НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА

УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Београд - Земун

Датум: 02.11.2026.

Предмет: Извештај Комисије за оцену урађене докторске дисертације Софије Н. Килибарде мастер инжењера пољопривреде.

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду број 32/21-5.1. од 28.10.2026. године именована је Комисија за оцену урађене докторске дисертације под насловом: ***„Производне карактеристике, фитохемијски профил и антиоксидативна својства дивље руколе (Diplotaxis tenuifolia)“*** кандидаткиње Софије Н. Килибарде, мастер инжењера пољопривреде. На основу прегледа и анализе докторске дисертације Комисија у саставу: др Ђорђе Моравчевић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Александар Ж. Костић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Дејан Пљевљакушић, научни саветник Института за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“ у Београду, др Данијел Милинчић, виши научни сарадник Пољопривредног факултета Универзитета у Београду и др Ненад Павловић, ванредни професор Агрономског факултета у Чачку Универзитета у Крагујевцу, подноси следећи:

И З В Е Ш Т А Ј

1. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ И ДИСЕРТАЦИЈИ

1.1 Основни подаци о кандидату

Мастер инжењер пољопривреде Софија Килибарда рођена је 27.04.1993. године у Београду, где је завршила основну школу и Земунску гимназију. Основне и мастер академске студије завршила је на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, стекавши звања дипломирани инжењер пољопривреде и мастер инжењер пољопривреде. Докторске академске студије уписала је школске 2019/2020. године на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, студијски програм Пољопривредне науке, модул Ратарство и повртарство, на којима је остварила просечну оцену 10,00 (десет).

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду бр. 32/5-4.1. од 26.02.2025. године и одлуком Већа научних области биотехничких наука Универзитета у Београду бр. 61206-926/2-25 од 11.03.2025. године, одобрена јој је израда докторске дисертације под називом „*Производне карактеристике, фитохемијски профил и антиоксидативна својства дивље руколе (Diplotaxis tenuifolia)*”. За менторе су одређени

др Ђорђе Моравчевић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду (ментор 1) и др Александар Ж. Костић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду (ментор 2).

Током докторских академских студија била је корисник стипендије Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и стекла истраживачко звање истраживач-приправник. Као демонстратор била је ангажована у извођењу дела наставе односно вежби на више предмета у оквиру различитих студијских модула.

Учествовала је у реализацији више националних и међународних научноистраживачких пројеката, међу којима се издвајају пројекат Фонда за науку Републике Србије „Novel Raman chemometrics-based approach in food quality assessment: carotenoids as model nutrients for application to functional products“ (R-SPECT, бр. 7750160) и пројекат Erasmus+ програма „HEAL-in-ONE“.

Током докторских студија активно је учествовала на научним радионицама, као и на већем броју домаћих и међународних научних скупова. Као аутор и коаутор публиковала је укупно 80 научних радова, укључујући 11 радова објављених у часописима са SCI листе, категорија M21a, M21, M22 и M23. Такође, коаутор је поглавља у научним монографијама категорије M13, а ангажована је и као рецензент научних радова. Добитница је награде за најбоље усмено излагање младих научника на научном скупу, коју додељује издавачка кућа MDPI. Члан је организационих одбора више домаћих и међународних научних скупова.

Тренутно је запослена у звању асистента на Катедри за ратарство и повртарство Пољопривредног факултета Универзитета у Београду.

1.2 Основни подаци о дисертацији

Докторска дисертација Софије Н. Килибарде, мастер инжењера пољопривреде под насловом *„Производне карактеристике, фитохемијски профил и антиоксидативна својства дивље руколе (Diplotaxis tenuifolia)“* написана је у складу са Упутством за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду, као и у складу са пријавом теме која је одобрена од стране Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду и Већа научних области биотехничких наука Универзитета у Београду.

Докторска дисертација обухвата укупно 225 страница, од којих је 212 нумерисано. Ненумерисани део дисертације чине насловне стране на српском и енглеском језику, страница са подацима о ментору и члановима Комисије, захвалница, сажеци на српском и енглеском језику са кључним речима, списак скраћеница, као и садржај дисертације. Нумерисани део дисертације садржи следећа поглавља: Увод (стр. 1-3), Преглед литературе (стр. 4-45), Циљеви истраживања (стр. 46), Материјал и методе (стр. 47-61), Резултати истраживања и дискусија (стр. 62-161), Закључак (стр. 162-166), Литература (стр. 167-196), Прилози (стр. 197-207). На крају текста налазе се Биографија аутора (стр. 208), Изјава о ауторству (стр. 209), Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада (стр. 210) и Изјава о коришћењу (стр. 211-212). Поглавља Преглед литературе, Материјал и методе, Резултати и дискусија садрже више потпоглавља. У оквиру докторске дисертације приказано је укупно 34 табеле, 58 слика и 11 прилога.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Дивља рукола (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.) представља лиснату повртарску врсту из фамилије Brassicaceae, која последњих година привлачи све већу пажњу због својих нутритивних, функционалних и производних карактеристика. Њен значај огледа се у могућности вишекратне жетве током производног циклуса, као и у специфичном хемијском саставу листова, који обухвата бројна биолошки активна једињења. Посебну вредност ове врсте представља присуство фенолних једињења, глукозинолата, фотосинтетичких пигмената, витамина и других примарних и секундарних метаболита, који доприносе њеним нутритивним и антиоксидативним својствима. Захваљујући наведеним карактеристикама, дивља рукола има значајан потенцијал за производњу свежег поврћа високе нутритивне и функционалне вредности.

Продуктивност и квалитет листова дивље руколе условљени су бројним факторима, међу којима се издвајају генетичка основа, услови гајења, време жетве и примењене агротехничке мере. Посебан значај у савременој производњи лиснатог поврћа има фолијарна примена минералних ђубрива и биостимулатора, која може утицати на физиолошке и хемијске процесе у биљкама, а самим тим и на њихове производне карактеристике и фитохемијски састав. У том погледу, примена препарата са високим садржајем калијума и гвожђа, као и биостимулатора на бази екстраката морских алги, представља један од могућих приступа унапређењу производње и квалитета конзумних листова. Међутим, упркос растућем интересовању за ову повртарску врсту, утицај наведених третмана, генотипа и сукцесивних жетви на продуктивност, акумулацију биоактивних једињења и антиоксидативна својства дивље руколе још увек није у потпуности разјашњен.

Предмет истраживања ове докторске дисертације обухватио је испитивање производних карактеристика, фитохемијског профила и антиоксидативних својстава три сортна хибрида дивље руколе (Marte, Venere и T&T), гајених у условима заштићеног простора, током три сукцесивне жетве. Посебна пажња посвећена је утврђивању утицаја фолијарне примене минералних ђубрива са високим садржајем калијума и гвожђа, као и природног биостимулатора Kelpak на бази екстракта браон морске алге *Ecklonia maxima*, на морфолошке и продуктивне показатеље, хемијски састав и антиоксидативни капацитет листова. Истраживањем су обухваћене и међусобне интеракције испитиваних фактора, са циљем сагледавања њиховог појединачног и заједничког утицаја на испитивана својства дивље руколе.

Основни циљ истраживања био је да се утврди утицај сорте, сукцесивних жетви и различитих фолијарних третмана на продуктивност, квалитативни и квантитативни састав биоактивних једињења и антиоксидативна својства листова дивље руколе током производног циклуса који обухвата јесењи, зимски, пролећни и летњи период.

У складу са постављеним основним циљем, дефинисани су следећи појединачни циљеви истраживања:

- Да се утврди утицај сорте, фолијарних третмана и сукцесивних жетви на морфолошке и продуктивне карактеристике дивље руколе, кроз одређивање броја листова по биљци, лисне површине, LAI (*leaf area index*) и приноса лисне масе.
- Да се применом спектрофотометријских метода одреди садржај фотосинтетичких пигмената (хлорофила *a* и *b* и укупних каротеноида), укупних фенолних једињења, флавоноида, деривата хидроксициметне киселине, флаванона, танина, укупних растворљивих шећера, пролина, токоферола и фитата, као и да се испита њихова варијабилност у зависности од сорте, жетве и примењених третмана.
- Да се процене антиоксидативна својства екстраката листова дивље руколе применом различитих *in vitro* тестова, ради утврђивања утицаја испитиваних фактора на антиоксидативни капацитет.
- Да се применом ултра-високоефикасне течне хроматографије UHPLC-Q-ToF-MS изврши идентификација, карактеризација и квантификација појединачних фенолних једињења и глукозинолата у узорцима прве жетве листова дивље руколе, као и да се сагледају разлике у њиховој заступљености између испитиваних сорти и фолијарних третмана.
- Да се применом капиларне гасне хроматографије (GC-FID) одреди маснокиселински профил листова дивље руколе, са посебним освртом на садржај еручне киселине и варијабилност појединачних масних киселина у зависности од испитиваних фактора.
- Да се сагледају међусобни односи сорте, сукцесивних жетви и фолијарних третмана у формирању приноса и фитохемијског квалитета листова, ради потпунијег разумевања могућности унапређења производње дивље руколе.

Реализацијом постављених циљева настојало се да се прошире научна сазнања о варијабилности производних и фитохемијских карактеристика дивље руколе, као и о могућностима њихове модификације применом одговарајућих агротехничких мера. Добијени резултати представљају основу за боље разумевање утицаја генетичких и производних фактора на нутритивни и функционални квалитет листова, али и за даље унапређење технологије гајења ове повртарске врсте.

3. ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ ОД КОЈИХ СЕ ПОЛАЗИЛО У ИСТРАЖИВАЊУ

Полазећи од значаја дивље руколе (*D. tenuifolia*) као културе високог нутритивног и функционалног потенцијала као и од поменутих ограничених података, циљ ове докторске дисертације обухвата испитивање утицаја генотипа, сукцесивне жетве и фолијарне прихране на морфолошке и продуктивне карактеристике, као и на квалитативни и квантитативни састав биоактивних једињења листа дивље руколе, уз процену антиоксидативних својстава у сезони јесен–зима–пролеће–лето.

Да би се постигао наведени циљ, урађено је следеће:

1. Гајење одабраних генотипова дивље руколе у условима заштићеног простора;

2. Одређивање производних карактеристика (броја листова по биљци, лисне површине по биљци и приноса лисне масе) одабраних генотипова по третманима, након сваке жетве;
3. Екстракција и припрема узорака за хемијске анализе;
4. Спектрофотометријско одређивање садржаја пигмената (хлорофил *a* и *b*, укупни каротеноиди), укупних фенолних једињења, флавоноида, деривата хидроксициметне киселине, пролина, токоферола, фитата, танина, укупних растворљивих шећера и антиоксидативних својстава;
5. Идентификација, карактеризација и квантификација фенолних једињења и глукозинолата у одабраним узорцима листова дивље руколе;
6. Одређивање маснокиселинског профила листова и садржаја еручне киселине.

Полазећи од постављених циљева, у оквиру ове докторске дисертације тестираће се следеће хипотезе:

1. Продуктивне карактеристике, фитохемијски профил и антиоксидативна својства дивље руколе значајно су условљена генетичком основом, односно избором генотипа;
2. Сукцесивне жетве лисне масе значајно ће утицати на продуктивне параметре, фитохемијски профил и антиоксидативна својства листова;
3. Примена различитих фолијарних ђубрива и биостимулатора позитивно ће утицати на продуктивност, садржај биоактивних компонената и антиоксидативна својства листова;
4. Генотипови дивље руколе различито ће реаговати на фолијарну прихрану и бербу, што ће условити варијације у продуктивности и синтези фитохемијских једињења;
5. Садржај секундарних метаболита у листовима, укључујући глукозинолате и фенолна једињења, зависиће од примењених фолијарних третмана, испитиваних генотипова и услова гајења током сукцесивних жетви;
6. Маснокиселински профил листова, укључујући садржај еручне киселине, зависиће од генотипа, старости биљке и примењених фолијарних третмана;
7. Одабиром одговарајућих фолијарних ђубрива и биостимулатора, као и њиховом правилном применом, могуће је добити стандардизован производ свеж лист руколе са побољшаним нутритивним и биолошким својствима.

4. КРАТАК ОПИС САДРЖАЈА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Увод. У уводном поглављу указано је на нутритивни, здравствени и економски значај поврћа у савременој исхрани и пољопривредној производњи, са посебним освртом на лиснато поврће и представнике фамилије Brassicaceae. Представљене су основне биолошке и производне карактеристике дивље руколе (*D. tenuifolia*), као и њене специфичности у односу на култивисану руколу (*Eruca sativa* Mill.), нарочито у погледу могућности сукцесивних жетви. Истакнут је значај дивље руколе као извора биоактивних једињења, која доприносе њеној нутритивној и функционалној вредности. Посебна пажња

посвећена је могућностима унапређења продуктивности и фитохемијског квалитета листова применом одговарајућих агротехничких мера, као и потреби за испитивањем утицаја генотипа, сукцесивних жетви и фолијарне прихране на производне карактеристике, хемијски састав и антиоксидативна својства дивље руколе. На основу наведеног образложена је научна и практична оправданост спроведених истраживања.

Преглед литературе. Ово поглавље обухвата три тематске целине, у оквиру којих су систематизована досадашња научна сазнања од значаја за предмет истраживања докторске дисертације. У првој целини (*Дивља рукола* (*Diplotaxis tenuifolia*)), приказани су историјат и традиционална употреба ове врсте, њена таксономска припадност, биолошке и морфолошке особине, географска распрострањеност и савремени значај у повртарској производњи. Посебна пажња посвећена је нутритивном саставу, еколошким условима успевања и технологији гајења, као и генетичкој разноврсности, сортименту и морфолошким параметрима продуктивности.

У другој целини (*Биоактивна једињења*), размотрени су биолошки и физиолошки значај примарних и секундарних метаболита присутних у биљном ткиву. Приказане су основне карактеристике, улога и значај биљних пигмената, фенолних једињења, пролина, фитата, токоферола и глукозинолата, са посебним освртом на њихов допринос нутритивној и функционалној вредности дивље руколе. Такође, обрађена је еручна киселина, као једна од компоненти маснокиселинског профила од значаја за оцену квалитета листова.

У трећој целини под насловом *Фолијарна прихрана*, представљени су основни принципи и значај овог начина исхране биљака, као и његова улога у савременој и еколошки одрживој пољопривредној производњи. На основу доступних литературних података размотрени су ефекти фолијарне прихране на раст, продуктивност и хемијски састав дивље руколе, са посебним освртом на примену минералних ђубрива која садрже гвожђе и калијум, као и природног биостимулатора Kelpak, добијеног из екстракта браон морске алге *Ecklonia maxima*.

Материјал и методе. У овом поглављу, које обухвата четири основна потпоглавља, детаљно су описани биљни материјал, услови извођења огледа, примењени фолијарни третмани, као и методе коришћене за оцену продуктивности, фитохемијског састава и антиоксидативних својстава дивље руколе.

У потпоглављу *Биљни материјал* представљена су три сортна хибрида дивље руколе (*Marte, Venere* и *T&T*), коришћена у експерименталном истраживању. Описани су услови гајења у заштићеном простору, поставка огледа и примењене агротехничке мере, са посебним освртом на фолијарну примену минералних ђубрива са високим садржајем гвожђа и калијума и биостимулатора Kelpak, на бази екстракта браон морске алге *Ecklonia maxima*. Такође, приказана је динамика производног циклуса који је обухватио три сукцесивне жетве.

У потпоглављу *Метеоролошки параметри у току експеримента* приказане су вредности температуре ваздуха у заштићеном простору и на отвореном, као и релативне влажности ваздуха у заштићеном простору, током трајања експерименталног истраживања.

У потпоглављу *Оцена продуктивних параметара* описане су методе утврђивања приноса лисне масе, броја листова по биљци, лисне површине и LAI (*leaf area index*), као основних

показатеља продуктивности испитиваних сорти у различитим жетвама и фолијарним третманима.

Најобимније потпоглавље, *Хемијске анализе*, обухвата опис поступака припреме биљног материјала и екстраката за различите аналитичке методе. Представљене су спектрофотометријске методе одређивања садржаја фотосинтетичких пигмената (хлорофила *a* и *b*, укупних каротеноида), укупних фенолних једињења, флавоноида, деривата хидроксициметне киселине, флаванона, танина, укупних растворљивих шећера, пролина, фитата и токоферола. Такође, описане су методе процене антиоксидативних својстава екстраката листова дивље руколе применом четири *in vitro* теста: одређивање способности редукције Fe^{3+} јона (*Ferric Reducing Power* – FRP), одређивање редукујућег антиоксидативног капацитета Cu^{2+} јона (*Cupric Ion Antioxidant Capacity* – CUPRAC), одређивање укупног антиоксидативног капацитета фосфомолибденском методом (*in vitro* phosphomolybdenum *Total Antioxidant Capacity* – TAC) и одређивање способности хватања $DPPH^{\bullet}$ слободних радикала.

У оквиру потпоглавља *UHPLC Q-ToF MS анализа фенолних једињења и глукозинолата* детаљно је описана примена ултра-високоефикасне течне хроматографије спрегнуте са квадруполном масеном спектрометријом времена пролета (UHPLC Q-ToF MS), коришћене за карактеризацију фитохемијског профила метанолних екстраката листова дивље руколе. Приказани су услови хроматографског раздвајања једињења на C18 колони, састав и градијент мобилних фаза, као и основни параметри масеноспектрометријске детекције применом електроспреј јонизације (ESI) у позитивном и негативном режиму. Посебно је описана примена Auto MS/MS режима за добијање фрагментационих спектара, који су, уз тачне масе молекулских и фрагментних јона, коришћени за идентификацију појединачних фенолних једињења, глукозинолата и других детектованих метаболита.

Представљени су поступци обраде добијених хроматографских и масеноспектрометријских података применом софтверских пакета Agilent MassHunter, R Studio, MS-DIAL и MS-FINDER, као и критеријуми идентификације једињења на основу молекулских формула, карактеристичних фрагментационих образаца, доступних аналитичких стандарда, литературних података и хемијских база података. Такође, описани су поступци квантификације и семиквантификације идентификованих фенолних једињења, при чему су флавоноиди изражени у еквивалентима кверцетина, а фенолне киселине у еквивалентима гентизинске киселине. За глукозинолате је приказан начин одређивања релативне заступљености појединачних једињења у укупном глукозинолатном профилу, на основу процентуалног удела површина одговарајућих хроматографских пикова.

Такође, приказана је методологија одређивања маснокиселинског профила листова, укључујући садржај еручне киселине, применом гасне хроматографије (GC-FID).

На крају поглавља описани су поступци статистичке обраде добијених експерименталних података, примењени ради утврђивања утицаја испитиваних фактора и њихових интеракција на анализиране параметре.

Резултати и дискусија. Резултати спроведених истраживања приказани су систематично, кроз табеле, графичке приказе и текстуалну анализу, уз дискусију добијених резултата и

њихово поређење са релевантним литературним подацима. Ово поглавље обухвата два основна потпоглавља: *Параметри продуктивности* и *Хемијске анализе*. Прво потпоглавље подељено је на пет целина, у којима су анализирани принос лисне масе, број листова, лисна површина, индекс лисне површине (LAI), као и међусобни односи параметара продуктивности применом корелационе анализе и анализе главних компоненти (PCA). Друго потпоглавље обухвата три целине, у којима су приказани и дискутовани резултати спектрофотометријских анализа, UHPLC Q-ToF MS анализе фенолних једињења и глукозинолата, као и анализе маснокиселинског профила листова дивље руколе.

У потпоглављу *Принос лисне масе* приказани су резултати испитивања утицаја сорте, фолијарних третмана и сукцесивних жетви на принос листова дивље руколе. Применом трофакторске анализе варијансе утврђено је да су сорта и ред жетве имали статистички значајан утицај на принос ($p < 0,001$), док главни ефекат фолијарних третмана није био статистички значајан. Међутим, утврђене су значајне двоструке и троструке интеракције испитиваних фактора, што указује да је одговор биљака на примењене третмане зависио од генотипа и реда жетве. Код све три испитиване сорте највиши принос листова остварен је у другој жетви, док су у првој и трећој жетви забележене ниже вредности. Сорта T&T издвојила се по највећој продуктивности, док је код сорте Marte у другој жетви просечан принос износио 86,97 g/контејнер, у поређењу са 16,95 g/контејнер у првој и 40,03 g/контејнер у трећој жетви. Оваква динамика приноса указује на значај сукцесивне жетве и способности биљака за регенерацију лисне масе након претходног откоса.

Утицај фолијарних третмана разликовао се у зависности од сорте и жетве. Код сорте Marte у другој жетви највиши принос остварен је применом калијумовог ђубрива (112,55 g/контејнер), што је представљало статистички значајно повећање у односу на остале третмане. Код сорте Venere у првој и другој жетви нису утврђене статистички значајне разлике између третмана, док су у трећој жетви применом гвожђа (49,82 g/контејнер) и калијума (51,67 g/контејнер) остварене значајно више вредности у односу на контролу (23,27 g/контејнер). Код сорте T&T у другој жетви највиши приноси забележени су у контролном третману (143,17 g/контејнер) и при примени гвожђа (143,47 g/контејнер), док су третмани калијумом и биостимулатором Kelpak резултирали статистички значајно нижим вредностима. На основу добијених резултата истакнуто је да су генетичке карактеристике сорти и динамика сукцесивних жетви имале пресудну улогу у формирању приноса дивље руколе, док је ефекат фолијарне прихране био специфичан за поједине комбинације сорте и жетве, без јединственог обрасца деловања током целокупног производног циклуса.

У потпоглављу *Број листова* приказани су резултати испитивања утицаја сорте, фолијарних третмана и сукцесивних жетви на број формираних листова дивље руколе, као једног од основних показатеља вегетативног развоја и способности биљака за регенерацију након жетве. Резултати трофакторске анализе варијансе показали су да су сорта и ред жетве имали статистички веома значајан утицај на број листова ($p < 0,001$), док је утицај фолијарних третмана био статистички значајан ($p < 0,05$). Утврђене су и значајне интеракције између третмана и жетве, жетве и сорте, као и трострука интеракција третман × жетва × сорта, док интеракција између третмана и сорте није била статистички значајна. Анализом утицаја сукцесивних жетви установљено је да су највише

вредности броја листова углавном забележене у трећој жетви. Посебно се издвојила сорта T&T, код које је у трећој жетви утврђен просечан број од 13,35 листова по биљци, што је представљало статистички значајно повећање у односу на претходне две жетве. Насупрот томе, код сорте Venere нису утврђене статистички значајне разлике у броју листова између појединачних жетви. Код све три сорте изостале су значајне разлике између прве и друге жетве, што указује да су промене овог параметра биле израженије у каснијој фази (летњој сезони) производног циклуса. Утицај фолијарних третмана био је различит у зависности од сорте и реда жетве. Код сорте Marte у другој жетви највећи просечан број листова забележен је након примене биостимулатора Kelpak (10,22 листова по биљци), што је било статистички значајно више у односу на третман калијумом (6,67 листова по биљци), али не и у односу на контролу и третман гвожђем. Код сорте Venere у трећој жетви највећи просечан број листова забележен је након примене биостимулатора Kelpak (12,78 листова по биљци), што је било статистички значајно више у односу на третман гвожђем (7,22 листова по биљци). Слично томе, код сорте T&T у трећој жетви највећи број листова остварен је применом калијумовог ђубрива (16,44 листова по биљци), што је такође било статистички значајно више у односу на третман гвожђем (10,89 листова по биљци). Код обе сорте контролни третман и преостали фолијарни третман имали су интермедијарне вредности, без статистички значајних разлика у односу на третмане са највишим и најнижим вредностима. У првој жетви ни код једне испитиване сорте нису утврђене статистички значајне разлике између примењених фолијарних третмана. Иако су у појединим комбинацијама сорти, жетви и третмана утврђене статистички значајне разлике, код сорте Marte није потврђена значајна интеракција фолијарног третмана и жетве, због чега резултате појединачних поређења треба тумачити у контексту укупних ефеката испитиваних фактора. На основу добијених резултата указано је да је формирање листова дивље руколе било условљено генетичким карактеристикама сорти и динамиком сукцесивних жетви, док су фолијарни третмани испољили селективан ефекат, нарочито у каснијим фазама производног циклуса. Утврђене разлике потврђују да способност обнављања лисног апарата након жетве представља генотипски специфичну карактеристику, чије испољавање може бити модификовано примењеним агротехничким мерама.

У потпоглављу *Лисна површина* резултати трофакторске анализе варијансе показали су да су сва три испитивана фактора имала статистички веома значајан утицај на лисну површину ($p < 0,001$). Такође, утврђена је статистички значајна интеракција између свих парова фактора, као и трострука интеракција сорта × третман × жетва ($p < 0,001$), што указује на сложен и генотипски специфичан одговор биљака на примењене третмане током производног циклуса. Код све три испитиване сорте највећа просечна лисна површина забележена је у другој жетви, док су најниже вредности утврђене у првој жетви. У трећој жетви дошло је до смањења лисне површине у односу на другу, али су вредности остале више у поређењу са првом жетвом. Овакав образац био је у складу са претходно утврђеном динамиком приноса лисне масе и указује на значај сукцесивних жетви и услова раста за развој лисног апарата. Утицај фолијарних третмана разликовао се у зависности од сорте и реда жетве. Код сорте Marte у другој жетви највећа лисна површина утврђена је у контролном третману (3,61 cm^2), што је било статистички значајно више у односу на све примењене фолијарне третмане. Код сорте Venere у истој жетви највећа вредност забележена је након примене калијумовог ђубрива (3,49 cm^2), док

је применом биостимулатора Kelpak остварена вредност од 2,86 cm², при чему су оба третмана резултирала статистички значајно већом лисном површином у односу на контролу и третман гвожђем. Код сорте T&T у другој жетви највећа лисна површина такође је забележена након примене калијума (3,24 cm²), што је било статистички значајно више у односу на остале третмане. У трећој жетви разлике између третмана биле су мање изражене. Резултати указују да су сорта, ред жетве и примењени фолијарни третмани значајно утицали на развој лисне површине, при чему је ефекат појединачних третмана био условљен генотипом и фазом производног циклуса.

У потпоглављу *Индекс лисне површине (LAI)* приказани су резултати анализе утицаја испитиваних фактора на индекс лисне површине дивље руколе као показатеља развијености лисног склопа и потенцијала биљака за искоришћавање светлости. Резултати трофакторске анализе варијансе показали су статистички значајан утицај сва три испитивана фактора, при чему је најизраженији ефекат имала сукцесивна жетва ($p < 0,001$). Утврђене су и статистички значајне интеракције испитиваних фактора, што указује да је индекс лисне површине зависио од њиховог заједничког дејства. Код све три испитиване сорте највише вредности LAI забележене су у другој жетви, док су најниже вредности утврђене у првој жетви. Оваква динамика била је у складу са претходно утврђеним променама приноса и лисне површине, потврђујући значај реда жетве за развој лисног склопа. Анализом појединачних сорти утврђено је да су фолијарни третмани имали статистички значајан утицај на LAI код сорти Marte и T&T ($p < 0,01$), док код сорте Venere њихов главни ефекат није био статистички значајан. Такође, интеракција третмана и жетве била је статистички значајна код сорти Marte и T&T, али не и код сорте Venere. Код сорте *Marte* у другој жетви највише вредности LAI забележене су у контролном третману и након примене калијума (0,87), док је најнижа вредност утврђена након примене гвожђа и биостимулатора Kelpak (0,66). У трећој жетви највећи LAI забележен је након примене гвожђа (0,45), што је било статистички значајно више у односу на контролу и третман биостимулатором Kelpak (0,38). Такође, резултати указују да је сукцесивна жетва представљала доминантан фактор варијабилности индекса лисне површине, док је утицај фолијарних третмана био условљен сортом и редом жетве. Најразвијенији лисни склоп у другој жетви потврђује значај динамике обнављања лисне масе за продуктивни потенцијал дивље руколе у систему вишекратне жетве.

Међусобна повезаност испитиваних параметара продуктивности дивље руколе сагледана је применом Спирманове корелационе анализе и анализе главних компоненти (PCA). Овим анализама обухваћени су принос лисне масе, број листова, лисна површина и индекс лисне површине (LAI), са циљем утврђивања њихових међусобних односа и издвајања показатеља који највише доприносе варијабилности продуктивних карактеристика испитиваних сорти.

Резултати корелационе анализе показали су изражену позитивну повезаност између приноса лисне масе, лисне површине и индекса лисне површине. Насупрот томе, број листова показао је слабију повезаност са осталим испитиваним параметрима. Овакви резултати указују да повећање приноса дивље руколе није првенствено условљено бројем формираних листова, већ развијеношћу лисне површине и укупног асимилационог апарата. Тиме су лисна површина и LAI издвојени као значајнији показатељи продуктивности у односу на сам број листова. Анализа главних компоненти потврдила је

резултате корелационе анализе. Прва главна компонента (PC1) објаснила је 63,8% укупне варијансе и била је најснажније повезана са приносом лисне масе, лисном површином и индексом лисне површине, због чега је издвојена као компонента која одражава укупан ниво продуктивности. Друга главна компонента (PC2), која је објаснила 25,1% варијансе, била је превасходно повезана са бројем листова, указујући на његову релативну независност у односу на остале показатеље. Прве две главне компоненте заједно су објасниле 88,97% укупне варијабилности испитиваних података. Такође, на PCA графикону уочено је делимично раздвајање испитиваних сорти дуж прве главне компоненте. На основу резултата корелационе и PCA анализе закључено је да су принос лисне масе, лисна површина и индекс лисне површине међусобно блиско повезани параметри, који представљају основне показатеље продуктивности испитиваних сорти дивље руколе што додатно доприноси потпунијем разумевању генотипске варијабилности и сложеног утицаја агротехничких и производних фактора на продуктивност дивље руколе.

У потпоглављу *Хемијске анализе*, које обухвата резултате спектрофотометријских и хроматографских испитивања, приказане су промене фитохемијског састава и антиоксидативних својстава листова дивље руколе у зависности од сорте, фолијарних третмана и сукцесивних жетви.

У делу који се односи на *садржај пигмената* анализиране су варијације у садржају хлорофила *a*, хлорофила *b* и укупних каротеноида (TCC). Утврђено је да је сукцесивна жетва имала статистички значајан утицај на садржај свих испитиваних пигмената ($p < 0,05$), при чему су највише вредности забележене у првој, зимској жетви, док је у другој и трећој жетви дошло до њиховог смањења. Разлике између прве и наредне две жетве биле су статистички значајне код свих испитиваних сорти, док између друге и треће жетве нису утврђене значајне разлике. TCC вредности у оквиру испитиваних сорти по жетвама кретале су се у распону од приближно 41 до 199 μg/g. Однос хлорофила *a* и *b* био је релативно стабилан и кретао се од 1,8:1 до 2,3:1. Насупрот израженом утицају жетве, није утврђен статистички значајан утицај сорте и примењених фолијарних третмана на садржај анализираних пигмената ($p > 0,05$). С обзиром на то да су највише концентрације хлорофила и укупних каротеноида забележене у првој, зимској жетви, може се закључити да период ране производње представља фазу у којој листови дивље руколе поседују највећи потенцијал у погледу нутритивне и функционалне вредности. Такође, добијени резултати указују да су варијације у садржају фотосинтетичких пигмената биле првенствено условљене сезонским променама током производног циклуса, док су генетичка основа и фолијарна прихрана имале мањи утицај на испитиване параметре.

У потпоглављу *Садржај укупних фенолних једињења, флавоноида и деривата хидроксициметне киселине* приказани су резултати испитивања укупног садржаја фенолних једињења (TPC), флавоноида (TFC) и деривата хидроксициметне киселине (HCAs) у листовима дивље руколе, у зависности од испитиваних фактора. Утврђено је да је сукцесивна жетва имала статистички значајан утицај на садржај све три групе једињења ($p < 0,001$), при чему су испољени различити обрасци њихове акумулације током производног циклуса. Највиши TPC забележен је у другој жетви, након чега је уследило смањење у трећој, док је TFC показивао тенденцију постепеног опадања од прве ка трећој жетви. Насупрот томе, HCAs се повећавао током сукцесивних жетви, достижући највише

вредности у трећој. Статистички значајне разлике између жетви потврђене су код свих испитиваних сорти. Оваква динамика указује на различиту регулацију синтезе и акумулације појединачних група фенолних једињења током производног циклуса, што се може довести у везу са променама температуре и интензитета светлости, као и физиолошким одговором биљака на сукцесивно уклањање лисне масе. Насупрот израженом утицају жетве, није утврђен статистички значајан утицај сорте и примењених фолијарних третмана на садржај испитиваних група једињења ($p > 0,05$). Добијени резултати указују да је сезонска динамика гајења имала доминантну улогу у формирању фенолног профила листова дивље руколе, док примена фолијарних ђубрива и биостимулатора није довела до значајних промена у њиховој акумулацији.

Садржај укупних флаванона приказан је као засебна целина. Статистичком анализом утврђен је значајан утицај жетве на садржај укупних флаванона ($p < 0,05$), док утицај сорте и фолијарних третмана није био статистички значајан ($p > 0,05$). Најниже вредности забележене су у првој жетви, док је у другој и трећој жетви утврђен значајно већи садржај флаванона, без статистички значајних разлика између ове две жетве. Овакав образац био је уједначен код свих испитиваних сорти, што указује да су сезонски услови гајења имали доминантну улогу у акумулацији ових једињења. У поређењу са претходно анализираним групама фенолних једињења, садржај флаванона испољио је динамику сличну дериватима хидроксициметне киселине, али је, за разлику од њих, након повећања у другој жетви остао релативно стабилан до краја производног циклуса. Истовремено, различита динамика акумулације флаванона и укупних флавоноида указује на могућу прерасподелу биосинтетичких процеса између појединих подгрупа фенолних једињења. Добијени резултати потврђују значај времена жетве за формирање фитохемијског профила дивље руколе, при чему су касније жетве биле повољније у погледу садржаја укупних флаванона.

У делу који се односи на *Садржај укупних танина* приказани су резултати испитивања садржаја укупних танина (ТТС) сходно испитиваним факторима. Трофакторском анализом варијансе утврђен је статистички значајан утицај сва три испитивана фактора ($p < 0,001$), као и њихових интеракција ($p < 0,001$), што указује да је акумулација танина условљена сложеним међусобним деловањем генотипа, фолијарне прихране и реда жетве. Додатном анализом у оквиру сваке сорте потврђен је статистички значајан утицај жетве, фолијарних третмана и њихове интеракције ($p < 0,001$). У другој жетви код већине комбинација сорти и третмана забележено је смањење ТТС, док је у трећој жетви углавном дошло до поновног повећања. Код сорте Marte највиши ТТС утврђен је у трећој жетви, која се статистички значајно разликовала од претходне две, док разлика између прве и друге жетве није била статистички значајна. Највиши ТТС код сорте Venere такође је забележен у трећој жетви, док је код сорте T&T највиша вредност утврђена у првој жетви. Утицај фолијарних третмана разликовао се у зависности од сорте и жетве, при чему су поједини третмани довели до статистички значајног смањења садржаја танина у односу на контролу, али без јединственог обрасца деловања. Добијени резултати указују да су генотипске карактеристике, сезонски услови гајења и примењене агротехничке мере имали значајну улогу у формирању ТТС, који могу утицати како на антиоксидативна својства, тако и на органолептички квалитет листова дивље руколе.

Садржај укупних растворљивих шећера (TSS) приказан је у засебном потпоглављу. Статистичком анализом утврђен је значајан утицај сукцесивне жетве на садржај

растворљивих шећера ($p < 0,05$), док утицај сорте и фолијарних третмана није био статистички значајан ($p > 0,05$). Код све три испитиване сорте највише вредности забележене су у првој, зимској жетви, након чега је у другој и трећој жетви дошло до израженог смањења садржаја шећера. Прва жетва се статистички значајно разликовала од наредне две код свих испитиваних сорти. Повећана акумулација растворљивих шећера током зимског периода може се довести у везу са физиолошким механизмима прилагођавања биљака ниским температурама, док њихово смањење у каснијим жетвама може бити последица сезонских промена и усмеравања асимилата на регенерацију лисне масе након сукцесивног уклањања листова. Иако су између појединих комбинација сорти и фолијарних третмана забележене разлике у садржају шећера, оне нису биле статистички значајне. Добијени резултати указују да су сезонски услови гајења и ред жетве представљали доминантне факторе у акумулацији растворљивих шећера, који имају значајну улогу у физиолошком одговору биљака, али и у формирању сензорних својстава листова дивље руколе.

У делу који се односи на *Садржај пролина* приказани су резултати испитивања акумулације ове аминокиселине у листовима дивље руколе у односу на сорту, сукцесивне жетве и примењене фолијарне третмане. Статистичком анализом утврђен је значајан утицај сорте и сукцесивне жетве на садржај пролина ($p < 0,05$), док утицај фолијарних третмана није био статистички значајан ($p > 0,05$). Код све три испитиване сорте највише вредности пролина забележене су у првој, зимској жетви, у распону од 0,40 до 0,50 mg/g свеже масе, док је у другој и трећој жетви дошло до израженог смањења његовог садржаја. Повећана акумулација пролина током зимског периода може се довести у везу са физиолошким механизмима прилагођавања биљака ниским температурама. Анализом утицаја сорте утврђен је највиши просечан садржај пролина код сорте T&T (0,27 mg/g), која се статистички значајно разликовала од сорте Marte (0,17 mg/g), док је сорта Venere имала интермедијарну вредност (0,20 mg/g), без статистички значајних разлика у односу на преостале две сорте. Нижи садржај пролина код сорте Marte и његова већа акумулација код сорте T&T указују на генотипске разлике у физиолошком одговору биљака на услове гајења, али сами по себи не представљају поуздан показатељ степена толерантности на ниске температуре. Примењени фолијарни третмани нису имали статистички значајан утицај на садржај пролина, иако је код сорте T&T у другој жетви забележена повећана акумулација у варијанти са применом гвожђа. Добијени резултати указују да је акумулација пролина била првенствено условљена сезонским условима гајења, уз значајан утицај генотипских карактеристика на интензитет физиолошког одговора биљака.

Садржај укупних фитата је целина која приказује резултате испитивања садржаја ове групе једињења, као потенцијалних антинутријената, у листовима дивље руколе у зависности од сорте, сукцесивних жетви и примењених фолијарних третмана. Трофакторском анализом варијансе утврђен је статистички веома значајан утицај сва три испитивана фактора, као и њихових двоструких и троструке интеракције ($p < 0,001$). Додатном анализом у оквиру сваке сорте потврђен је статистички значајан утицај жетве, фолијарних третмана и њихове интеракције ($p < 0,001$), што указује на сложену условљеност акумулације фитата генотипским карактеристикама и условима гајења. Садржај фитата по жетвама кретао се у распону од 6,04 до 7,95 mg/g свеже масе, при чему су најниже вредности утврђене у првој жетви код сорте T&T. Код сорти Marte и Venere

статистички значајно већи садржај фитата забележен је у трећој у односу на другу жетву, док је код сорте T&T повећање утврђено већ у другој жетви, након чега су вредности остале релативно стабилне. Примењени фолијарни третмани испољили су различит утицај у зависности од сорте и жетве, при чему је код већине третираних варијанти забележена тенденција смањења садржаја фитата у односу на контролу. Посебно се издвојио биостимулатор Kelpak, чија је примена у појединим комбинацијама сорте и жетве довела до најнижих вредности, укључујући и најнижи садржај фитата у читавом огледу, утврђен код сорте T&T у првој жетви (4,92 mg/g свеже масе). Добијени резултати указују на могућност модификовања садржаја фитата применом одговарајућих фолијарних третмана, уз уважавање генотипских разлика и времена жетве, што је значајно са аспекта нутритивног квалитета листова дивље руколе.

У делу који се односи на *Садржај укупног токоферола* приказани су резултати испитивања садржаја овог липофилног антиоксиданса у листовима дивље руколе под утицајем испитиваних фактора. Трофакторском анализом варијансе утврђен је статистички значајан утицај жетве и фолијарних третмана ($p < 0,001$), док главни ефекат сорте није био статистички значајан ($p = 0,822$). Међутим, све двоструке и трострука интеракција испитиваних фактора биле су статистички значајне ($p < 0,001$), што указује да је садржај токоферола зависио од њиховог комбинованог деловања. Двофакторском анализом варијансе у оквиру сваке сорте потврђен је значајан утицај жетве, фолијарних третмана и њихове интеракције ($p < 0,001$). Просечан садржај токоферола по жетвама кретао се од 2,69 до 4,13 mg/g свеже масе. Код сорти Venere и T&T утврђено је статистички значајно смањење садржаја токоферола у другој у односу на прву жетву, док код сорте Marte ова разлика није била статистички значајна. У трећој жетви код сорти Venere и T&T забележено је поновно повећање садржаја токоферола, док су код сорте Marte вредности остале ниже у односу на прву жетву. Повећана акумулација токоферола у зимском периоду може се повезати са његовом улогом у заштити биљака од нискотемпературног стреса, док повећање у каснијем периоду гајења може бити последица појачаног интензитета светлости и потребе за заштитом фотосинтетичких мембрана. Утицај фолијарних третмана разликовао се у зависности од сорте и жетве. У првој жетви статистички значајно повећање садржаја токоферола у односу на контролу забележено је код сорте Venere након примене гвожђа, док је код сорте Marte у другој жетви третман калијумом остварио највишу вредност (5,34 mg/g свеже масе). Добијени резултати указују да се садржај токоферола у листовима дивље руколе може модификовати избором времена жетве и одговарајућих фолијарних третмана, при чему њихова ефикасност зависи од генотипских карактеристика биљака.

Антиоксидативна активност листова дивље руколе испитивана је применом четири теста (DPPH$^{\bullet}$, FRP, TAC и CUPRAC), при чему је анализиран утицај сорте, сукцесивних жетви и примењених фолијарних третмана. Статистичком анализом утврђен је значајан утицај жетве на антиоксидативну активност код сва четири примењена теста ($p < 0,05$), док је утицај сорте био статистички значајан код FRP и TAC теста. Примењени фолијарни третмани нису испољили статистички значајан утицај на испитиване параметре ($p > 0,05$). Анализом сукцесивних жетви утврђени су различити обрасци промена антиоксидативне активности. Вредности DPPH$^{\bullet}$ теста повећале су се од прве ка другој жетви, након чега су у трећој остале приближно на истом нивоу, док је код FRP теста забележено континуирано повећање вредности током производног циклуса. Код TAC теста забележено је смањење

антиоксидативне активности у другој жетви, праћено поновним повећањем у трећој, док су вредности добијене CUPRAC тестом показале другачију динамику промена током сукцесивних жетви. Иако су испитиване сорте показале сличне обрасце промена током сукцесивних жетви, утврђене су генотипске разлике у антиоксидативном потенцијалу листова. Највише просечне вредности антиоксидативне активности одређене FRP и TAC тестом забележене су код сорте T&T (4,05 и 4,12 mg AAE/g свеже масе), док је сорта Marte показала најниже вредности (3,35 mg AAE/g свеже масе код оба теста). Добијени резултати указују да су време жетве и генотипске карактеристике имали значајну улогу у формирању антиоксидативног потенцијала листова дивље руколе, док различити обрасци промена утврђени примењеним тестовима указују на сложеност антиоксидативног деловања присутних биоактивних једињења.

Резултати Спирманове корелационе анализе и анализе главних компоненти (PCA) омогућили су сагледавање међусобне повезаности испитиваних фитохемијских параметара и антиоксидативне активности, као и идентификацију главних извора варијабилности хемијског профила листова дивље руколе. Корелационом анализом утврђена је изражена позитивна повезаност између садржаја хлорофила *a* и *b*, укупних каротеноида, растворљивих шећера и пролина, што указује на њихову међусобну повезаност у оквиру фотосинтетичких и физиолошких процеса. Садржај укупних фенолних једињења (TPC) и флавоноида (TFC) није показао позитивну повезаност са параметрима антиоксидативне активности, док су деривати хидроксициметне киселине (HCAs) и флаванони испољили снажну позитивну корелацију са вредностима DPPH$^{\bullet}$ и FRP тестова. Наведени резултати указују да антиоксидативни потенцијал листова дивље руколе није био условљен искључиво укупним садржајем фенолних једињења, већ и присуством специфичних група биоактивних компоненти. Фитати су показали слабу или негативну повезаност са већином испитиваних параметара, што указује на њихову релативно независну динамику акумулације.

Анализом главних компоненти утврђено је да су прве две компоненте објасниле 74,5% укупне варијабилности података, при чему је прва компонента (PC1) обухватила 56,7%, а друга (PC2) 17,8% варијансе. Прва главна компонента била је првенствено повезана са садржајем фотосинтетичких пигмената, растворљивих шећера и пролина, док је друга одражавала варијације у фенолном профилу и антиоксидативној активности. Позитиван допринос другој компоненти имали су танини и вредности TAC и FRP тестова, док су негативан допринос показали TPC и CUPRAC тест. Трећа главна компонента (PC3) била је доминантно повезана са садржајем фитата, чиме је потврђено њихово издвајање као засебног извора варијабилности у односу на остале испитиване параметре. На PCA дијаграму уочено је формирање три јасно издвојене групе узорака према сукцесивним жетвама, док је расподела према фолијарним третманима показала изражено преклапање, без јасног раздвајања третираних варијанти. Добијени резултати указују да су време жетве и сезонски услови гајења имали доминантну улогу у варијабилности фитохемијског и антиоксидативног профила листова дивље руколе, док је утицај примењених фолијарних третмана био мање изражен.

У потпоглављу *UHPLC Q-ToF MS анализа* приказани су резултати идентификације, карактеризације и квантификације појединачних фенолних једињења и релативне заступљености глукозинолата (GLSs) у листовима три испитиване сорте дивље руколе из

прве жетве, у зависности од примењених фолијарних третмана. Применом ове аналитичке технике утврђен је сложен фитохемијски профил листова, са израженим разликама у заступљености појединачних једињења између испитиваних сорти и третмана. Анализом су обухваћене и органске киселине, при чему су детектоване јабучна и лимунска киселина. Идентификација кверцетина потврђена је директним поређењем са аналитичким стандардом, док су остала једињења условно идентификована на основу тачних маса јона, карактеристичних фрагментационих образаца, ретенционих времена и поређења са литературним подацима. У анализираним узорцима детектована су бројна фенолна једињења, међу којима су били заступљени фенолне киселине и флавоноиди, као и њихови деривати. Удео деривата фенолних киселина у укупно квантификованим фенолним једињењима износио је 11,70–25,58%, док се њихов садржај кретао од 17,86 до 56,71 mg GA/100 g свеже масе. Највиша вредност утврђена је у контролном узорку сорте Venere, а највећи допринос овој групи једињења имали су бензоил јабучна киселина и хексозид дихидроксибензоеве киселине. Доминантну групу представљали су деривати флавонола, пре свега полигликозидни и ациловани деривати кверцетина, који су чинили више од 57% укупно квантификованих фенолних једињења. Поред њих, утврђено је и присуство деривата каемпферола и изорамнетина, чија је заступљеност варирала у зависности од сорте и примењеног третмана. Међу дериватима кверцетина посебно су се издвојила једињења кверцетин 3,3',4'-три-*O*-хексозид, кверцетин -3,4'-ди-*O*-хексозид-3'-*O*-(6''-синапоил)-хексозид, кверцетин-3-*O*-(2''-синапоил-хексозид)-3'-*O*-(6''-синапоил-хексозид)-4'-*O*-хексозид чије су концентрације износиле 29,47–65,37, 50,59–70,06 и 8,39–40,55 mg QE/100 g свеже масе. Посебно значајан налаз представља условна идентификација кверцетин-3,7,4′-три-*O*-хексозид-3′-*O*-(6″-синапоил)-хексозида, једињења које је, према доступним литературним подацима, први пут детектовано у листовима дивље руколе. Његов највећи садржај утврђен је код сорте Marte након примене биостимулатора Kelpak, док у појединим контролним и третираним узорцима није детектовано. Уочене разлике у садржају појединачних фенолних компоненти указале су на изражену генотипску специфичност, док су фолијарни третмани испољили селективан утицај, без јединственог обрасца деловања код свих испитиваних сорти. Анализом глукозинолата утврђено је присуство четири карактеристична једињења, међу којима је доминирао мономерни глукосативин, са релативним уделом од 73,4 до 89,5%, док је глукоеруцин био други по заступљености. Димерни глукосативин био је присутан у знатно мањем уделу, испод 3,3%, док је неоглукобрасицин детектован у свим испитиваним узорцима. За разлику од фенолних једињења, чији је садржај показивао израженије варијације, у релативном саставу глукозинолата није уочен јасан образац разлика између испитиваних сорти и примењених фолијарних третмана. Резултати UHPLC Q-ToF MS анализе указали су на сложеност фитохемијског профила листова дивље руколе и значај генотипских карактеристика за акумулацију појединачних фенолних једињења, уз селективан утицај фолијарних третмана на њихов садржај. Истовремено, утврђена је доминантна заступљеност деривата кверцетина у фенолном профилу и мономерног глукосативина у релативном саставу глукозинолата.

Потпоглавље *Маснокиселински профил* приказује резултате испитивања састава и садржаја масних киселина у листовима испитиваних сорти дивље руколе у зависности од жетве и примењених фолијарних третмана. Применом гасне хроматографије испитивана је заступљеност 37 појединачних масних киселина, са посебним освртом на еручну

киселину, чије присуство у листовима дивље руколе, према доступним литературним подацима, није било претходно испитано. Резултати Kruskal–Wallis теста показали су да је жетва представљала доминантан фактор варијабилности маснокиселинског профила, са статистички значајним утицајем на садржај највећег броја испитиваних масних киселина. Утицај сорте био је изражен код појединих једињења, док су фолијарни третмани испољили знатно ограниченији ефекат. Значајне разлике између сорти утврђене су код појединих засићених и незасићених масних киселина, док је утицај фолијарних третмана био ограничен на миристинску (C14:0), гондоинску (C20:1n9), дихомо-γ-линоленску (C20:3n6) и хенеикозилинску (C21:0). Током друге и треће жетве дошло је до значајног повећања садржаја појединих дуголанчаних засићених масних киселина, нарочито лигноцеринске (C24:0), палмитинске (C16:0) и бехенске (C22:0) киселине. Код сорте Marte утврђене су изражене разлике у садржају лигноцеринске киселине (C24:0) између сукцесивних жетви, при чему су највише вредности забележене у другој и трећој жетви, док је у првој жетви њен садржај био знатно нижи. Сличан образац повећања садржаја палмитинске и лигноцеринске киселине у каснијим жетвама уочен је и код осталих испитиваних сорти. Посебно значајан резултат представља утврђивање присуства еручне киселине (C22:1n9) у листовима дивље руколе. Њен садржај био је изражено условљен временом жетве, при чему је у другој жетви забележен значајан пораст концентрације код све три испитиване сорте. У трећој жетви утврђене су даље промене њеног садржаја, са статистички значајним смањењем код сорте Marte. Резултати су показали да је акумулација еручне киселине у листовима првенствено повезана са сезонским условима гајења, док није утврђен статистички значајан главни утицај сорте и фолијарног третмана. На основу добијених резултата констатовано је да су сезонски услови гајења и време жетве имали пресудан утицај на маснокиселински профил листова дивље руколе, док су генотипске карактеристике и фолијарни третмани испољили селективан ефекат на садржај појединачних масних киселина. Утврђено присуство еручне киселине, као и изражене сезонске промене у акумулацији дуголанчаних масних киселина, представљају значајне налазе у карактеризацији хемијског састава листова дивље руколе.

Закључак. Закључци су правилно изведени и произилазе из резултата спроведених истраживања. Утврђено је да су сорта, сукцесивне жетве реализоване у различитим сезонским условима и примењени фолијарни третмани испољили различит степен утицаја на продуктивне карактеристике, фитохемијски профил и антиоксидативна својства листова дивље руколе.

Принос листова био је значајно условљен сортом и терминоm жетве, док фолијарни третмани нису испољили статистички значајан главни ефекат. Најповољније производне карактеристике углавном су остварене у другој, пролећној жетви, када су забележене и највеће вредности лисне површине и индекса лисне површине. Сорте Venere и T&T показале су тенденцију ка већој продуктивности у односу на *сорту Marte*, док су корелациона и PCA анализа потврдиле да је принос листова пре свега повезан са развијеношћу асимилационе површине.

Спектрофотометријске анализе показале су да је садржај већине испитиваних фитохемијских компоненти био превасходно условљен терминоm жетве. Највећи садржај фотосинтетских пигмената, растворљивих шећера и пролина углавном је утврђен у првој жетви, док је садржај укупних фенолних једињења достигао највише вредности у другој

жетви. Акумулација флаванона била је израженија у каснијим жетвама, док су танини, фитати и токофероли показали сложенији одговор на испитиване факторе. Антиоксидативна активност зависила је од сорте и термина жетве, при чему су разлике између примењених тестова указале на специфичан допринос појединачних група биоактивних једињења. Корелациона и PCA анализа потврдиле су међусобну повезаност појединих физиолошких и биохемијских параметара, као и значај сезонских услова за формирање фитохемијског профила листова дивље руколе.

Применом UHPLC Q-ToF MS анализе утврђен је сложен профил фенолних једињења и глукозинолата, са доминантном заступљеношћу деривата кверцетина, који су чинили више од 57% укупно квантификованих фенолних једињења. Посебно значајан резултат представља условна идентификација сложеног ацилованог деривата кверцетина, који, према доступним литературним подацима, раније није био детектован у листовима дивље руколе. Међу глукозинолатима доминирао је мономерни глукосативин, док је глукоеруцин био други по заступљености. Утврђено је да су генотипске карактеристике имале значајну улогу у формирању профила појединачних фенолних једињења, док су фолијарни третмани испољили селективан ефекат, зависан од испитиване сорте.

Анализа маснокиселинског профила показала је да су сезонски услови гајења и термин жетве представљали доминантне факторе варијабилности садржаја масних киселина. У другој и трећој жетви утврђено је значајно повећање садржаја појединих дуголанчаних масних киселина, нарочито лигноцеринске и палмитинске киселине. Посебан научни значај има утврђено присуство еручне киселине у листовима испитиваних сорти дивље руколе, при чему су највеће концентрације углавном забележене у другој жетви. Утицај фолијарних третмана био је ограничен на појединачне масне киселине, без израженог утицаја на укупан маснокиселински профил.

Добијени резултати указују да избор сорте и оптимизација термина жетве представљају важне чиниоце у постизању високог приноса и одговарајућег фитохемијског квалитета листова дивље руколе, док примена фолијарних третмана може допринети циљаној модификацији појединих биоактивних компоненти. Истовремено, резултати представљају основу за даља истраживања усмерена на расветљавање механизама акумулације секундарних метаболита и масних киселина, као и на унапређење технологије производње дивље руколе дефинисаног нутритивног и функционалног квалитета.

Литература. У дисертацији је наведено 426 извора литературе. Референце су цитиране на правилан начин, а избор референци је актуелан и одговара проучаваној проблематици.

5. ОСТВАРЕНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ДИСЕРТАЦИЈЕ

Научни допринос ове дисертације огледа се у свеобухватној карактеризацији продуктивних особина, фитохемијског састава и антиоксидативних својстава листова дивље руколе (*D. tenuifolia*), са посебним освртом на утицај сорте, сукцесивних жетви и примене различитих фолијарних третмана. Остварени резултати доприносе бољем разумевању варијабилности испитиваних параметара и сложених односа између производних услова, продуктивности и акумулације примарних и секундарних

метаболита. Утврђено је да су сорта, сукцесивне жетве реализоване у различитим сезонским условима и примењени фолијарни третмани испољили различит степен утицаја на продуктивне карактеристике, фитохемијски профил и антиоксидативна својства листова дивље руколе. Посебан научни допринос представља детаљна карактеризација фенолних једињења и глукозинолата применом UHPLC Q-ToF MS анализе, укључујући условну идентификацију сложеног ацилованог деривата кверцетина, који, према доступним литературним подацима, до сада није описан у листовима дивље руколе, као и испитивање маснокиселинског профила, са посебним освртом на присуство и сезонску варијабилност еручне киселине. Интеграцијом агрономских, спектрофотометријских и инструменталних анализа обезбеђено је комплексније сагледавање производног и фитохемијског потенцијала ове повртарске врсте. Добијени резултати имају научни и практични значај за оптимизацију технологије гајења дивље руколе, пре свега кроз избор одговарајућег генотипа и термина жетве, док утврђени специфични ефекти фолијарних третмана на поједине фитохемијске параметре указују на могућности циљаног модификовања хемијског састава листова.

6. ОБЈАВЉЕНИ И САОПШТЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Кандидаткиња Софија Килибарда је, у сарадњи са другим ауторима, објавила научни рад који је садржински повезан са предметом докторске дисертације, у међународном научном часопису који се налази на SCI листи:

1. Kilibarda, S. N., Milinčić, D. D., Vuković, S., Pešić, M. B., Jelačić, S., Moravčević, Đ., & Kostić, A. Ž. (2025). Untargeted HPLC metabolomic profiling and antioxidant activity of wild rocket's (*Diplotaxis tenuifolia* L.) edible leaves influenced by biofortification, hybrid varieties and harvest time. *Food Bioscience*, 69(2025), 106898. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106898

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Комисија је мишљења да је докторска дисертација под насловом **„Производне карактеристике, фитохемијски профил и антиоксидативна својства дивље руколе (*Diplotaxis tenuifolia*)**", коју је поднела Софија Н. Килибарда, мастер инжењер пољопривреде, урађена према одобреној пријави теме и да представља оригинално и самостално научно дело. Спроведено истраживање је у складу са планом који је одобрен у предлогу дисертације.

На основу систематског прегледа релевантне научне литературе, кандидаткиња је јасно дефинисала циљеве истраживања, успешно реализовала експериментални део применом адекватне и савремене методологије, а добијене резултате статистички обрадила, детаљно представила, критички анализирала и упоредила са релевантним резултатима других аутора. Остварени резултати пружају нова сазнања о утицају генотипа, сукцесивних жетви и фолијарних третмана на продуктивне карактеристике, фитохемијски профил и

антиоксидативна својства листова дивље руколе. Закључци су правилно изведени и засновани на добијеним резултатима. Докторска дисертација написана је јасним научним језиком и технички је добро организована и уређена.

Имајући у виду све изнето, а посебно квалитет добијених резултата и њихов оригинални, научни и практични значај, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију кандидаткиње Софије Килибарде, мастер инжењера пољопривреде, под насловом **„Производне карактеристике, фитохемијски профил и антиоксидативна својства дивље руколе (*Diplotaxis tenuifolia*)”** и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да усвоји Извештај о позитивној оцени и омогући кандидаткињи да јавно брани своју докторску дисертацију.

У Земуну, 02.11.2026. године

Чланови комисије:

др Ђорђе Моравчевић, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
(Ужа научна област: Ратарство, повртарство, цвећарство, крмно и лековито биље)

др Александар Костић, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
(Ужа научна област: Хемија)

др Дејан Пљевљакушић, научни саветник
Институт за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“, Београд
(Ужа научна дисциплина: Лековито биље)

др Данијел Милинчић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
(област: Природно-математичке науке-Хемијске науке)

др Ненад Павловић, ванредни професор
Универзитет у Крагујевцу, Агрономски факултет у Чачку
(Ужа научна област: Ратарство, повртарство и крмно биље)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и Извештаја из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације **Производне карактеристике, фитохемијски профил и антиоксидативна својства дивље руколе (*Diplotaxis tenuifolia*)**, аутора Софије Н. Килибарде, констатујемо да је утврђено подударање текста од 3%. Уочена подударања односе се на делове текста који се поклапају са доступним научним публикацијама и другим изворима, укључујући и претходно објављене резултате истраживања кандидаткиње који су проистекли из докторске дисертације, што је у складу са чланом 9. овог Правилника.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

У Земуну, 02.11.2026. године

Ментор 1:

_____

др Ђорђе Моравчевић, редовни професор

Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

(Ужа научна област: Ратарство, повртарство, цвећарство, крмно и лековито биље)

Ментор 2:

_____

др Александар Костић, редовни професор

Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

(Ужа научна област: Хемија)