Биолошки факултет
Број захтева: 50/139-1
Датум: 15. 7. 2026.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋУ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ПРИРОДНИХ НАУКА

З А Х Т Е В

за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану

Молимо да, сходно члану 48. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ: **Марија И. Петровић**

студент докторских студија на студијском програму: Молекуларна биологија, модул: Молекуларна микробиологија и биотехнологија, уписан на докторске студије 2020/2021 године,

пријавио је тему докторске дисертације дана 8. 3. 2024. под називом:

„Преобликовање ризосферног микробиома шећерне репе и пшенице имплементацијом новодизајнираних бактеријских формулација са потенцијалом биоконтроле и промоције раста у одрживој пољопривреди”

НАУЧНА ОБЛАСТ: Биолошке науке.

Универзитет је дана 25. 4. 2024. године. својим актом под бр. 02-07 Број: 61206-1438/2-24 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„Преобликовање ризосферног микробиома аграрних усева имплементацијом новодизајнираних бактеријских формулација са потенцијалом биоконтроле и промоције раста биљака“

Име и презиме ментора: др Ивица Димкић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду - Биолошки факултет.

Комисија за оцену докторске дисертације образована је на седници одржаној 15. 5. 2026. год, одлуком Факултета под бр. 50/88 у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	др Бранко Јовчић	редовни професор	биохемија и молекуларна биологија	Универзитет у Београду - Биолошки факултет
2.	др Никола Унковић	доцент и виши научни сарадник	алгологија и микологија	Универзитет у Београду – Биолошки факултет
3.	др Немања Станисављевић	научни саветник	молекуларна биологија	Универзитет у Београду - Институт за молекуларну генетику и генетичко инжењерство

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 9. 6. 2026. године.

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној 15. 7. 2026. године.

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној 15. 7. 2026. године, одлуком факултета под бр. 50/138, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	др Бранко Јовчић	редовни професор	биохемија и молекуларна биологија	Универзитет у Београду - Биолошки факултет
2.	др Никола Унковић	доцент и виши научни сарадник	алгологија и микологија	Универзитет у Београду – Биолошки факултет
3.	др Немања Станисављевић	научни саветник	молекуларна биологија	Универзитет у Београду - Институт за молекуларну генетику и генетичко инжењерство

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Декан Биолошког факултета

Проф. др Љубиша Станисављевић

Прилог: 1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
БИОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

Студентски трг 16
11000 БЕОГРАД
Република СРБИЈА
Тел: +381 11 2186 635
Факс: +381 11 2638 500
Е-пошта: dekanat@bio.bg.ac.rs

50/139 - 15. 7. 2026.

На основу члана 40. став 3. Закона о високом образовању и члана 38. став 1. Правилника о докторским академским студијама Универзитету у Београду - Биолошком факултету, Наставно-научно веће Факултета, на IX редовној седници одржаној 15. 7. 2026. године, донело је

ОДЛУКУ

1. Усваја се Извештај Комисије за оцену докторске дисертације кандидата:

Марије И. Петровић, под називом:

„Преобликовање ризосферног микробиома аграрних усева имплементацијом новодизајнираних бактеријских формулација са потенцијалом биоконтроле и промоције раста биљака“

2. Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације из тачке 1. Ове одлуке:

- др Бранко Јовчић, редовни професор, Универзитет у Београду - Биолошки факултет - члан,

- др Никола Унковић, доцент и виши научни сарадник, Универзитет у Београду - Биолошки факултет - члан,

- др Немања Станисављевић, научни саветник, Универзитет у Београду - Институт за молекуларну генетику и генетичко инжењерство - члан.

Универзитет је дана 25. 4. 2024. године. својим актом под бр. 02-07 Број: 61206-1438/2-24 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

О б р а з л о ж е њ е

Наставно-научно веће Факултета, на седници оджаној 15. 7. 2026. године, размотрило је Извештај Комисије за оцену докторске дисертације и констатовало да је докторска дисертација у складу са одобреном темом и да кандидат испуњава све услове за одбрану докторске дисертације предвиђене Правилником о докторским академским студијама на Универзитету у Београду - Биолошком факултету, укључујући и

Радове и конгресна саопштења из докторске дисертације:

Б1. **Радови у часописима међународног значаја:**

1. **Petrović, M.**, Janakiev, T., Ljaljević Grbić, M., Unković, N., Stević, T., Vukićević, S., Dimkić, I., 2024. Insights into endophytic and rhizospheric bacteria of five sugar beet hybrids in terms of their diversity, plant-growth promoting and biocontrol properties. Microbial Ecology, 87, 19. https://doi.org/10.1007/s00248-023-02329-0 **M21a**
   IF2 2024 4.0, категорија M21a

2. **Petrović, M.**, Bez, C., Janakiev, T., Kruščić, K., Bertani, I., Ćurčić, Ž., Duduk, N., Duduk, B., Venturi, V., Dimkić, I., 2026. Development of bioformulations for sugar beet growth promotion and resilience using tailored microbial consortia. Microbiological Research, 310, 128540. https://doi.org/10.1016/j.micres.2026.128540 **M21a**
   IF2 2024 6.9, категорија M21a

Будући да наводи садржани у Извештају Комисије потврђују да су се стекли услови за одбрану докторске дисертације, то је донета одлука као у диспозитиву.

Декан Биолошког факултета

Проф. др Љубиша Станисављевић

Доставити:
- Универзитету у Београду,
- докторанту,
- Стручној служби Факултета.
- Архиви Факултета

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ - БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА

На VII редовној седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Биолошког факултета, одржаној 15. 05. 2026 године, на основу молбе ментора, др Ивице Димкића, научног саветника Универзитета у Београду – Биолошког факултета, одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације Марија И. Петровић, докторанда Универзитета у Београду – Биолошког факултета под насловом: „**Преобликовање ризосферног микробиома аграрних усева имплементацијом новодизајнираних бактеријских формулација са потенцијалом биоконтроле и промоције раста биљака**“, у саставу: др Бранко Јовчић, редовни професор, Универзитет у Београду - Биолошки факултет; др Никола Унковић, доцент и виши научни сарадник, Универзитет у Београду - Биолошки факултет; др Немања Станисављевић, научни саветник, Универзитет у Београду - Институт за молекуларну генетику и генетичко инжењерство.

Комисија је прегледала урађену докторску дисертацију кандидаткиње и Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Биолошког факултета подноси следећи

И З В Е Ш Т А Ј

Општи подаци о докторској дисертацији

Веће научних области природних наука је на седници одржаној 25. 05. 2026. године дало сагласност на одлуку Наставно-научног већа Биолошког факултета Универзитета у Београду о прихватању теме докторске дисертације кандидаткиње Марије И. Петровић под називом „Преобликовање ризосферног микробиома аграрних усева имплементацијом новодизајнираних бактеријских формулација са потенцијалом биоконтроле и промоције раста биљака“, бр. одлуке 61206-1438/2-24. Докторска дисертација Марије И. Петровић је оригинално научно истраживање које је урађено на Биолошком факултету, Универзитета у Београду. Текст дисертације форматиран је и организован у складу са инструкцијама у упутству о облику и садржају докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду. Докторска дисертација садржи: насловну страну на српском и енглеском језику, податке о ментору и члановима комисије, захвалницу, сажетак на српском и енглеском језику са кључним речима, садржај, текст рада по поглављима, литературу, прилоге, биографију и три изјаве. Текст дисертације (199 страна) садржи следећа поглавља: Увод (стране 1-7), Циљеви (страна 8), Материјал и методе (стране 9-40), Резултати (стране 41-116), Дискусија (стране 117-129), Закључци (стране 130-132), Литература (133-145), Прилози (стране 146-199). Након биографије кандидаткиње, приложене су следеће изјаве: Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације и Изјава о коришћењу. Докторска дисертација садржи 60 слика и 50 табела

(4 слике у поглављу Увод, 12 слика и 8 табела у поглављу Материјал и Методе, 34 слике и 26 табела у поглављу Реултати, 10 слика и 16 табела у поглављу Прилози).

Анализа докторске дисертације

Поглавље **Увод** започиње разматрањем биљака као холобионата, при чему кандидаткиња истиче сложене симбиотске односе између биљака и њихове микробиоте. Детаљно се описује структура биљне микробиоте, укључујући њену дистрибуцију у различитим нишама као што су ризосфера, ендосфера и филосфера, са посебним освртом на ризосферу као високо динамичан микроекосистем. Даље се анализирају механизми формирања микробиолошких заједница, укључујући улогу земљишта као главног резервоара микроорганизама, као и хоризонтални и вертикални пренос микробиоте. Посебна пажња посвећена је утицају коренових ексудата и генетичких карактеристика биљке на селекцију специфичних микробиолошких заједница, као и двосмерној интеракцији између биљке и микроорганизама у условима абиотичког стреса. У наставку, кандидаткиња разматра ризосферне и ендофитске бактерије као значајан извор секундарних метаболита, указујући на разлике у метаболичком потенцијалу условљене специфичностима еколошких ниша које колонизују. Описује се адаптација ендофита на унутрашње биљно окружење, као и њихова улога у синтези метаболита важних за интеракцију са домаћином. Посебно се истиче значај секундарних метаболита, укључујући антибиотике, нерибозомске пептиде и поликетиде, као и улога не само у антагонизму према другим микроорганизмима већ и у комуникацији микроорганизама. Кандидаткиња даје преглед кључних бактеријских родова, као што су *Bacillus* и *Pseudomonas*, и њихових метаболита који доприносе биолошкој контроли фитопатогена. Даље следи разматрање интеракција између бактерија и биљке домаћина, са посебним освртом на улогу фитохормона у регулацији раста, развоја и одговора на стрес. Кандидаткиња анализира механизме којима бактерије утичу на хормонске сигналне путеве биљака, укључујући продукцију и модификацију ауксина, етилена и других фитохормона. Посебно се издваја улога бактерија које подстичу раст биљака, уз детаљан приказ механизама деловања, као што су фиксација азота, солубилизација фосфата, продукција индол-3-сирћетне киселине (*енг. Indole-3-Acetic Acid,* IAA) и активност 1-аминоциклопропан-1-карбоксилатне (*енг. 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylate,* ACC) деаминазе. Поред тога, разматра се и улога у заштити биљака од фитопатогена кроз продукцију антимикробних једињења, ензима и индукцију системске резистенције. У даљем тексту кандидаткиња анализира абиотичке и биотичке факторе који ограничавају принос значајних пољопривредних култура, са посебним освртом на шећерну репу и пшеницу. Разматрају се ефекти суше, салинитета, ниских температура и контаминације токсичним металима на физиологију биљака, као и улога корисних бактерија у ублажавању ових стресова. Додатно се разматрају значајне болести шећерне репе и пшенице, укључујући пегавост листа коју изазива *Cercospora beticola*, као и различите форме обољења изазваних врстама рода *Fusarium*, попут фузариозног увенућа (жутила) (*енг. Fusarium yellows*), трулежи корена и болести клијанаца. Посебно се истиче гумозност корена шећерне репе, повезана са инфекцијом столбур фитоплазмом

‘*Candidatus* Phytoplasma solani’, која је у Панонском региону често присутна са епидемијским интензитетом. Кандидаткиња детаљно разматра и комплексну интеракцију између фитоплазме ‘*Ca*. P. solani’ и гљиве *Macrophomina phaseolina,* указујући да се тешки облици трулежи корена јављају готово искључиво код биљака претходно заражених фитоплазмом, што указује на постојање сложеног патосистема биотроф–некротроф. Наглашава се и да ефикасне мере контроле овог комплекса болести још увек не постоје. Такође се разматрају последице интензивне пољопривреде, као што су деградација земљишта, смањење биодиверзитета и негативан утицај пестицида на животну средину. Посебно се наглашава да ризосфера, као изразито компетитивно окружење богато хранљивим материјама, погодује продукцији различитих секундарних метаболита укључених у компетицију и антибиозу, док ендофитске бактерије синтетишу једињења значајна за успостављање и одржавање интеракције са биљним домаћином. У наставку се разматрају кључни изазови савремене пољопривреде, укључујући пораст светске популације, смањење обрадивих површина и потребу за одрживим управљањем ресурсима. Кандидаткиња истиче значај развоја стратегија које омогућавају повећање приноса уз очување животне средине, са посебним освртом на примену корисних микроорганизама као алтернативе хемијским средствима. Поглавље се завршава разматрањем микробних конзорцијума као перспективне стратегије за одрживу пољопривредну производњу. Кандидаткиња даје детаљан приказ предности конзорцијума у односу на појединачне сојеве, укључујући већу стабилност, функционалну разноликост и ефикасност. Посебно се анализира савремени приступ моделовања микробних заједница, укључујући примену једначина функционалног ефекта за предвиђање понашања конзорцијума. На основу представљених истраживања, закључује се да овај приступ омогућава рационалан дизајн микробних заједница са циљем побољшања раста биљака, повећања отпорности на стрес и смањења употребе агрохемијских средстава, чиме се поставља основа за развој одрживих агроекосистема.

У поглављу **Циљеви** истраживања, кандидаткиња је јасно и прецизно дефинисала главне циљеве истраживања. Специфични циљеви су јасно наведени и приказани су у целости (преузето из докторске дисертације):

1. Испитивање диверзитета некултивабилних бактеријских заједница семена хибрида шећерне репе (Едуарда, Тајфун, Тибор, Коала и *Cercospora*-отпорни) техникама секвенцирања наредне генерације и биоинформатичком анализом.
2. Изолација, молекуларна карактеризација и идентификација бактеријских изолата из ризосфере, корена и семена хибрида шећерне репе и ризосфере и корена сорти пшенице (Centurion, Genius, Modern).
3. Утврђивање способности изолата из шећерне репе и пшенице у промоцији раста биљака *in vitro*, њихове ензимске активности, степена толеранције на стрес суше, соли и токсичне метале, као и антифунгалног потенцијала према одабраним фитопатогенима.
4. Дизајнирање бактеријских конзорцијума са изолатима најбољих перформанси у *in vitro* условима, комбиновањем класичних микробиолошких метода и статистичким моделовањем за одабир оптималних чланова конзорцијума.

5. Испитивање потенцијала степена колонизације кореновог система *in planta*, појединачним изолатима и дизајнираним конзорцијумима традиционалним микробиолошким методама и техникама секвенцирања наредне генерације, уз дефинисање промена састава бактеријских заједница ризосфере и корена у односу на негативну контролу.
6. Процена ефекта појединачних изолата и конзорцијума на раст и принос хибрида шећерне репе на огледним пољима, као и на раст и принос озиме сорте пшенице у контролисаним условима.
7. Процена ефекта конзорцијума на раст и принос хибрида шећерне репе изложених векторима '*Ca*. P. solani' у односу на негативну контролу, уз утврђивање секундарне инфекције и појаве трулежи корена шећерне репе узроковане са *M. phaseolina*.
8. Секвенцирање комплетних генома изолата од интереса и оптимизација бактеријских формулација са потенцијалом за комерцијализацију.

Поглавље **Материјали и методе** организовано је у 16 потпоглавља.

У првом потпоглављу „Медијуми коришћени у истраживању" приказане су рецептуре хранљивих медијума коришћених током истраживања.

У потпоглављу „Раствори коришћени у истраживању" приказане су рецептуре раствора коришћених током истраживања.

У потпоглављима „Узорковање биљног материјала" и „Припрема узорака биљног материјала" детаљно су описани поступци узорковања и припреме биљног материјала за даље анализе, укључујући коришћене хибриде шећерне репе и сорте пшенице, локалитете са којих је материјал прикупљен. Такође су уведене ознаке и скраћенице за биљне материјале.

У потпоглављу „Изолација укупне DNK из семена хибрида шећерне репе, припрема библиотеке и секвенцирање наредне генерације (*енг. Next-Generation Sequencing*, NGS)" описане су методе припреме узорака семена за изолацију укупне DNK, поступак изолације укупне DNK, као и одабир прајмера и платформе коришћене за секвенцирање. Детаљно су приказани поступци обраде секвенци и таксономске анотације узорака семена хибрида шећерне репе, као и примењене биоинформатичке и статистичке анализе, укључујући пакете коришћене у програмском окружењу R.

Потпоглавља „Изолација ендофитних бактерија из семена и корена" и „Изолација врста рода *Bacillus* из земљишта" обухватају поступке изолације ендофитних бактерија и врста рода *Bacillus* из претходно припремљених биљних узорака описаних у првом потпоглављу.

У потпоглављу „Молекуларна идентификација култивабилних бактерија" детаљно су описани поступци изолације геномске DNK, провере квалитета, реакције ланчаног умножавања (*eng. Polymerase Chain Reaction*, PCR) гена за 16S rRNK, као и

провере и пречишћавања добијених ампликона. Такође су приказани прајмери коришћени за умножавање и секвенцирање гена за 16S rRNK, као и избор платформе и поступак секвенцирања. Описани су поступци таксономске идентификације бактеријских изолата на основу секвенци гена за 16S rRNK, укључујући претрагу хомологних секвенци у GenBank бази података применом BLAST алгоритма. Такође су приказани поступци одабира референтних сојева, поравнања секвенци применом CLUSTAL W алгоритма, као и конструкције филогенетских стабала методом „*Neighbor-joining*“ уз примену Kimura двопараметарског модела супституције нуклеотида и bootstrap анализе.

У потпоглављу „*In vitro* тестови на изолатима шећерне репе и пшенице“ детаљно су описани поступци испитивања способности бактеријских изолата у промоцији раста биљака, укључујући фиксацију азота, солубилизацију фосфата, продукцију IAA, сидерофора, ACC деаминазе, цијановодоничне киселине, егзополисахарида, као и способност ројења и пливања по подлози. Такође су описани поступци испитивања толеранције изолата на абиотичке стресоре, укључујући стрес суше, повишену концентрацију соли и присуство токсичних метала (кадмијум-нитрата, кобалт-нитрата, олово-хлорида и жива-хлорида). У оквиру овог поглавља приказани су и поступци испитивања способности продукције екстрацелуларних ензима, укључујући амилазе, протеиназе, липазе, ксиланазе, целулазе, мананазе, желатиназе и пектиназе, као и методе испитивања антифунгалне активности према одабраним фитопатогеним гљивама. Такође су наведени сви фитопатогени сојеви коришћени у анализама и њихово порекло.

У потпоглављу „Дизајнирање конзорцијума шећерне репе традиционалним приступом и инокулација семена шећерне репе за *in planta* експерименте“ детаљно је описан поступак одабира бактеријских изолата традиционалним приступом за формулацију три конзорцијума, чији је састав приказан у овом одељку. Такође су описани поступци припреме бактеријских конзорцијума, инокулације семена шећерне репе, као и поставка огледа у саксијама, укључујући услове гајења, време сетве и узорковања (три временске тачке), праћене параметре раста и примењене статистичке анализе. У оквиру овог потпоглавља описани су и поступци изолације укупне бактеријске DNK из узорака корена и ризосфере шећерне репе све три временске тачке, као и почетног инокулума (смеша свих изолата), припрема 16S rRNK ампликонских библиотека, одабир прајмера, PCR умножавање, секвенцирање, као и поступци обраде секвенци, биоинформатичке и статистичке анализе, укључујући пакете коришћене у програмском окружењу R.

У потпоглављу „Испитивање колонизације корена и ризосфере хибрида Koala и припрема Rif_r изолата за колонизацију семена у експериментима *in planta*“ описан је поступак добијања спонтано насталих рифампицин-резистентних (*енг. Rifampicin-Resistant,* Rif_r) мутаната бактеријских изолата који су улазили у састав конзорцијума, као и њихова молекуларна карактеризација. Такође су детаљно приказани поступци инокулације семена шећерне репе Rif_r изолатима, поставка огледа у саксијама, услови

гајења, време узорковања и праћења параметара раста биљака. У оквиру овог потпоглавља описани су и поступци реизолације Rif_r изолата из корена и ризосфере шећерне репе ради процене способности колонизације кореновог система и ризосфере.

У потпоглављу „Дизајнирање конзорцијума пшенице и шећерне репе моделом прегледа функционалности заједнице (*енг. Community-Function Landscape Model*)" детаљно је описан поступак одабира бактеријских изолата за дизајнирање конзорцијума применом модела прегледа функционалности заједнице. Приказане су експерименталне процедуре припреме монокултура и кокултура изолата за испитивање различитих механизама у промоцији раста биљака (*енг. Plant Growth Promotion,* PGP) карактеристика, као и поступци мерења функционалних особина бактеријских заједница. Такође су детаљно описани поступци предиктивног моделовања функционалности конзорцијума, укључујући статистичке и биоинформатичке анализе примењене за процену функционалног потенцијала заједница. У овом потпоглављу дат је и табеларни приказ одабраних конзорцијума шећерне репе и пшенице добијених применом овог модела. Даље су описани огледи у саксијама са одабраним конзорцијумима пшенице, укључујући услове гајења у коморама за раст, време сетве и узорковања, као и параметре праћене током експеримента, који су обухватали суву масу корена и надземног дела, као и дужину корена и изданка. Такође су приказани одабрани конзорцијуми шећерне репе који су коришћени у огледима у пољу, агрохемијске анализе земљишта на оба локалитета, поступак облагања семена бактеријским конзорцијумима, време узорковања и праћени параметри раста и приноса. Описане су и анализе приноса, садржаја шећера, алфа-амино азота, калијума и натријума у корену шећерне репе.

У потпоглављу „Утицај одабраног конзорцијума на шећерну репу у присуству вектора '*Ca*. P. solani'" детаљно је описана организација експеримента са векторима фитоплазме '*Candidatus* Phytoplasma solani', укључујући врсте инсеката коришћеним као преносиоци фитоплазме, поставку експеримента и примењени бактеријски конзорцијум. Такође су приказани услови гајења, време узорковања шећерне репе и поступци припреме узорака корена и ризосфере шећерне репе за изолацију укупне бактеријске и фунгалне DNK. У овом потпоглављу наведене су и уведене скраћенице за узорке, као и детаљно описани поступци изолације тоталне DNK, одабир прајмера за умножавање гена за 16S RNK, PCR услови, припрема библиотека, секвенцирање, обрада секвенци, таксономска анотација и биоинформатичке и статистичке анализе, укључујући пакете коришћене у програмском окружењу R. Поред тога, описани су поступци изолације и молекуларне идентификације гљиве *Macrophomina phaseolina* из корена, укључујући прајмере коришћене за ITS1 и ITS2 регионе, услове PCR програма и поступак секвенцирања.

У потпоглављу „Секвенцирање генома бактеријских кандидата и биоинформатичка анализа" детаљно су наведени одабрани бактеријски изолати коришћени за секвенцирање генома, као и поступци изолације геномске DNK, припреме библиотека и одабир платформи за секвенцирање. Описани су поступци

склапања генома, функционалне и таксономске анотације, као и филогеномске анализе испитиваних изолата. Такође су приказани поступци идентификације потенцијалних фактора вируленције, гена повезаних са антимикробном резистенцијом, као и претрага биосинтетичког потенцијала за продукцију секундарних метаболита. У оквиру овог потпоглавља наведене су базе података, биоинформатички алати и програмски пакети коришћени током анализе геномских података.

Поглављем **Резултати** јасно су представљени резултати добијени у истраживању. Уз прегледне табеле, графичке приказе и прецизна тумачења, читалац може да прати ток спроведених истраживања. Поглавље је организовано у 12 потпоглавља.

У потпоглављу „Анализа алфа и бета диверзитета ендофитних бактерија семена хибрида шећерне репе“ приказани су табеларни резултати просечног броја варијанти ампликонских секвенци по хибриду шећерне репе. Затим следи графички приказ анализе алфа и бета диверзитета ендофитних бактеријских заједница семена различитих хибрида шећерне репе.

У потпоглављу „Релативна заступљеност бактеријских раздела и родова у семену хибрида шећерне репе“ резултати су представљени графичким приказима релативне заступљености бактеријских таксона. Наведене су вредности релативне заступљености најдоминантнијих бактеријских раздела и родова у семену испитиваних хибрида шећерне репе.

У потпоглављу „Анализа диференцијалне заступљености ендофитних бактерија семена између хибрида“ графички су приказане разлике у заступљености бактеријских таксона између појединачних хибрида шећерне репе. Детаљно су описане статистички значајне разлике у заступљености појединих таксона између испитиваних хибрида.

Потпоглавље „Диверзитет култивабилних ендофита и бактерија ризосфере хибрида шећерне репе“ садржи табеларне и графичке приказе преклапања култивабилних бактерија из семена, корена и ризосфере пет хибрида шећерне репе, уз навођење јединствених и заједничких врста за поједине хибриде. Такође је приказан списак идентификованих бактеријских патогена који су искључени из даљих истраживања. У оквиру овог потпоглавља приказана су и филогенетска стабла култивабилних бактеријских изолата из сваког хибрида шећерне репе.

У потпоглављу „Диверзитет култивабилних ендофита корена и ризосферних бактерија сорти пшенице“ резултати су представљени табеларним и графичким приказима преклапања култивабилних бактерија корена и ризосфере сорти пшенице. Приказан је број јединствених и заједничких врста за сваку сорту пшенице, као и филогенетска стабла култивабилних бактеријских изолата из све три сорте пшенице. Такође је наведен списак идентификованих бактеријских патогена који су искључени из даљих анализа.

Потпоглавље „Резултати испитивања PGP својстава, ензимске активности, толеранције на абиотичке стресове и антифунгалног потенцијала бактеријских изолата из шећерне репе“ почиње приказом резултата иницијалног скрининга 156 бактеријских изолата пореклом из шећерне репе. У наставку је детаљно описан поступак селекције изолата за даља испитивања, након чега су приказани резултати одабрана 32 бактеријска изолата са најизраженијим функционалним карактеристикама. Резултати PGP својстава, продукције екстрацелуларних ензима, толеранције на стрес соли и присуство токсичних метала приказани су табеларно, уз детаљну интерпретацију добијених резултата. У оквиру овог потпоглавља приказани су и резултати *in vitro* евалуације антифунгалне активности изолата шећерне репе према фитопатогеним гљивама рода *Fusarium* и врсти *Cercospora beticola*. Представљени су процентуални резултати инхибиције раста фитопатогена, уз издвајање изолата који су показали статистички значајну антагонистичку активност.

Потпоглавље „Резултати испитивања PGP својстава, ензимске активности, толеранције на абиотичке стресове и антифунгалног потенцијала бактеријских изолата из пшенице“ почиње приказом резултата иницијалног скрининга 71 бактеријског изолата пореклом из пшенице. У наставку је описан поступак селекције изолата за даља испитивања, након чега су приказани резултати одабраних 35 бактеријских изолата са најизраженијим функционалним карактеристикама. Резултати PGP својстава, продукције екстрацелуларних ензима, толеранције на стрес соли, суше и присуство токсичних метала приказани су табеларно, уз детаљну интерпретацију добијених резултата. У оквиру овог потпоглавља приказани су и резултати *in vitro* евалуације антифунгалне активности изолата пшенице према десет фитопатогених врста рода *Fusarium*. Представљени су процентуални резултати инхибиције раста фитопатогена, уз издвајање изолата који су показали најизраженију антагонистичку активност.

Потпоглавље „Дизајнирање конзорцијума традиционалним методама и моделом прегледа функционалности заједнице“ садржи резултате одабира бактеријских конзорцијума шећерне репе традиционалним приступом. Детаљно је објашњен начин формирања конзорцијума Mix1, Mix2 и Mix3, као и састав изолата који су улазили у њихов састав. У наставку су приказани резултати модела прегледа функционалности заједнице. Графички су представљени доприноси појединачних изолата у ко-култури са осталим изолатима на продукцију IAA, липаза, пектиназа, сидерофора и солубилизацију фосфата. Детаљно је интерпретиран утицај сваког изолата на испитиване функције, укључујући изолате који нису испољили значајан допринос, као и оне који су позитивно или негативно утицали на одређене функционалне особине заједнице. Такође су приказани измерени и предвиђени резултати функција у ко-културама, уз табеларни приказ одабраних конзорцијума шећерне репе добијених применом модела. У наставку потпоглавља приказани су резултати модела за бактеријске изолате пшенице, укључујући анализу доприноса изолата у ко-култури на продукцију IAA, сидерофора, солубилизацију фосфата и инхибиторну активност према

врсти *Fusarium graminearum*. Детаљно су интерпретирани резултати моделовања, а табеларно су приказани и одабрани конзорцијуми пшенице добијени применом модела предвиђања. У оквиру овог потпоглавља представљени су и резултати провере валидности и тачности модела, добијени тестирањем насумично одабраних комплекснијих конзорцијума са већим бројем изолата.

Потпоглавље „Инокулација семена шећерне репе и пшенице и утицај на раст *in planta*“ почиње приказом резултата параметара раста шећерне репе у огледима у саксијама у присуству конзорцијума Mix1, Mix2 и Mix3 у односу на нетретирану контролу. Резултати су детаљно интерпретирани и табеларно приказани. У наставку су представљени резултати утицаја рифампицин-резистентних изолата на суву масу надземног дела шећерне репе, након чега следи приказ резултата реизолације ових изолата из корена и ризосфере шећерне репе. Добијени подаци су детаљно анализирани и интерпретирани у контексту способности колонизације кореновог система и ризосфере. Даље, у потпоглављу су приказани резултати метабаркодинг анализа корена и ризосфере шећерне репе из огледа са конзорцијумима Mix1, Mix2 и Mix3. Посебно је истакнут значај праћења колонизације комбинацијом традиционалних микробиолошких метода и метабаркодинг приступа, као и значај интеграције ова два методолошка приступа у анализи микробиома биљака. Резултати алфа и бета диверзитета приказани су за све три временске тачке узорковања, док су релативне заступљености бактеријских раздела и родова у контролном и третираним варијантама (Mix1, Mix2 и Mix3) представљене графички. Детаљно су анализиране промене у структури микробиома корена и ризосфере током времена, као и утицај бактеријских третмана на састав микробних заједница. У оквиру овог потпоглавља приказани су и резултати диференцијалне анализе релативне заступљености статистички значајних таксона, уз детаљну интерпретацију промена у заступљености појединих бактеријских група услед примене различитих третмана. Потпоглавље се завршава резултатима раста и приноса пшенице у *in planta* условима под утицајем одабраних конзорцијума добијених применом модела прегледа функционалности заједнице. Резултати су приказани табеларно и детаљно интерпретирани, уз анализу параметара раста, укључујући дужину корена, висину изданка, суву масу корена и суву масу надземног дела биљака. Посебно су истакнути конзорцијуми који су показали статистички најзначајнији позитиван утицај на испитиване параметре раста пшенице.

Потпоглавље „Процена параметара раста шећерне репе на огледним пољима“ почиње приказом конзорцијума коришћених у огледима у пољу, при чему је конзорцијум Mix3, који је у огледима у саксијама показао највећи утицај у повећању диверзитета бактерија у корену и ризосфери шећерне репе, у огледима у пољу означен као третман T15. У овом потпоглављу приказани су резултати испитиваних параметара шећерне репе на два огледна поља, Тамиш и Нови Сад. Најпре су представљени резултати првог узорковања, укључујући суву масу корена и суву масу надземног дела биљака. Резултати су детаљно интерпретирани, уз истицање третмана који су статистички значајно допринели повећању параметара раста у односу на нетретирану контролу. У наставку су приказани резултати анализе параметара на крају вегетационе

сезоне, укључујући принос, садржај шећера, садржај алфа-амино азота, калијума и натријума у корену шећерне репе. Детаљно су интерпретиране разлике између испитиваних локалитета, као и разлике између третмана у оквиру сваког огледног поља.

Потпоглавље „Анализа микробиома хибрида шећерне репе Koala у огледу са '*Ca*. P. solani'" садржи графички представљене резултате који су детаљно интерпретирани и анализирани. Потпоглавље започиње приказом резултата алфа и бета диверзитета, односно богатства врста и диверзитета бактеријских заједница у корену и ризосфери шећерне репе, уз интерпретацију утицаја присуства фитоплазме '*Ca*. P. solani', третмана Mix3 и њихове комбинације. У наставку су графички приказани и интерпретирани резултати релативне заступљености бактеријских таксона, уз праћење динамике промена бактеријских заједница у условима присуства и одсуства инфекције фитоплазмом, као и у присуству бактеријског третмана. Посебна пажња посвећена је анализи реакције бактеријских заједница на појединачно присуство '*Ca*. P. solani', на третман Mix3, као и на њихову комбиновану интеракцију. Такође, у оквиру овог потпоглавља приказани су резултати диференцијалне анализе заступљености бактеријских таксона, односно таксона који су били статистички значајно обогаћени или смањено заступљени у различитим експерименталним групама. Детаљно су интерпретиране промене у структури бактеријских заједница услед присуства фитоплазме и бактеријског третмана, као и њихов утицај на динамику микробиома шећерне репе. Ово потпоглавље завршава се анализом промена у фунгалној заједници корена и ризосфере шећерне репе у условима присуства '*Ca*. P. solani' и третмана Mix3. Посебно је истакнуто обогаћивање таксона *Macrophomina phaseolina* у корену шећерне репе заражене фитоплазмом, што указује на њену улогу као секундарног узрочника инфекције. Ова претпоставка додатно је потврђена изолацијом гљиве из заражених коренова и њеном молекуларном идентификацијом.

У потпоглављу „Секвенцирање целокупних генома" приказани су резултати секвенцирања, састављања и анотације генома одабраних бактеријских изолата *Bacillus halotolerans* СЗ-16/2.1, *Bacillus velezensis* СЗ-19, *Bacillus subtilis* КОЗ-18, *Pseudomonas oryzihabitans* КОЗ-19 и *Mixta theicola* КОЗ-44. Наведен је број секвенци са упареним крајевима добијених након филтрирања по квалитету, који је коришћен за слагање генома сваког изолата. Резултати су организовани по појединачним сојевима. За сваки анализирани сој приказани су параметри састављеног генома, укључујући број контига, N50 вредност, величину генома, GC садржај и број предвиђених гена. Такође су представљени резултати процене комплетности генома применом BUSCO анализе, чиме је потврђен висок квалитет и поузданост састављених генома. У оквиру овог потпоглавља приказана су и филогенетска стабла и резултати анализе просечне сличности нуклеотида (*eng. Average Nucleotide Identity*, ANI), којима је потврђена таксономска припадност секвенцираних изолата. Детаљно су интерпретирани резултати геномске сродности са референтним сојевима, као и позиционирање изолата унутар одговарајућих врста. Посебна пажња посвећена је анализи гена повезаних са антимикробном резистенцијом, потенцијалним факторима вируленције и

биосинтетичким потенцијалом за продукцију секундарних метаболита. Приказани су резултати претраге биосинтетичких генских кластера одговорних за синтезу различитих антимикробних једињења, сидерофора, липопептида и других секундарних метаболита значајних за биоконтролу и интеракцију са биљкама.

У поглављу **Дискусија** кандидаткиња је дала свеобухватну и критички утемељену интерпретацију добијених резултата, повезујући их са савременим научним сазнањима из области биљно–микробних интеракција, PGP бактерија и њихове улоге у одрживој пољопривреди.

У потпоглављу „NGS профилисање бактеријског диверзитета семена хибрида шећерне репе“ дискутовани су резултати метабаркодинг анализе бактеријских заједница семена различитих хибрида шећерне репе. Посебно је разматран утицај генотипа биљке на структуру и диверзитет бактеријских заједница, као и разлике у заступљености доминантних бактеријских таксона између анализираних хибрида. Дискутована је потенцијална улога родова *Pantoea, Pseudomonas, Kosakonia, Enterobacter, Acinetobacter* и других детектованих таксона у промоцији раста биљака, толеранцији на стрес и отпорности према фитопатогенима. Такође је указано на значај појединих специфичних таксона који су били карактеристични само за одређене хибриде шећерне репе, као и на њихов могући еколошки и функционални значај у микробиому семена.

У потпоглављу „Култивабилни диверзитет хибрида шећерне репе и сорти пшенице“ резултати су критички размотрени у контексту концепта филосимбиозе и утицаја генотипа биљке на структуру и диверзитет микробиома. Дискутоване су сличности и разлике у саставу култивабилних бактеријских заједница ризосфере, корена и семена хибрида шећерне репе и сорте пшенице, уз поређење добијених резултата са претходним истраживањима.

У потпоглављу „PGP активности изолата из шећерне репе и пшенице“ кандидаткиња разматра PGP активности изолата добијених из шећерне репе и пшенице, при чему резултате директно повезује са савременим сазнањима из области интеракција биљка–микроорганизам и примене PGP бактерија у одрживој пољопривреди. Полази се од концепта да су биљке колонизоване комплексним бактеријским заједницама чије интеракције утичу на раст и здравље биљака, при чему се посебно наглашава значај аутохтоних бактеријских сојева као еколошки боље прилагођених и функционално ефикаснијих у односу на интродуковане сојеве. У дискусији се такође истичу негативни ефекти интензивне примене хемијских ђубрива и пестицида, чиме се оправдава све већи значај примене корисних бактерија као алтернативе у циљу смањења загађења и развоја резистенције патогена. Даље се резултати PGP тестирања интерпретирају кроз функционалне механизме деловања изолата, при чему се посебно наглашавају фиксација азота и солубилизација фосфора као кључне особине за побољшање доступности хранљивих материја у земљишту. Значајан део овог потпоглавља посвећен је продукцији IAA, која се доводи у везу са стимулацијом раста и издуживањем корена, повећањем коренске површине и

интензивнијим лучењем коренских ексудата, што додатно поспешује успостављање микробно–биљних интеракција у ризосфери. На овај начин кандидаткиња повезује добијене резултате са постојећим литературним подацима и потврђује функционални значај изолованих сојева. У наставку се истиче улога сидерофора у побољшању усвајања гвожђа и компетитивној предности у односу на фитопатогене, као и значај продукције водоник-цијанида и других секундарних метаболита у антагонистичком деловању према патогенима. Поред тога, разматра се и улога хидролитичких ензима у разградњи органске материје, колонизацији биљних ткива и биоконтроли патогена, чиме се додатно наглашава мултифункционалност испитиваних изолата. Код изолата из пшенице посебно се истичу специфичне разлике у PGP профилима сорти, при чему се наглашава да разлике не постоје само на нивоу састава микробних заједница, већ и на нивоу њиховог функционалног доприноса. Овај налаз указује да биљни генотип значајно утиче на експресију и комбинацију PGP особина повезаних бактерија, што има директне последице на потенцијал примене у пољопривреди. Свеукупно, дискусија наглашава да PGP бактерије представљају функционално веома разнолику групу микроорганизама чији ефекти зависе од комбинације више механизама деловања, али и од интеракције са специфичним биљним домаћином и условима средине, чиме се добијени резултати позиционирају у шири концепт микробно-биљних интеракција и њихове примене у агроеколошким системима.

У потпоглављу „Сојеви шећерне репе и пшенице у толеранцији абиотичког стреса“ дискутовани су резултати испитивања толеранције бактеријских изолата на различите абиотичке стресоре, укључујући повишене концентрације соли, дефицит влаге и присуство токсичних метала. Разматран је потенцијал одабраних изолата шећерне репе и пшенице за опстанак и активност у условима стреса, уз поређење добијених резултата са доступним литературним подацима. Посебна пажња посвећена је сојевима који су показали високу толеранцију на салинитет и сушу, као и способности појединих изолата да расту у присуству токсичниих метала. Такође је дискутована могућа улога механизама као што су продукција егзополисахарида и ACC деаминазе у адаптацији бактерија и ублажавању негативних ефеката абиотичког стреса код биљака.

У потпоглављу „Антагонистички потенцијал изолата из шећерне репе и пшенице“ кандидаткиња је критички разматрала резултате антифунгалне активности одабраних бактеријских изолата према фитопатогеним гљивама родова *Fusarium* и *Cercospora*. Дискутован је изражен антагонистички потенцијал сојева родова *Bacillus* и *Paenibacillus*, посебно сојева *B. halotolerans, B. subtilis, B. amyloliquefaciens, B. velezensis* и *P. polymyxa*, као и њихова способност инхибиције раста више различитих фитопатогена. Посебна пажња посвећена је сојевима који су показали најшири и статистички најзначајнији спектар антифунгалне активности, као потенцијалним кандидатима за биоконтролу биљних патогена. Резултати су упоређени са доступним литературним подацима о антагонистичким механизмима и биоконтролном потенцијалу сродних бактеријских врста.

У потпоглављу „Промоција раста шећерне репе и пшенице *in planta*“ кандидаткиња је разматрала резултате примене бактеријских конзорцијума и појединачних сојева на раст и биомасу шећерне репе и пшенице, као и колонизацију шећерне репе, повезујући добијене резултате са савременим литературним подацима о улози PGP бактерија у стимулисању раста биљака. Посебно је дискутовано да појединачни сојеви могу брже и ефикасније колонизовати корен у раним фазама развоја биљке, док у оквиру конзорцијума различити чланови заједнице показују различиту динамику колонизације и активности, што може довести до временски одложених, али дугорочно стабилнијих и синергистичких ефеката. Наглашено је да је интеграција култивационог и метабаркодинг приступа омогућила детаљнији увид у колонизацију и динамику микробиолошких заједница, при чему перзистентност појединачних сојева представља важан показатељ компатибилности конзорцијума и успешности стратегија колонизације. Кандидаткиња је разматрала и литературне податке који указују да у микробиолошким конзорцијумима долази до поделе метаболичких и функционалних улога између чланова заједнице, што омогућава ефикасније деловање у односу на појединачне сојеве. У том контексту дискутован је и значај функционално комплементарних сојева за постизање синергистичких ефеката и стабилније промоције раста биљака. Посебна пажња посвећена је стабилности и динамици микробиома корена и ризосфере након инокулације, укључујући промене у алфа и бета диверзитету, релативној заступљености бактеријских таксона и способности појединих сојева да дугорочно колонизују биљку домаћина. Дискутован је значај родова *Pseudomonas, Bacillus, Streptomyces* и других чланова ризосферне заједнице, чија је улога у колонизацији корена, циклусу хранљивих материја и толеранцији на стрес већ потврђена у литератури. Код пшенице је посебно издвојен третман Tp14, чији су ефекти на раст и развој биљака повезани са литературним подацима о синергистичком деловању врста родова *Bacillus* и *Serratia*, њиховој способности колонизације ризосфере, солубилизације хранљивих материја и ублажавања стресних услова.

У потпоглављу „Утицај Mix3 конзорцијума на микробиом шећерне репе у трансмисијском огледу са ‘*Ca*. Phytoplasma solani’“ кандидаткиња разматра утицај конзорцијума Mix3 на структуру и динамику бактеријских и фунгалних заједница шећерне репе у трансмисионом огледу са ‘*Ca*. Phytoplasma solani’. Посебно је истакнут значај микробиолошке разноврсности у очувању стабилности ризосферне заједнице и супресији патогена, као и потенцијал конзорцијума Mix3 да усмерава микробиом ка стабилнијим и олиготрофним заједницама. Дискутоване су промене у бактеријским заједницама ризосфере и корена у условима инфекције фитоплазмом, укључујући обогаћивање таксона повезаних са стрес-толеранцијом, разградњом органске материје и биоконтролом. Истакнута је способност биљке и микробиолошког конзорцијума да селективно регрутују корисне таксоне као одговор на стрес и инфекцију фитоплазмом. Такође је назначено да инфекција фитоплазмом доводи до реструктурирања микробиома и појаве секундарне инфекције патогеном *Macrophomina phaseolina*, што је потврђено метабаркодинг анализом и молекуларном идентификацијом. Поред бактеријских заједница, разматране су и промене у структури фунгалног микробиома,

при чему је наглашен потенцијал Mix3 третмана у супресији фитопатогених таксона, укључујући род *Cercospora*, и у подстицању таксона са потенцијалним супресивним деловањем на болести. Додатно је истакнуто да су слични обрасци губитка диверзитета и поједностављења фунгалних мрежа уочени и код других биљних домаћина заражених фитоплазмом, што указује да реструктурирање микробиолошких заједница представља шире очуван одговор биљака на фитоплазматску инфекцију.

У потпоглављу „Утицај конзорцијума на раст и принос шећерне репе у пољу“ кандидаткиња разматра утицај бактеријских сојева и конзорцијума на раст, принос и квалитет шећерне репе у огледима у пољу, при чему наглашава да су ефекти варирали у зависности од локалитета. Даље, истиче се како је варијабилност у ефикасности инокуланата између локалитета честа појава и да се најчешће повезује са разликама у особинама земљишта, саставу аутохтоног микробиома и спољашњим условима средине. Кандидаткиња посебно наглашава да Mix3 конзорцијум (T15), иако ефикасан у контролисаним условима, није довео до повећања приноса у пољу, али је утицао на повећање садржаја шећера, калијума и натријума што указује на постојање компромиса између акумулације шећера и укупног приноса биомасе. Овај образац се доводи у везу са прерасподелом метаболизма угљеника и утицајем спољашњих фактора средине. Такође се разматра утицај калцијума, калијума и натријума на квалитет корена и садржај шећера, при чему се истичу разлике између локалитета и њихова повезаност са нутритивним условима земљишта. Кандидаткиња наводи како је усвајање натријума (као што је уочено код третмана T1 на оба локалитета, може објаснити нижи садржај шећера упркос побољшаној минералној исхрањености), у складу са негативним ефектима високог садржаја натријума на принос у повољним агроеколошким условима. Посебно се издвајају конзорцијуми T9 и T10, који су истовремено повећали и принос и садржај шећера, превазилазећи уобичајени компромис, што се објашњава синергистичким деловањем функционално компатибилних сојева и њиховим PGP особинама.

У потпоглављу „Анализа генома селектованих сојева шећерне репе“ кандидаткиња разматра резултате геномске анализе одабраних сојева из шећерне репе, са посебним освртом на њихов биосинтетички и безбедносни потенцијал. AntiSMASH анализа показује да *Bacillus* изолати поседују широк спектар гена за синтезу секундарних метаболита, укључујући антифунгална и антимикробна једињења као што су фенгицини, сурфактини и бацилизини, који имају кључну улогу у биоконтроли фитопатогена и колонизацији ризосфере. Кандидаткиња истиче да додатно идентификовани поликетидни и бактериоцински кластери (субтилозин А, субтиломицин, бацилајен, дифицидин и макролактин) указују на висок антагонистички и биоконтролни потенцијал ових сојева, као и на њихову способност у индукцији системске отпорности биљака. Посебно се наглашава да ови резултати потврђују функционалну релевантност геномског потенцијала у контексту претходно уочених PGP особина. Такође, наводи се да су у већини изолата детектовани само еволутивно конзервирани, хромозомски кодирани гени или регулатори, без доказа о стеченим, мобилним или клинички релевантним детерминантама антимикробне резистенције. За

гене антимикробне резистенције који су идентификовани у испитиваном сојy *B. subtilis* subsp. *subtilis* KO3-18 истиче се да су хромозомски кодирани и одговарају урођеним механизмима резистенције и да њихово присуство не представља безбедносни ризик, јер урођени гени резистенције имају низак ризик хоризонталног преноса и сматрају се занемарљивом претњом по животну средину. Додатно, истиче се да иако су интегративни и коњугативни елементи као што је ICEBs1 описани код појединих сојева *B. subtilis* њихово одсуство у геному испитиваног соја *B. subtilis* subsp. *subtilis* KO3-18 указује на изостанак потенцијала за хоризонтални пренос резистенције и подржава еколошку безбедност његове примене. У целини, кандидаткиња закључује да интеграција геномских и функционалних анализа омогућава поуздану процену биотехнолошког и безбедносног потенцијала изолата, као и њихову рационалну селекцију за развој ефикасних микробиолошких биоинокуланата за одрживу пољопривреду.

У поглављу **Закључци** кандидаткиња је јасно и прегледно сумирала најважније резултате добијене у оквиру докторске дисертације, који у потпуности одговарају постављеним циљевима истраживања и представљају логичан исход експерименталног и теоријског рада. Закључци су правилно изведени и у потпуности произилазе из добијених резултата истраживања. На основу анализе експерименталних резултата формулисано је 14 закључака (преузето у целости из докторске дисертације):

1. Диверзитет бактерија и структура микробиолошких заједница повезаних са шећерном репом и пшеницом значајно зависе од сорте биљака, типа анализираног узорка (корен, семе или ризосфера) и генотипа домаћина.
2. Метабаркодинг анализа семена шећерне репе показала је конзистентан образац диверзитета у складу са култивабилним приступом, при чему је виши алфа диверзитет забележен код хибрида Едуарда, Коала и Тибор на свим таксономским нивоима, док је Тајфун имао најнижи алфа диверзитет и богатство врста. Анализа бета диверзитета показала је јасно одвајање хибрида Коала и Тајфун у односу на хибриде Едуарда, Тибор и *Cercospora*-отпорни хибрид, како на нивоу варијанти ампликонских секвенци, тако и на нивоу рода, што указује на значајне разлике у структури микробиома семена између генотипова. На таксономском нивоу, раздео *Proteobacteria* био је доминантан код свих пет хибрида, док је род Pantoea био најзаступљенији представник микробиома семена. Анализом диференцијалне заступљености идентификована су 23 таксона која су била статистички значајно обогаћена у појединим хибридима, што додатно потврђује изражен генотипски ефекат домаћина на структуру бактеријских заједница у семену.
3. Хибриди шећерне репе разликовали су се у нивоу култивабилног диверзитета, при чему је Едуарда имала највећи диверзитет у семену, а Тибор у корену, док је само Тибор показао потпуни изостанак преклапања врста између корена, ризосфере и семена. Заједничке бактеријске врсте детектоване су између хибрида у семену (*Bacillus subtilis*) и ризосфери (*Lysinibacillus macroides*), док у

корену није постојала ниједна заједничка врста између пет испитиваних хибрида, што указује на снажну селективну улогу корена.

4. Испитивањем култивабилног бактериобиома пшенице није забележена заједничка врста у ризосфери различитих сорти, док је у корену присуство *Agrobacterium tumefaciens* било заједничко за испитиване генотипове. Сорта Modern испољила је највећи култивабилни бактеријски диверзитет како у корену тако и у ризосфери, што указује на снажан утицај генотипа домаћина на обликовање микробиолошких заједница.
5. Бактеријски изолати пореклом из шећерне репе и пшенице испољили су широк спектар особина значајних за промоцију раста биљака, укључујући PGP потенцијал, продукцију хидролитичких ензима, толеранцију на абиотичке факторе и антифунгалну активност. Анализа толеранције на токсичне метале показала је да су изолати најтолерантнији на олово-хлорид, умерено толерантни на кобалт-нитрат и кадмијум-нитрат, док се жива-хлорид издвојила као најтоксичнији метал. При томе су само изолати *Bacillus subtilis* пореклом из шећерне репе и пшенице испољили подједнаку толерантност на жива-хлорид при концентрацији од 0,008%. У погледу антагонистичког потенцијала, изолат *Bacillus velezensis* T2-23 показао је највишу и статистички значајну ефикасност у сузбијању већег броја патогених *Fusarium*, затим следе *B. velezensis* C3-19, *B. velezensis* ED2-2 и *B. subtilis* TF2-1. Као статистички најзначајнији антагонисти Cercospora beticola издвојени су изолати C3-19 и T2-23. Међу изолатима пореклом из пшенице, статистички најзначајнију антагонистичку активност према врстама рода *Fusarium* показали су *B. velezensis* MP10-7 и *Pseudomonas glycanilyticus* MP10-20.
6. Метабаркодинг анализа корена и ризосфере из *in planta* тестова показала је да је диверзитет бактерија изразито зависио од примењеног третмана и времена узорковања. Док је код контролних биљака, као и код третмана Mix1 и Mix2, забележен постепен пад диверзитета бактерија до краја периода узорковања, примена конзорцијума Mix3 допринела је повећању диверзитета и очувању стабилности микробиома. Овај ефекат се огледа у опоравку родова *Bacillus, Opitutus, Geobacillus, Planctomicrobium, Hydrogenospora, Hydrogenophaga, Kribbella* и *Streptomyces*, који су у преосталим третманима углавном испољавали опадајуће трендове током времена.
7. *Curtobacterium pusillum* ED2-6 потврђен је као стабилан и поуздан ендофит шећерне репе, с обзиром на то да је првобитно изолован из корена хибрида Едуарда и да је успешно поново колонизовао корен шећерне репе хибрида Коала. Остали изолати, пореклом из семена и корена различитих хибрида шећерне репе, успешно су колонизовали ризосферу хибрида Коала, што указује на висок степен адаптабилности, компатибилности и функционалне пластичности у интеракцији са различитим генотиповима домаћина.
8. Модел прегледа функционалности заједнице показао се ефикаснијим у селекцији и формирању конзорцијума у поређењу са традиционалним приступима, како код изолата из шећерне репе, тако и код изолата из пшенице, успешно идентификујући комбинације са највећим потенцијалом за испољавање жељених

функција. Дво-члани конзорцијуми и монокултуре показали су бољу ефикасност колонизације и стабилнији учинак у *in planta* и условима огледа у пољу у односу на вишекомпонентне конзорцијуме.

9. У *in planta* огледима шећерне репе сви појединачни тестирани изолати показали су позитиван утицај на суву масу надземног дела биљке у поређењу са контролом, при чему су најизраженији ефекти забележени код изолата *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* KO3-18, *B. velezensis* C3-19 и *Paenibacillus polymyxa* C3-36, док је међу конзорцијумима третман Mix2 остварио најповољнији учинак у односу на контролу. Двочлани конзорцијум Tp14, састављен од *Serratia oryzae* MP6-36 и *Bacillus halotolerans* MP9-8, довео је до статистички најзначајнијег повећања свих испитиваних параметара пшенице, изузев дужине корена, код које је, иако нешто слабији у поређењу са третманом Tp8, забележен значајан пораст од 64%.
10. Утицај примењених конзорцијума на суву масу корена и принос на крају вегетационе сезоне шећерне репе варирао је у зависности од времена узорковања и огледног поља, што указује на динамичну реакцију биљака зависну од локалитета. Третмани који су у првом узорковању довели до повећања масе надземног дела биљке показали су и позитиван утицај на коначан принос у односу на контролу. Иако је код већине третмана уочен негативан однос између приноса и садржаја шећера, конзорцијуми T9 (Нови Сад) и T10 (Тамиш) издвојили су се као једини који су истовремено унапредили оба параметра. Резултати такође указују да повећање биомасе није нужно повезано са већим диверзитетом бактерија, већ првенствено зависи од функционалне комплементарности чланова конзорцијума.
11. Инфекција фитоплазмом довела је до изражених промена у микробиому корена и ризосфере шећерне репе, при чему је у корену забележено обогаћење родова *Skermanella* и *Blastococcus*, док је у ризосфери дошло до обогаћења рода *Arthrobacter*. Примена конзорцијума Mix3 делимично је ублажила ове патогеном индуковане промене у ризосфери, смањујући релативну заступљеност *Skermanella* и *Microvirga*, а повећавајући заступљеност *Pseudarthrobacter, Streptomyces, Acetobacter* и *Kozakia*. Иако Mix3 у корену није имао изражен супресивни ефекат на фитоплазмом обогаћене таксоне, довео је до обогаћења рода *Kocuria*. Такође, Mix3 је допринео обогаћивању више бактеријских таксона повезаних са PGP и биоконтролним особинама у корену и у ризосфери.
12. Висока заступљеност таксона '*Candidatus* Phytoplasma' и *Macrophomina* у узорку Koren+Fito+Mix3 показала је да Mix3 није био довољан да у потпуности спречи присуство фитоплазме нити да онемогући секундарну колонизацију рода Macrophomina, што указује на ограничен домет Mix3 под условима снажног патогеног притиска. Насупрот томе, Mix3 је показао изражену способност супресије *Cercospora* из ризосфере, што представља додатни заштитни ефекат микробиолошког конзорцијума под патогеним притиском.
13. На основу филогеније и резултата ANI анализе, испитивани сојеви су поуздано идентификовани на нивоу врсте. Утврђено је да сојеви припадају врстама *Bacillus halotolerans* C3-16/2.1, *Bacillus velezensis* C3-19, *Bacillus subtilis* subsp.

subtilis КОЗ-18, *Pseudomonas oryzihabitans* КОЗ-19 и *Duffyella gerundensis* КОЗ-44, чиме је потврђена њихова филогенетска припадност. AntiSMASH анализа показала је да испитивани изолати *B. subtilis* subsp. *subtilis* КОЗ-18, *B. halotolerans* СЗ-16/2.1 и *B. velezensis* СЗ-19 поседују генске кластере за продукцију сидерофора, као и за нерибозомалну и рибозомалну синтезу антимикробних пептида и поликетида, док су код изолата *P. oryzihabitans* КОЗ-19 и *D. gerundensis* КОЗ-44 идентификовани кластере за продукцију металофора и каротеноида.

14. На основу укупних резултата, за даља истраживања и потенцијалну комерцијализацију издвојени су сојеви *Curtobacterium citreum*/*oceanosedimentum* МР6-33 и *Serratia oryzae* МР6-36, као и конзорцијум (S. oryzae МР6-36 и B. halotolerans МР9-8) за испитивање утицаја на раст и принос пољопривредних култура у пољу. За потребе биоконтроле посебно су се издвојили *Pseudomonas glycanilyticus* МР10-20 и *B. velezensis* Т2-23, док је конзорцијум Mix3 показао висок потенцијал у сузбијању *Cercospora beticola*. Поред тога, изолат *B. halotolerans* СЗ-16/2.1 идентификован је као перспективан кандидат за примену у условима абиотичког стреса при повишеним концентрацијама соли.

Поглавље **Прилози** садржи додатне резултате, табеле и слике који су систематично представљени и на одговарајући начин наведени у тексту дисертације, чиме доприносе потпунијем приказу спроведених истраживања и добијених резултата.

У поглављу **Литература** представљена је листа која обухвата 192 библиографске јединице. Наведени извори обухватили су релевантна и актуелна истраживања у одговарајућим научним областима, те адекватно покривају све појединачне тематске целине дисертације, што указује на темељно проучену проблематику од стране кандидаткиње. Цитирање је изведено на правилан начин.

Радови и конгресна саопштења из докторске дисертације

Б1. Радови у часописима међународног значаја

1. **Petrović, M.**, Janakiev, T., Ljaljević Grbić, M., Unković, N., Stević, T., Vukićević, S., Dimkić, I., 2024. Insights into endophytic and rhizospheric bacteria of five sugar beet hybrids in terms of their diversity, plant-growth promoting and biocontrol properties. Microbial Ecology, 87, 19. https://doi.org/10.1007/s00248-023-02329-0
   IF2 2024 4.0, категорија M21a

2. **Petrović, M.**, Bez, C., Janakiev, T., Kruščić, K., Bertani, I., Ćurčić, Ž., Duduk, N., Duduk, B., Venturi, V., Dimkić, I., 2026. Development of bioformulations for sugar beet growth promotion and resilience using tailored microbial consortia. Microbiological Research, 310, 128540. https://doi.org/10.1016/j.micres.2026.128540
   IF2 2024 6.9, категорија M21a

Б2. Конгресна саопштења на скуповима међународног значаја

1. **Petrović, M.**, Fira, Dj., Janakiev, T., Mitić, D., Vukićević, S., Dimkić, I., 2022. Culturable seed, root and rhizospheric bacterial diversity of the various sugar beet hybrids. FEMS Conference on Microbiology in association with Serbian Society of Microbiology, Belgrade, Serbia, Electronic Abstract Book, pp. 913-914 (745). **Категорија М34**

2. **Petrović, M.**, Janakiev, T., Dimkić, I., 2022. Isolation, diversity and characterization of plant growth-promoting bacteria from five different sugar beet hybrids. WEEK OF MICROBIAL TECHNOLOGIES, SurfBio Industrial Workshop, 7-11 November 2022, Ljubljana, Slovenia, Abstracts Book, pp. 70-72. **Категорија М34**

3. **Petrović, M.**, Janakiev, T., Vukićević, S., Dimkić, I., 2023. The influence of genetic variability of different sugar beet hybrids on the diversity of endophytic bacteria in seeds. 10th FEMS Congress of European Microbiologists (FEMS 2023, July 9-13th), Hamburg, Germany, Book of Abstracts, W54, p. 706. **Категорија М34**

4. **Petrović, M.**, Bajić, Dj., Janakiev, T., Vukićević, S., Dimkić, I., 2023. A model for predicting the optimal consortium in sustainable agriculture. ICGEB Workshop - Trends in microbial solutions for sustainable agriculture, 13-15 September 2023, Belgrade, Serbia. Book of Abstracts, PPP11, p. 93. ISSN 3009-3740 (Online), ISBN 978-86-7078-178-8. **Категорија М34**

5. **Petrović, M.**, Janakiev, T., Unković, N., Ljaljević Grbić, M., Mitić, D., Vukićević, S., Dimkić, I., 2024. Winter wheat-associated bacteria and their plant growth-promoting and biocontrol abilities. The 15th International Conference on Plant Pathogenic Bacteria and the 5th International Symposium of Biological Control of Bacterial Plant Diseases, ICPPB & Biocontrol 2024, July 7-12, 2024, Blacksburg, Virginia, USA, Abstract Book, p. 114. **Категорија М34**

6. **Petrović, M.**, Bajić, Dj., Janakiev, T., Kruščić, K., Vukićević, S., Dimkić, I., 2024. Use of growth-promoting plant traits and community-function landscape model for the efficient design of consortia. International symposium miCROPe2024 "Microbe-assisted crop production - opportunities, challenges and needs", July 15-18, 2024, Vienna, Austria, Abstracts Book, Session 8: Multi-partite interactions, S8-ST01, p. 92. **Категорија М34**

Провера оригиналности докторске дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње **Марије И. Петровић**, број индекса **М3016/2020** послата је дана **29. 05. 2026. године** на софтверску проверу оригиналности. Извештај који садржи резултате провере оригиналности ментор је добио истог дана, 29. 05. 2026. године.

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, и резултата добијених програмом iThenticate, извршена је провера оригиналности докторске дисертације Марије И. Петровић под насловом „**Преобликовање ризосферног микробиома**

аграрних усева имплементацијом новодизајнираних бактеријских формулација са потенцијалом биоконтроле и промоције раста биљака“. Утврђено је да степен сличности износи 9%. Увидом у Извештај уочено је једно подударање у опсегу од 2%, једно подударање у опсегу од 1%, док су сва остала подударања мања од 1%. Наведена поклапања од 1% и 2% последица су претходно публикованих резултата истраживања проистеклих из ове дисертације. Подударања мања од 1% настала су као резултат цитирања публикованих радова из ове докторске дисертације, услед преклапања општих података попут личних имена, имена врста микроорганизама, као и методолошким именима есеја и једињења која су спомињана у молекуларним анализама.

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, изјављујемо да извештај указује на оригиналност докторске дисертације кадидаткиње Марије И. Петровић под насловом „Преобликовање ризосферног микробиома аграрних усева имплементацијом новодизајнираних бактеријских формулација са потенцијалом биоконтроле и промоције раста биљака“, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

Мишљење и предлог Комисије

Увидом у докторску дисертацију кандидаткиње Марије И. Петровић утврђено је да је дисертација реализована у складу са планом наведеним у пријави теме. Дисертација је конципирана и израђена у складу са основним принципима научно-истраживачког рада и обухвата све неопходне структурне елементе докторске дисертације. Постављени циљеви истраживања су у потпуности остварени, а добијени резултати су јасно, систематично и прегледно приказани, уз примену одговарајућих микробиолошких и молекуларних метода. Приказани резултати су критички размотрени у светлу релевантних литературних података, а закључци су јасно и аргументовано формулисани. Комисија оцењује да дисертација представља значајан и оригиналан научни допринос области микробиологије, микробиома биљака, фитопатологије и интеракција корисних микроорганизама са биљкама.

Посебан научни значај дисертације огледа се у интеграцији култивабилних и метабаркодинг приступа у проучавању интеракција биљака и микроорганизама, што је омогућило детаљно праћење колонизације инокулисаним сојевима и конзорцијумима, као и боље разумевање динамике и стабилности биљног микробиома. Значајан допринос представља и примена функционалног приступа у рационалном дизајнирању бактеријских конзорцијума на основу компатибилности и функционалне комплементарности сојева, чиме је потврђена ефикасност циљаног конструисања микробиолошких заједница. Дисертација је додатно расветлила улогу микробиолошких конзорцијума у обликовању микробиома шећерне репе под условима патогеног стреса изазваног фитоплазмом *‘Candidatus* Phytoplasma solani*’*, као и њихов потенцијал у стабилизацији ризосферног микробиома и супресији рода *Cercospora*. Добијени резултати потврђују могућност примене одабраних изолата и конзорцијума у

унапређењу раста и развоја шећерне репе и пшенице, те указују на њихов значајан потенцијал за развој еколошки прихватљивих биоинокуланата и микробиолошких препарата за пољопривредну примену.

Део добијених резултата је већ публикован у два оригинална научна рада (категорија М21а) и приказан на шест међународних конференција, што потврђује актуелност и значајност добијених резултата.

На основу увида у експериментални рад, постигнуте резултате, као и написану докторску дисертацију, закључујемо да су задаци постављени у циљевима испуњени у потпуности и са задовољством предлажемо Наставно-научном већу Биолошког факултета, Универзитета у Београду, да прихвати позитивну оцену Комисије за преглед и оцену докторске дисертације Марије И. Петровић под насловом „**Преобликовање ризосферног микробиома аграрних усева имплементацијом новодизајнираних бактеријских формулација са потенцијалом биоконтроле и промоције раста биљака**“ и омогући кандидаткињи јавну одбрану рада.

У Београду, 01. 06. 2026. године

КОМИСИЈА:

_____

др Бранко Јовчић, редовни професор,
Универзитет у Београду - Биолошки факултет

_____

др Никола Унковић, доцент и виши научни сарадник,
Универзитет у Београду - Биолошки факултет

_____

др Немања Станисављевић, научни саветник,
Универзитет у Београду
Институт за молекуларну генетику и генетичко инжењерство

Већу докторских студија
Наставно-научном већу
Биолошког факултета Универзитета у Београду

ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у Извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације **„Преобликовање ризосферног микробиома аграрних усева имплементацијом новодизајнираних бактеријских формулација са потенцијалом биоконтроле и промоције раста биљака“ аутора Марије И. Петровић**, констатујем да утврђено подударање текста износи 9%. Овај степен подударности последица је претходно публикованих резултата истраживања и цитираних научних радова проистеклих из ове дисертације, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, општих података попут латинских имена микроорганизама, као и методолошким именима есеја и једињења која су спомињана у молекуларним анализама.

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.

Датум, 29.05.2026. године

Ментор

_____

др Ивица Димкић, научни саветник
Биолошки фалуктет
Универзитет у Београду