pears grown in Tirebolu and vicinity. Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences, 1: 152–165.
- Kaska, N. (2006): Orchard management in apricots. Acta Horticulturae, 717(1): 287–294. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.717.58>
- Katalinić, V. (2006): Kemija mediteranskog voća i tehnologija prerade. Skripta Kemijsko-tehnološkog fakultet u Splitu, I dio, Smjer KTMK, pp. 15–20.
- Kaur, C., Kapoor, H.C. (2002): Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. International Journal of Food Science & Technology, 37: 153–161. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00552.x>

- Kawamura, T. (2000): Relationship between skin color and maturity of Japanese pear 'Housui'. Japanese Journal of Farm Work Research, 35(1): 33–38. <https://doi.org/10.4035/JSFWR.35.33>
- Khan, S., Sharma, J.R. (2018): Effect of organic manure and nitrogen on pear: A review. International Journal of Chemical Studies, 6(4): 140–143. <https://doi.org/10.9734/IJECC/2022/v12i1131097>
- Kienholz, J.R. (1942): Boron deficiency in pear trees. Phytopathology, 32: 1082–1086.
- Kilili, A.V., Behboudian, M.H., Mills, T.M. (1996): Composition of quality of „Braeburn“ apples under reduced irrigation. Scientia Horticulturae, 67: 1–11.
- Kiprijanovski, M., Ristevski, B. (2009): Biological and pomological characteristics of some pear varieties in Republic of Macedonia. Agriculturae Conspectus Scientificus, 74(2): 123–126.
- Koksal, A. I., Dumanoglu, H., Gunes, N. T., Aktas, M. (1999): The effects of different amino acid chelate foliar fertilizers on yield, fruit quality, shoot growth and Fe, Zn, Cu, Mn content of leaves in Williams's pear cultivar (*Pyrus communis* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(6): 651–658.
- Kolećevski, R., Ristevski, B., Kiprijanovski, M. (1995): Vlijanje na dlabocinata na sadenje vrz porastot i prinosot na krusite. Proceeding of papers from meeting „Faculty farms“ 95, Agricultural Faculty, Skopje, 3: 97–102.
- Kolniak–Ostek, J., Oszmian'ski, J. (2015): Characterization of phenolic compounds in different anatomical pear (*Pyrus communis* L.) parts by ultra–performance liquid chromatography photodiode detector–quadrupole/time of flight–mass spectrometry (UPLC–PDA–Q/TOF–MS). International Journal of Mass Spectrometry, 392: 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2015.10.004>
- Kolniak–Ostek, J. (2016): Chemical composition and antioxidant capacity of different anatomical parts of pear (*Pyrus communis* L.). Food Chemistry, 203(2016): 491–497. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.103>
- Komes, D., Gani, K.K. (2010): Flavors of dried pears. In: Hui, Y.H. (Ed.), Handbook of Fruit and Vegetable Flavors. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, pp. 557–571.
- Kozlowski, T. T., Pallardy, S. G. (1997): Physiology of woody plants. 2<sup>nd</sup> ed. Academic press, San Diego, CA. p. 411.
- Kremenović, G. (1996): Opšte voćarstvo. Glas srpski, Banja Luka.
- Kumar, R., Srivastava, R.P., Singh, A.K., Bana, D.S. (1977): Use of linear measurement in the estimation of leaf area of some apricot, peach, plum, pear and guava varieties. Indian Journal of Horticulture, 34: 229–236.
- Kumar, J., Chandel, J. S. (2004): Effect of different levels of N, P and K on growth and yield of pear cv. Red Bartlett. Progressive Horticulture, 36(2): 202–206.
- Kumar, M., Rai, P.N., Sah, H., Pratibha. (2013): Effect of biofertilizers on growth, yield and fruit quality in lowchill pear cv. Gola. Agriculture Science Digest, 33(2): 114–117.
- Kumar, P., Sharma, S. K., Kumar, A. (2017): Foliar nutritive fluids affect generative potential of apples: multiplication DOP indexing and PCA studies under dry temperate agro-climatic conditions of north–west Himalaya. Scientia Horticulturae, 218: 265–274. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.029>
- Laitinen, M., Julkunen–Tiitto, R., Rousi, M. (2000): Variation in phenolic compounds within a birch (*Betula pendula*) population. Journal of Chemical Ecology, 26: 1609–1622. <https://doi.org/10.1023/A:1005582611863>

- Lalatta F. (1975): La concimazione delle piante da frutto. Tamburini, Milano, pp. 15–130.
- Lauri, P.É., Maguylo, K., Trottier, C. (2006): Architecture and size relations: an essay on the apple (*Malus domestica*, Rosaceae) tree. *American Journal of Botany*, 93: 357–368.
- Lavatta, F., Marro, M., Sansavini, S. (1978): La fertilita nel melo e nel pero. *Atti seminario sulla: "Fertilita delle piante da frutto"*, Bologna, 15/12.
- Lee, S.H., Kim, W.S., Kim, K.Y., Kim, T.W., Whuangbo, H., Jung, W.J., Jung, S.J. (2003): Effect of chitin compost incorporated with chitinolytic bacteria and rice bran on chemical properties and microbial community in pear orchard soil. *Journal of Korean Society of Horticultural Science*, 44: 201–206.
- Lee, K.S., Kader, A.A. (2020): Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20(3): 207–220. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00133-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00133-2)
- Leece, D.R., van den Ende, B. (1975): Diagnostic leaf analysis for stone fruit. 6. Apricot. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15(72): 123–128. <https://doi.org/10.1071/EA9750123>
- Lepsis, J., Lepse, L., Kviklys, D., Univer, N. (2013): Evaluation of pear rootstock for the cultivar 'Suvenirs' in the Baltic region. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 67(2): 145–150. <https://doi.org/10.2478/prolas-2013-0022>
- Lester, G.E., Jifon, J.L., Makus, D.J. (2010): Impact of potassium nutrition on food quality of fruits and vegetables: A condensed and concise review of the literature. *Better Crops*, 94(1): 18–21.
- Li, X., Zhang, J.Y., Gao, W.G., Wang, Y., Wang, H.J., Cao, J.G., Huang, L.Q. (2012): Chemical Composition and Anti-inflammatory and Antioxidant Activities of Eight Pear Cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (35): 8738–8744. <https://doi.org/10.1021/jf303235h>
- Li, X., Wang, T., Zhou, B., Gao, W., Cao, J., & Huang, L. (2014): Chemical composition and antioxidant and antiinflammatory potential of peels and flesh from 10 different pear varieties (*Pyrus* spp.) *Food Chemistry*, 152: 531–538. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.010>
- Liaudanskas, M., Zymon, K., Viškelis, J., Klevinskas, A., Janulis, V. (2017): Determination of the phenolic composition and antioxidant activity of pear extracts. *Journal of Chemistry*, 2017: 7856521. <https://doi.org/10.1155/2017/7856521>
- Lin, L.Z., Harnly, J.M. (2008): Phenolic compounds and chromatographic profiles of pear skins (*Pyrus* spp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(19): 9094–9101. <https://doi.org/10.1021/jf8013487>
- Liu, X., Chen, Q., Wang, B., Zhang, B., Li, J., Chen, L. (2013): Influences of different ratios of nitrogen supplied from manure and mineral fertilizers on 'Nanguo' pear growth and soil nutrient accumulation. *Acta Horticulturae*, 984(1): 257–262. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.984.29>
- Maas, F.M. (2007): Dynamics of fruit growth in 'Conference' pear as affected by root pruning, irrigation and climatic conditions. *Acta Horticulturae*, 732(1): 555–563. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.732.83>
- Maduako, J.N., Faborode, M.O. (1990): Some physical properties of cocoa pods in relation to primary processing. *IFE Journal of Technology*, 2: 1–7.

- Mahammad, M.U., Kamba, A. S., Abubakar, L., Bagna, E.A. (2010): Nutritional composition of pear fruits (*Pyrus communis*). African Journal of Food Science and Technology, 1(3): 76–81.
- Makkumrai, W., Anthon, G.E., Sivertsen, H., Ebeler, S.E., Negre-Zakharov, F., Barrett, D., Mitcham, E. (2014): Effect of ethylene and temperature conditioning on sensory attributes and chemical composition of 'Bartlett' pears. Postharvest Biology and Technology, 97: 44–61. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.06.001>
- Mamgain, S., Verma, H.S., Kumar, J. (1998): Relationship between fruit yield and foliar nutrient status of apple. Indian Journal of Horticulture, 55(3): 226–231.
- Mansour, A.E.M. (1998): Response of Anna apples to some biofertilizers. Egyptian Journal of Horticulture, 25(2): 241–251.
- Mansour, A.E.M., Ahmed, F.F., Shaaban, E.A., Fouad A. (2008): The beneficial effects of using citric acid with some nutrients for improving productivity of LE-Conte pear trees. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 4: 245–250.
- Marcelle, R.D. (1995): Mineral nutrition and fruit quality. Acta Horticulturae, 383(1): 219–226. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.383.22>
- Marini, R.P. (2009): Growing pears in Virginia. Virginia Cooperative Extension, 1–9.
- Markham, K.R., Ryan, K.G., Bloor, S.J., Mitchell, K.A. (1998): An increase in luteolin–apigenin ratio in *Marchantia polymorpha* on UV-B enhancement. Phytochemistry, 48(5): 791–794. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(97\)00875-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(97)00875-3)
- Marschner, H. (1995): Mineral nutrition of higher plants. 2<sup>nd</sup> (eds.). Academic press, London, pp 889. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0155>
- Martín, P., Delgado, R., González, M.R., Gallegos, J.I. (2004): Colour of 'Tempranillo' grapes as affected by different nitrogen and potassium fertilization rates. Acta Horticulturae, 652(1): 153–159. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.652.18>
- Medeiros, C.H., Ribeiro, L.V., Custodio, T., Morselli, T., Sedrez, F. (2016): Substratos alternativos para a produção de mudas de alface. Revista Científica Rural, 18(1): 100–107.
- Mengel, K., Kirkby, E.A., Kosegarten, H., Appel, T. (2001): Principles of Plant Nutrition. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands, 5th ed.
- Milić, B., Đilas, S., Čanadanović-Brunet, J., Sakač, M. (2000): Biljni polifenoli. Matica srpska, Novi Sad.
- Miljković, J. (1991): Suvremeno voćarstvo. Nakladni zavod „Znanje“, Zagreb.
- Милошевић, Т. (1997): Специјално воћарство. Агрономски факултет и Заједница за воће и поврће, Чачак-Београд.
- Milosevic, T., Glisic, I., Milosevic, N. (2009): Dense planting effect on the productive capacity of some plum cultivars. Acta Horticulturae, 825(1): 485–490. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.825.77>
- Milosevic, T., Milosevic, N. (2009): The effect of zeolite, organic and inorganic fertilizers on soil chemical properties, growth and biomass yield of apple trees. Plant, Soil and Environment, 55(12): 528–535. <https://doi.org/10.17221/107/2009-PSE>
- Milošević, T., Milošević, N. (2011a): Influence of cultivar and rootstock on the early growth and syllepsis in nursery trees of pear (*Pyrus communis* L., Rosaceae). Brazilian Archives of Biology and Technology, 54(3): 451–456. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132011000300004>



- Milošević, T., Milošević, N. (2011b): Seasonal changes in micronutrients concentrations in leaves of apricot trees influenced by different interstocks. *Agrochimica*, 55(1): 1–14.
- Milošević, T., Milošević, N., Glišić, I. (2012): Changes of fruit size and fruit quality of sour cherry during ripening process. *Comptes Rendus de l 'Academie Bulgare des Sciences*, 65 (12): 1751–1758.
- Milošević, T., Milošević, N., Glišić, I., Bošković Rakočević, L., Milivojević, J. (2013a): Fertilization effect on trees and fruits characteristics and leaf nutrient status of apricots which are grown at Cacak region (Serbia). *Scientia Horticulturae*, 164: 112–123. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.028>
- Milošević, T., Milošević, N., Glišić, I. (2013b): Tree growth, yield, fruit quality attributes and leaf nutrient of 'Roxana' apricot as influenced by natural zeolite, organic and inorganic fertilizers. *Scientia Horticulturae*, 156: 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.04.002>
- Milošević, T., Milošević, N., Mašković, P. (2015): Do the Rootstocks Determine Tree Growth, Productivity and Fruit Quality of Pears, which Grow on Typical Heavy and Acidic Soil? *Erwerbs-Obstbau*, 57:125–134. <https://doi.org/10.1007/s10341-015-0239-5>
- Milošević, T., Milošević, N. (2016): Estimation of nutrient status in pear using leaf mineral composition and deviation from optimum percentage index. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 15(5): 45–55.
- Milošević, T., Milošević, N. (2019): Soil fertility: Plant nutrition vis-à-vis fruit yield and quality of stone fruits. In: Sirvastava A.K., Chengxiao H. (Eds.), *Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints*. Elsevier Inc., pp. 583–605.
- Milošević, T., Milošević, N., Mladenović, J. (2019): Tree vigor, yield, fruit quality, and antioxidant capacity of apple (*Malus × domestica* Borkh.) influenced by different fertilization regimes: preliminary results. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43: 48–57. <https://doi.org/10.3906/tar-1803-109>
- Milošević, T., Milošević, N., Glišić, I. (2021): Early tree performances, precocity and fruit quality attributes of newly introduced apricot cultivars grown under western Serbian conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(6):819–833. <https://doi.org/10.3906/tar-2010-39>
- Mirabdulbaghi, M. (2014): Investigations on determination of nutritional status of pear trees according to and new index – Deviation from Optimum Percentage (DOP). *Cercetări Agronomice în Moldova*, 47(4): 83–98.
- Mohamed, S.M., Fayed, T.A., Ismail, A.F., Abdou, N.A. (2010): Growth, nutrient status and yield of le-conte pear trees as influenced by some organic and bio fertilizer rates compared with chemical fertilizer. *Egyptian Journal of Agricultural Sciences*, 61(1): 17–32. <https://doi.org/10.21608/ejarc.2010.215349>
- Mohsenin, N.N. (1986): *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Press, New York, USA.
- Montañes, L., Heras, L., Sanz, M. (1991): Deviation from optimum percentage (DOP). A new index for interpretation of plant analysis. *Anales Aula Dei*, 20: 93–107. (in Spanish)
- Morales, C.G., Pino, M.T., Del Pozo, A. (2013): Phenological and physiological responses to drought stress and subsequent rehydration cycles in two raspberry cultivars. *Scientia Horticulturae*, 162: 234–241. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.07.025>

- Moriguchi, T., Abe, K., Sanada, T., Yamaki, S. (1992): Levels and role of sucrose synthase, sucrosephosphate synthase, and acid invertase in sucrose accumulation in fruit of Asian pear. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117: 274–278.
- Mostafa, E.A.M., Abd el-Kader, A.A. (2006): Sulphur fertilization effects on growth, yield and fruit quality of Grand Nain banana cultivar. *Journal of Applied Sciences Research*, 2(8): 470–476.
- Mratinic, E., Popovski, B., Milosevic, T., Popovska, M. (2011): Postharvest chemical, sensorial and physical–mechanical properties of wild apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 3: 105–112. <https://doi.org/10.15835/nsb.3.4.6410>
- Mratinić, E. (2016): Kruška. Partenon, Beograd, drugo dopunjeno izdanje, 5–447.
- Naiema, M.S.M. (2008): Effect of foliar spraying with liquid fertilizer (Aminofert), some micronutrient and gibberellins on leaf mineral content, fruit set, yield and fruit quality of Le Conte pear trees. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 53(1): 63–71.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vianello, A. (2002): Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11): 1527–1536. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8)
- Neilsen, G.H., Neilsen, D., Herbert, L. S., Hogue, E.J. (2004): Response of apple to fertigation of N and K under conditions susceptible to the development of K deficiency. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(1): 26–31. <https://doi.org/10.21273/JASHS.129.1.0026>
- Nenadović – Mratinić, E., Milatović, D., Đurović, D. (2007): Biološke osobine letnjih sorti krušaka gajenih u beogradskom podunavlju. *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik*, 13(5): 11–17.
- Nijjar, G.S. (1990): *Nutrition of Fruit Trees*. 2 Edition, Kalyani Publishers, Ludhiana, India.
- Никетић-Алексић, Г. (1988): *Технологија воћа и поврћа*. ИРО Научна књига, Пољопривредни факултет, Београд, стр. 426.
- Nikolić, R., Glišić, I., Paunović, G., Zornić, B., Milošević, T. (2013): Vegetativni rast i fizičko-hemijske osobine ploda kruške (*Pyrus communis* ssp. *communis* L.). *Zbornik radova sa XVIII Savetovanja o biotehnologiji*, 15–16 Mart, 2013, Agronomski fakultet, Čačak, str. 273–280.
- Nile, S.H., Park, S.W. (2014): Edible berries: Bioactive components and their effect on human health, *Nutrition*, 30(2): 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.04.007>
- Niu, Z.M., Xu, X.F., Wang, Y., Li, T.Z., Kong, J., Han, Z.H. (2008): Effects of leaf-applied potassium, gibberellin and source–sink ratio on potassium absorption and distribution in grape fruits. *Scientia Horticulturae*, 115(2): 164–167. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.08.012>
- Nour, V., Trandafir, I., Ionica, M.E. (2010): Compositional characteristics of fruits of several apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38: 228–233. <https://doi.org/10.15835/nbha3834762>
- Nunak, N., Suesut T. (2007): Measuring geometric mean diameter of fruit and vegetable using computer vision. *PSU–UNS International Conference on Engineering and Environment – ICEE–2007*, Phuket, May 10–11, 2007, Prince of Songkla University, Faculty of Engineering, Hat Yai, Songkhla, Thailand, pp. 144–148.

- Okamoto, G., Jia, H., Kitamura, A., Hirano, K. (2001): Effect of different fertilizer application levels on texture of 'Hakuho' peach (*Prunus persica* Batsch). The Japanese Society for Horticultural Science, 70(5): 533–538. <https://doi.org/10.2503/jjshs.70.533>
- Olszewska, M. A., Michel, P. (2009): Antioxidant activity of inflorescences, leaves and fruits of three sorbus species in relation to their polyphenolic composition. Natural Product Research, 23(16): 1507–1521. <https://doi.org/10.1080/14786410802636177>.
- Omobuwajo, T.O., Akande, A.E., Sanni, L.A. (1999): Selected physical, mechanical and aerodynamic properties African breadfruit (*Treculia africana*) seeds. Journal of Food Engineering, 40(4): 241–244. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00060-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00060-6)
- Ordon Ez, A.A.L., Gomez, J.D., Vattuone, M.A., Isla, M.I. (2006): Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq.) Swart extracts. Food Chemistry, 97(3): 452–458. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.024>
- Ozturk, I., Ercisli, S., Kalkan, F., Demir, B. (2009): Some chemical and physico-mechanical properties of pear cultivars. African Journal of Biotechnology, 8(4): 687–693.
- Ozturk, I., Bastaban, S., Ercisli, S., Kalkan, F. (2010): Physical and chemical properties of three late ripening apple cultivars. Internatoanal Agrophysics, 24(4): 357–361.
- Pandey, K. B., Rizvi, S. I. (2009): Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2(5): 270–278. <https://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498>
- Parra-Coronado, A., Hernández, J.E., Camacho-Tamayo, J.H. (2006): Estudio de algunas propiedades físicas y fisiológicas precosecha de la pera variedad Triunfo de Viena. Revista Brasileira de Fruticultura, 28(1): 55–59. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000100017>
- Pattee, H.E., Teel, M.R. (1967): Influence of nitrogen and potassium on variation in content of malate, citrate and malanate in non-nodulating soybeans (*Glycine max*). Agronomy Journal, 59: 187–189. <https://doi.org/10.2134/agronj1967.00021962005900020020x>
- Пауновић, Г., Кулина, М. (2018): Опште воћарство - биологија и екологија воћака. Агронумски факултет у Чачку, стр. 9–221.
- Perazzoli, B.E., Pauletti, V., Quartieri, M., Toselli, M., Gotz, L.F. (2020): Changes in leaf nutrient content and quality of pear fruits by biofertilizer application in northeastern Italy. Revista Brasileira Fruticultura 42: e-530. <https://doi.org/10.1590/0100-29452020530>
- Peschel, S., Franke, R., Schreiber, L., Knoche, M. (2007): Composition of cuticle of developing sweet cherry fruit. Phytochemistry, 68(7): 1017–1025. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.01.008>
- Pickering, W. H., Menzies W. N., Hunter N. M. (2011): Zeolite/rock phosphate—a novel slow release phosphorus fertiliser for potted plant productio. School of Land and Food Sciences, 94(3-4): 333–343. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00006-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00006-7)
- Poblete, H., Ortega-Blu, R., Martínez, M. M., Fincheira, P. (2021): Integrated nutrient management as a sustainable strategy to recover a decayed Pear (*Pyrus communis*) orchard. Scientia Agropecuaria, 12(3): 319–327.
- Podlešáková, E., Kremer, J., Bičovský, K. (1967): Die Umtauschreaktion des Kaliums und Natriums am Bentonit von Braňany. Zeitschrift für Pflanzenernährung Bodenkunde, 116: 1–10. <https://doi.org/10.1002/jpln.19681210304>

- Polat, E., Karaca, M., Demir, H., Onus, N.A. (2004): Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 12: 183–189.
- Pole, V., Missa, I., Rubauskis, E., Kalva, E., Kalva, S. (2017): Effect of nitrogen fertiliser on growth and production of apples in the conditions of Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 71(3): 115–120. <https://doi.org/10.1515/prolas-2017-0020>
- Prasad, B., Dimri, D.C., Bora, L. (2015): Effect of pre-harvest foliar spray of calcium and potassium on fruit quality of pear cv. Pathernakh. *Scientific Research and Essays*, <https://doi.org/10.376-380.10.5897/SRE2015.6246>
- Predieri, S., Gatti, E. (2009): Effects of cold storage and shelf-life on sensory quality and consumer acceptance of 'Abate Fetel' pears. *Postharvest Biology and Technology*, 51(3): 342–348. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.09.006>
- Quartieri, M., Millard, P., Tagliavini, M. (2002): Storage and remobilization of nitrogen by pear (*Pyrus communis* L.) trees as affected by timing of N supply. *European Journal of Agronomy*, 17(2): 105–110. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(01\)00141-1](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(01)00141-1)
- Quartieri, M., Baldi, E., Sorrenti, G., Marcolini, G., Toselli, M. (2016): Effect of agro-industry by-product on soil fertility, tree performances and fruit quality in pear (*Pyrus communis* L.). *AIMS Agriculture and Food*, 1(1): 20–32. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2016.1.20>
- Raese, J.T. (1989): Physiological disorders and maladies of pear fruit. *Horticultura Reviews*, 11: 357–411. <https://doi.org/10.1002/9781118060841.ch9>
- Raese, J.T., Drake, S.R., Curry, E.A. (2007): Nitrogen fertilizers influences fruit quality, soil nutrients and cover crops, leaf colour and nitrogen content, biennial bearing and cold hardiness of Golden Delicious. *Journal of Plant Nutrition*, 30: 1585–1604. <https://doi.org/10.1080/01904160701615483>
- Rahman, M.H., Holmes, A.W., Mccurran, A.G., Saunders, S.J. (2011): Impact of management systems on soil properties and their relationships to kiwifruit quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42: 332–357. <https://doi.org/10.1080/00103624.2011.538884>
- Rathi, D. S., Bist, L. D. (2004): Inorganic fertilization through the use of organic supplements in lowchill pear cv. Pant Pear–18. *Indian Journal of Horticulture*, 61(3): 223–225.
- Rathore, D.S. (1991): Pears. In: Mitra, K.S, Bose, T.K., Rathore, D.S. (Eds.), *Temperate Fruits*. Horticultural and Allied Publishers, Kolkata, pp. 123–178.
- Raudone, L., Raudonis, R., Liaudanskas, M., Janulis, V., Viskelis, P. (2017): Phenolic antioxidant profiles in the whole fruit, flesh and peel of apple cultivars grown in Lithuania, *Scientia Horticulturae*, 216: 186–192.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Evans, C.R. (1999): Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26: 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3)
- Reháková, M., Čuvanová, S., Dzivák, M., Rimár, J., Gaval'ová, Z. (2004): Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 8(6): 397–404. <https://doi.org/10.1016/j.cossms.2005.04.004>
- Reuveni, M., Harpaz, M., Reuveni, R. (1998): Integrated control of powdery mildew on apple trees by foliar sprays of mono-potassium phosphate fertilizer and sterol inhibiting

- fungicides and the strobilurin Kresoxim-methyl. *European Journal of Plant Pathology*, 104: 853–860.
- Rikovski I., Džamić M., Rajković M. (1989): *Praktikum iz analitičke hemije*. Građevinska knjiga, Beograd.
- Rivero, R., Ruiz, J., Garcia, P., Lopez-Lefebvre, L., Sanchez, E., Romero, L. (2001): Resistance to cold and heat stress: Accumulation of phenolic compounds in tomato and in watermelon plants. *Plant Science*, 160(2): 315–321. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(00\)00395-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(00)00395-2)
- Robinson, A.D. (1980): Principles and approaches used in plant analysis. In: *Proceedings of National Workshop on Plant Analysis Report*, pp. 1–7.
- Robinson, T.L. (2011): High density pear production with *Pyrus communis* rootstocks. *Acta Horticulturae*, 909(2): 259–269. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.909.28>
- Rouphael, Y., Mouneimne, A.H., Rivera, C.M., Cardarelli, M., Marucci, A., Colla, G. (2010): Allometric models for non-destructive leaf area estimation in grafted and ungrafted watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(1): 161–165.
- Ruehmann, S., Leser, C., Bannert, M., Treutter, D. (2002): Relationship between growth, secondary metabolism, and resistance of apple. *Plant Biology*, 4: 137–143. <https://doi.org/10.1055/s-2002-25727>
- Rufato, J., DeJong, T.M. (2001): Estimating seasonal nitrogen dynamics in peach trees in response to nitrogen availability. *Tree Physiology*, 21(15): 1133–1140. <https://doi.org/10.1093/treephys/21.15.1133>
- PX3C - Републички Хидрометеоролошки Завод Србије. Доступно на: <http://www.hidmet.gov.rs>
- Salem, A.T., Fayed, T.A., Hagagg, L.F., Mahdy, H.A., Eishall, S.A. (2010): Effect of rootstocks, organic matter and different nitrogen levels on growth and yield of Le-Cont pear trees. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 2(3): 130–147.
- Salta, J., Martins, A., Santos, R. G., Neng, N.R., Nogueira, J.M.F., Justino, J., Rauter, A.P. (2010): Phenolic composition and antioxidant activity of Rocha pear and other pear cultivars – A comparative study. *Journal of Functional Foods*, 2(2): 153–157. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2010.02.002>
- Sanchez-Alonso, F., Lachica, M. (1987): Seasonal trends in the elemental content of sweet cherry leaves. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 18: 17–29. <https://doi.org/10.1080/00103628709367800>
- Sanchez, E.E., Silva, G.M. (1994): Relationship between yield and leaf mineral content in pear orchards. *Acta Horticulturae*, 367(1): 309–309. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1994.367.45>
- Sánchez-Sánchez, A., Sánchez-Andreu, J., Juárez, M., Jordà, J. Bermúdez, D. (2006): Improvement of iron uptake in table grape by addition of humic substances. *Journal of Plant Nutrition*, 29(2): 259–272. <https://doi.org/10.1080/01904160500476087>
- Sanz, M., Montañés, L., Carrera, M. (1994): The possibility of using floral analysis to diagnose the nutritional status of pear trees. *Acta Horticulturae*, 367(1): 290–295. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1994.367.41>
- Satoh, K., Fujiwara, Y. (1962): Boron deficiency and its counter measures of Kikusui pear. *Agriculture and Horticulture*, 37: 1343–1344. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091765>

- Scandellari, F., Ventura, M., Gioacchini, P., Antisari, L.V., Tagliavini, M. (2010): Seasonal pattern of net nitrogen rhizodeposition from peach (*Prunus persica* L.) trees in soils with different textures. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 136(1–2): 162–168. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.12.017>
- Schmitzer, V., Slatnar, A., Mikulic–Petkovsek, M., Veberic, R., Krska, B., Stampar, F. (2011): Comparative study of primary and secondary metabolites in apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars. *Journal of Science and Food Agriculture*, 91: 860–866. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4257>
- Sha, S., Li, J., Wu, J., Zhang, S. (2011): Characteristics of organic acids in the fruit of different pear species. *African Journal of Agricultural Research*, 6(10): 2403–2410.
- Sharples, R.O. (1980): The influence of orchard nutrition on the storage quality of apples and pears grown in the United Kingdom. *Acta Horticulturae*, 92(1): 17–28. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1980.92.3>
- Shen, C., Ding, Y., Lei, X., Zhao, P., Wang, S., Xu, Y. Dong, C. (2016): Effects of Foliar Potassium Fertilization on Fruit Growth Rate, Potassium Accumulation, Yield, and Quality of ‘Kousui’ Japanese Pear. *HortTechnology*, 26(3): 270–277. <https://doi.org/10.21273/horttech.26.3.270>
- Shin, R. (2014): Strategies for improving potassium use efficiency in plants. *Molecules and Cells*, 37(8): 575–584. <https://doi.org/10.14348/molcells.2014.0141>
- Simovski, K., Risteovski, B. (1986): Opšto ovošarstvo. Naša knjiga, Skopje.
- Singleton, V.L., Rossi J.A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3): 144–158.
- Skupien, K., Oszimianski, J. (2007): The effect of mineral fertilization on nutritive value and biological activity of chokeberry fruit. *Agricultural and Food Science*, 16(11): 46–55. <https://doi.org/10.2137/145960607781635822>
- Song, X.H., Xie, K., Zhao, H.B., Li, Y.L., Dong, C.X., Xu, Y.C., Shen, Q.R. (2012): Effects of Different Organic Fertilizers on Tree Growth, Yield, Fruit Quality, and Soil Microorganisms in a Pear Orchard. *European Journal of Horticultural Science*, 77(5): 204–210.
- Sorrenti, G., Toselli, M., Marangoni, B. (2012): Use of compost to manage Fe nutrition of pear trees grown in calcareous soil. *Scientia Horticulturae*, 136: 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.12.033>
- Sosna, I., Szewczuk, A. (2006): The influence of maiden tree quality on growth and cropping of two pear cultivars in the orchard. *Latvian Journal of Agronomy*, 9: 152–155. <https://doi.org/10.1515/johr-2016-0023>
- Sosna, I., Kortylewska, D. (2012): Evaluation of several less known pear (*Pyrus communis* L.) cultivars in the climatic conditions of Lower Silesia. *Acta Agrobotanica*, 65(4): 157–162. <https://doi.org/10.5586/aa.2012.033>
- Southwick, S.M., Weis, K.G., Yeager, J.T. (1995): Controlling cropping in „Loadel“ cling peach using gibberellin: Effects on flower density, fruit distribution, fruit firmness, fruit thinning and yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120 (6): 1087–1095.
- Stančević, A. (1980): Kruška. Nolit, Beograd.

- Stanivuković, S., Pašalić, B., Đurić, G. (2013): Biohemijsko – fiziološke karakteristike ploda kruške u zavisnosti od položaja na stablu. *Agroznanje*, 14(4): 507–521  
<https://doi.org/10.7251/AGRSR1304507S>
- Stassen, P.J.C., North, M.S. (2005): Nutrient distribution and requirement of 'Forelle' pear trees on two rootstocks. *Acta Horticulturae*, 671(1): 493–500.  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.671.70>
- Stino, R.G., Mohsen, A.T., Maksound, M.A., El-Migeed, M.M.A., Gomaa, A.M., Ibrahim, A.Y. (2009): Bio-organic fertilisation and its impact on apricot young trees in newly reclaimed soil. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 6: 62–69.
- Stino, R.G., Mohesen, A.T., Yehia, M.M., El-Wahab, M.A. (2011): Enhancing the productivity and fruit quality of Le Conte pear via growth regulators, nutrients and amino acids. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 3(1): 65–74.
- Stojanov, D., Milošević, T., Mašković, M., Milošević, N., Glišić, I., Paunović, G. (2019): Influence of organic, organo-mineral and mineral fertilisers on cane traits, productivity and berry quality of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) *Scientia Horticulturae*, 252: 370–378. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.009>
- Sturm, K., Koron, D., Stampar, F. (2003): The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry*, 83(3): 417–422.  
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00124-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00124-9)
- Sun, J., Chu, Y.-F., Wu, X., Liu, R. H. (2002): Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25): 7449–7454.  
<https://doi.org/10.1021/jf0207530>
- Sun, T., Ho, C.T. (2005): Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chemistry*, 90(4): 743–749. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.035>
- Swanson, B. G. (2003): Tannins and polyphenols. in B. Caballero, L. C. Trugo, and P. M. Finglas, eds. *Encyclopedia of food sciences and nutrition*, 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press, London, UK. 5729–5733. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01178-0>
- Świerczyński, S., Stachowiak, A. (2010): Comparison of the growth of selected seedlings of rootstocks for peach and plum. *Nauka Przyroda Technologie*, 4(1): #2.
- Štampar, F., Hudina, M., Usenik, V., Sturm, K., Veberic, R., Veber, G. (2002): Experience with foliar nutrition in apple orchard. *Acta Horticulturae*, 594: 547–552.  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.72>
- Tewari, R.K., Kumar, P., Sharma, P.N. (2006): Magnesium deficiency induced oxidative stress and antioxidant responses in mulberry plants. *Scientia Horticulturae*, 108(1): 7–14.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.12.006>
- Titus, J.S., Kang, S.M. (1982): Nitrogen metabolism, translocation, and recycling in apple plants. *Horticultural Reviews*, 4: 204–246.  
<https://doi.org/10.1002/9781118060773.ch7>
- Tomić, J. (2015): Uticaj mikrobioloških i mineralnih đubriva na biološkoproizvodne osobine sorti jagode (*Fragaria ananassa* Duch.). Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd. str. 1–186.
- Torii, K. (1978): Utilization of natural zeolites in Japan. In: Sand L.B., Mumpton F.A. (eds): *Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Use*. Pergamon Press, Elmsford, New York, pp. 441–450.

- Treacy, M.J., Higgins, J.B. (2001): Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites, 4th Ed., Elsevier, Amsterdam.
- Treutter, D. (2001): Biosynthesis of phenolic compounds and its regulation in apple. *Plant Growth Regulation*, 34: 71–89. <https://doi.org/10.1023/A:1013378702940>
- Ubavić, M., Kastori, R., Marković, M., Oljača, R. (2001): Ishrana voćaka. Naučno voćarsko društvo Republike Srpske, Banja Luka, str. 181.
- Убавић, М., Богдановић, Д. (2001): Агрохемија. Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, стр. 260.
- Убавић, М., Ракочевећ Бошковић, Љ., Паиновић, Г. (2016): Исхрана воћака. Универзитет у Крагујевцу, Агрономски факултет у Чачку.
- Uckoо RM, Jayaprakasha GK, Patil BS (2015): Phytochemical analysis of organic and conventionally cultivated Meyer lemons (*Citrus meyeri* Tan.) during refrigerated storage. *Journal of Food Composition and Analysis* 42: 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.01.009>
- Urbina, V., Dalmases, J., Pascual, M., Dalmau, R. (2003): Performance of ‘Williams’ pear on five rootstocks. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78(2): 193–196. <https://doi.org/10.1080/14620316.2003.11511605>
- Vadivel, V., Janardhanam, K. (2005): “The wonder of pears” free diets. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60: 69–75.
- van den Ende, B., Leece, D.R. (1975): Leaf analysis of pear: development of standards and the nutritional status of orchards in the Goulburn Valley and Murrumbidgee irrigation areas. *Australian journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15 (72): 129–135. <https://doi.org/10.1071/EA9750129>
- Vangdal, E. (1985): Quality criteria for fruit for fresh consumption. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 35: 41–47.
- Vanneste, J.L., Cornich, D.A., Spinelli, F., Yu, J. (2004): Colonization of apple and pear leaves by different strains of biological control agents of fire blight. *New Zealand Plant Protection*, 57: 49–53. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2004.57.6888>
- Vaughan, D. (1978): Properties of natural zeolites. In: Sand, L., Mumpton, F. (Eds.), *Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Use*. Pergamon Press, New York, pp. 353–372.
- Veltman, R.H., Sanders, M.G., Persijn, S.T., Peppelenbos, H.W., Oosterhaven, J. (1999): Decreased ascorbic acid levels and brown core development in pears (*Pyrus communis* cv ‘Conference’). *Physiologia Plantarum*, 107: 39–45. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1999.100106.x>
- Vitanova, I., Dinkova, H., Dragojski, K., Dimkova, S. (2007): Biological characteristics of the growth and fruitfulness of the Bulgarian plum cultivar Gabrovska. *Voćarstvo*, 41: 37–40.
- Wang, C.Y. (1982): Pear fruit maturity, harvesting, storage and ripening. In: Zwet, T., Childers, N.F. (Eds.), *The pear*. Horticultural Publisher, Gainesville, 431–443. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33333.88807>
- Wang, S.Y., Lin, H.S. (2000): Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(2): 140–146. <https://doi.org/10.1021/jf9908345>
- Weichselbaum, E., Wyness, L., Stanner, S. (2010): Apple polyphenols and cardiovascular disease – a review of the evidence. *Nutrition Bulletin*, 35(2): 92–101. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2010.01822.x>



- Westwood, M. N., Lombard, P. B., BJORSTAND, H. O. (1976): Performance of Bartlett pear on standard and Old Home X Farmingdale clonal rootstocks. *Journal of The American Society For Horticultural Science*, 101(2):161–164.
- White, A.G., Alspach, P.A., Weskett, R.H., Brewer, L.R. (2000): Heritability of fruit shape in pear, *Euphytica*, 112: 1–7. <https://doi.org/10.1023/A:1003761118890>
- Widmer, A., Stadler, W., Krebs, C. (2006): Effect of foliar applications of urea and boron on *Malus domestica* and *Pyrus communis*. *Acta Horticulturae*, 721(1): 227–234. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.721.30>
- Williams, K.A., Nelson, P.V. (1997): Using precharged zeolite as a source of potassium and phosphate in a soilless container medium during potted Chrysanthemum production. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122(5): 703–708. <https://doi.org/10.21273/JASHS.122.5.703>
- Williams, D.J., Edwards, D., Pun, S., Chaliha, M., Burren B., Tinggi, U., Sultanbawa, Y. (2016): Organic acids in Kakadu plum (*Terminalia ferdinandiana*): The good (ellagic), the bad (oxalic) and the uncertain (ascorbic). *Food Research International*, 89: 237–244. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.004>
- Wociór, S., Wójcik, I., Palonka, S. (2011): The effect of foliar fertilisation on growth and yield of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) cv. Łutowka. *Acta Agrobotanica*, 64(1): 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.10.032>
- Wojcik, P., Wojcik, M., Klamkowski, K. (2008): Response of apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability. *Scientia Horticulturae*, 116(1): 58–64. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.10.032>
- Xie, K., Song, X.H., Dong, C.X., Xu, Y.C. (2013): Effects of different organic fertilizers on tree growth and soil property in Haunguan pear orchard. *Acta Metallurgica Sinica*, 26(1): 221–230.
- Yadav, A., Bist, L.D. (2003): Effect of nitrogen on shoot growth, flowering, fruiting and fruit quality in pear cv. Bagugosha. *Indian Journal of Horticulturae*, 60(1): 40–44. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108782>
- Yinghuan, X. Xiong B., Wang, Z., Qiu, X. (2018): Effects of Different Fertilization Methods on Growth and Fruit Quality of 'Aiganshui' Pear Tree Earth and Environmental Science 186(3): 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/186/3/012031>
- Zargar, M., Tumanyan, A., Ivanenko, E., Dronik, A., Tyutyuma, N., Pakina, E. (2019): Impact of foliar fertilization on apple and pear trees in reconciling productivity and alleviation of environmental concerns under arid conditions. *Communicative & Integrative Biology*, 12(1): 1–9. <https://doi.org/10.1080/19420889.2019.1565252>
- Zhao H., Dong J., Lu J., Chen J., Li Y., Shan L., Lin Y., Fan W., Gu G. (2006): Effects of Extraction Solvent Mixtures on Antioxidant Activity Evaluation and Their Extraction Capacity and Selectivity for Free Phenolic Compounds in Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54: 7277–7286, <https://doi.org/10.1021/jf061087w>. [10.1021/jf061087w](https://doi.org/10.1021/jf061087w)
- Zoppolo, R., Rodríguez, P., Uberti, A., Santana, A.S., Coniberti, A. and Cabrera, D. (2021): Influence of climatic factors on productivity of 'Williams' pear trees on different rootstocks. *Acta Horticulturae* 1303(1): 251–258. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1303.36>

## РАДМИЛА Р. ИЛИЋ – БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

Радмила Р. Илић је рођена 27.02.1990. у Сарајеву. Основну школу и Гимназију завршила је у Вишеграду одличним успехом.

У новембру, 2012. године дипломирала је на Агрономском факултету у Чачку - Универзитет у Крагујевцу, са просечном оценом 9,60 и стекла звање Дипломирани инжењер пољопривреде. У четвртој години академских студија била је стипендиста Фонда за младе таленте Републике Србије и Универзитета у Крагујевцу.

Мастер академске студије је уписала 2013. године, а завршни рад је одбранила 16. октобра, 2014. године стичући звање Мастер инжењер пољопривреде.

Докторске академске студије на Агрономском факултету у Чачку, уписала је школске 2014/2015. године. Положила је све испите са оствареном просечном оценом 9,78.

18. фебруара 2014. године засновала је радни однос на Агрономском факултету у Чачку као сарадник у настави на Катедри за Воћарство и Виноградарство. 2015. године изабрана је у звање Асистента.

2017/2018 била је учесник на пројекту код Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије под називом: "Унапређење трансфера знања ради добијања безбедних и конкурентних пољопривредних производа". 2018. године ангажована је, као студент докторских студија, на пројекту под називом „Стварање и очување генетичког потенцијала континенталних врста воћака“ код Министарства просвете, науке и технолошког развоја РС. Од 2023. године активни је учесник на COST међународном пројекту под називом „Fruit tree Crop REsponses to Water deficit and decision support Systems applications“.

На такмичењу за Најбољу технолошку иновацију 2023. године, са својим тимом је освојила прву награду у категорији Иновативно село.

Аутор је и коаутор 47 библиографских јединица, од чега 7 у категорији од M21 – M23. Служи се енглеским језиком. Удата је и мајка двоје деце.

**Образац 1**

**ИЗЈАВА АУТОРА О ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Изјављујем да докторска дисертација под насловом:

**„Раст стабла, продуктивност, квалитет плода и минерална композиција листа крушке (*Pyrus communis* L.) у зависности од врсте хранива“**

---

представља *оригинално ауторско дело* настало као резултат *сопственог истраживачког рада*.

Овом Изјавом такође потврђујем:

- да сам *једини аутор* наведене докторске дисертације,
- да у наведеној докторској дисертацији *нисам извршио/ла повреду ауторског нити другог права интелектуалне својине* других лица,

У Чачку, \_\_\_\_\_ године,

---

потпис аутора

**Образац 2**

**ИЗЈАВА АУТОРА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ  
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Изјављујем да су штампана и електронска верзија докторске дисертације под насловом:

**„Раст стабла, продуктивност, квалитет плода и минерална композиција листа  
крушке (*Pyrus communis* L.) у зависности од врсте хранива“**

---

истоветне.

У Чачку, \_\_\_\_\_ године,

---

потпис аутора

Образац 3

**ИЗЈАВА АУТОРА О ИСКОРИШЋАВАЊУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Ја, Радмила Р. Илић

дозвољавам

не дозвољавам

Универзитетској библиотеци у Крагујевцу да начини два трајна умножена примерка у електронској форми докторске дисертације под насловом:

**„Раст стабла, продуктивност, квалитет плода и минерална композиција листа крушке (*Pyrus communis* L.) у зависности од врсте хранива“**

и то у целини, као и да по један примерак тако умножене докторске дисертације учини трајнодоступним јавности путем дигиталног репозиторијума Универзитета у Крагујевцу и централног репозиторијума надлежног министарства, тако да припадници јавности могу начинити трајне умножене примерке у електронској форми наведене докторске дисертације путем *преузимања*.

Овом Изјавом такође

дозвољавам

не дозвољавам<sup>1</sup>

припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од следећих *Creative Commons* лиценци:

1) Ауторство

---

<sup>1</sup>Уколико аутор изабере да не дозволи припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци, то не искључује право припадника јавности да наведену докторску дисертацију користе у складу са одредбама Закона о ауторском и сродним правима.

- 2) Ауторство - делити под истим условима
- 3) Ауторство - без прерада
- 4) Ауторство - некомерцијално
- 5) Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима
- 6) Ауторство - некомерцијално - без прерада<sup>2</sup>

У Чачку, \_\_\_\_\_ године,

---

потпис аутора

---

<sup>2</sup> Молимо ауторе који су изабрали да дозволе припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци да заокруже једну од понуђених лиценци. Детаљан садржај наведених лиценци доступан је на: <http://creativecommons.org.rs/>