

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ - БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА

На I редовној седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Биолошког факултета, одржаној 16.10.2020. године, прихваћен је извештај ментора др Славише Станковића и др Марије Марковић о урађеној докторској дисертацији Олге С. Радуловић, истраживача сарадника Националног института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ Универзитета у Београду под насловом: „**Систем за биоремедијацију вода загађених фенолом употребом сочивице (*Lemna minor* L.) и бактерија њене ризосфере**“, и одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: др Славиша Станковић, редовни професор, Универзитет у Београду - Биолошки факултет, др Марија Марковић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду - Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ – Институт од националног значаја Републике Србије, др Јелена Лозо, ванредни професор, Универзитет у Београду - Биолошки факултет, др Зоран Вујчић, редовни професор, Универзитет у Београду - Хемијски Факултет, др Иван Николић, научни сарадник, Универзитет у Београду - Биолошки факултет.

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

### ИЗВЕШТАЈ

#### Општи подаци о докторској дисертацији

Докторска дисертација Олге С. Радуловић под насловом „**Систем за биоремедијацију вода загађених фенолом употребом сочивице (*Lemna minor* L.) и бактерија њене ризосфере**“ представља истраживање које је произашло из сталне потребе за развојем нових и еколошки нешкодљивих технологија за пречишћавање вода, заснованим на коришћењу биолошких система, уместо класичних физичких и физичко-хемијских метода. Ова докторска дисертација је урађена на Одељењу за физиологију биљака Националног института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“, Универзитет у Београду, као и на Катедри за микробиологију Биолошког факултета, Универзитета у Београду. Експерименти су рађени у

оквиру пројеката: “Биотехнологија *in vitro* – гајене, лековите и угрожене биљне врсте”, руководилац др Бранка Винтерхалтер (ОИ173015, 2011-2019. године) и „Молекуларна карактеризација бактерија из родова *Bacillus* и *Pseudomonas* као потенцијалних агенаса за биолошку контролу“, руководилац Ђорђе Фира (ОИ173026, 2011-2019. године)

Докторска дисертација садржи: Насловну страну на српском и енглеском језику, Податке о менторима и члановима комисије, Сажетак на српском и енглеском језику са кључним речима, Садржај, Текст по поглављима и Литературу. Докторска дисертација је написана на 101 страни (проред 1,5), садржи 43 слике и 12 табела. Дисертација је подељена на девет поглавља: Увод (1-29. страна), Циљеви рада (30-31. страна), Материјал и методе (страна 31 – 41.), Резултати (42 – 65. страна), Дискусија (67 – 75. страна), Закључци (75 – 77. страна), Литература (77 – 87. страна) и Прилог1 (страна 88.). Поред наведеног теза садржи и Биографију аутора, Изјаву о ауторству, Изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације и Изјаву о коришћењу.

## **Анализа докторске дисертације**

Поглавље **Увод** докторске дисертације садржи пет потпоглавља. Увод садржи значајне литературне податке који су непосредно повезани са темом докторске дисертације.

У потпоглављу „Конвенционални третмани отпадне воде у постројењима за пречишћавање“ говори се о основним начинима и стандардима за прераду отпадне воде у Србији и у свету, као и о недостацима истих и проблемима који постоје у зависности од концентрације полутаната у води. У потпоглављу „Фенол и загађење воде“ наведени су извори загађења фенолом у свету и у Србији кроз историју, као и различите законске регулативе које прописују дозвољени ниво фенола у површинским водама у свету. Хемијске особине фенола као и основа његове токсичности по живе организме детаљно су описани у потпоглављу „Фенол – хемијска својства и биолошки ефекти“. Наведене су познате концентрације фенола које доводе до токсичног ефекта код различитих таксономских категорија. У потпоглављу „Начини уклањања фенола из отпадне воде“ наведене су класичне хемијске и физичко-хемијске методе за уклањање фенола и њихове предности и недостаци. Ове конвенционалне методе које се годинама користе пореде се са биолошким методама (биоремедијација). Дат је преглед различитих метода биоремедијације и њихово поређење. Посебан акценат је стављен на биоремедијацију која се базира на коришћењу микроорганизама, поготово бактерија, у комбинацији са биљкама и њиховим кореновим системом. Овакав вид биоремедијације ризосфере има низ предности у односу на остале методе ремедијације, а све оне су описане у

овом делу дисертације. Такође дат је детаљан преглед бактеријских монокултура и конзорцијума који деградирају фенол. Даље су наведени различити метаболички путеви бактеријског метаболизма и деградације фенола, са освртом на поједине ензиме. Описана је и генетичка регулација метаболизма фенола код бактерија јер су оне веома погодан материјал за генетичку манипулацију која би имала за циљ побољшање елиминације фенола. Са обзиром на то да је фенол високотоксично једињење, објашњена је и бактеријска резистенција на фенол. Иако велики број бактеријских сојева поседује одређену резистенцију на фенол, знатно мањи број њих има могућност да га метаболизује. Разлика, опис и поређење ова два механизма су такође описана. Поред предодређене резистенције бактерија на фенол, одређени сојеви могу да се аклиматизују на овај загађујући агенс, постепеним повећавањем концентрације фенола којој су микроорганизми изложени. Наведени су досадашњи литературни подаци везани за аклиматизацију различитих бактерија и конзорцијума и концентрацију присутног фенола на почетку процеса аклиматизације. У потпоглављу „Сочивице“ укратко се описује систематика и морфологија ове фамилије. Детаљнији систематски, географски и морфолошки опис дат је о обичној или малој сочивици (*L. minor*). Део потпоглавља бави се сочивицом *in vitro* и начинима њеног узгајања и умножавања у култури. Наведени су нутритивни захтеви сочивице, начини израчунавања пораста њене биомасе и познати примери биоремедијације где је већ успешно коришћена за елиминацију различитих загађујућих елемената и једињења. Посебно је описана фиторемедијација фенола и сличних једињења помоћу сочивица, а најчешће коришћен механизам елиминације је укључивао биљне ензиме. Дат је преглед литературних података везаних за деловање биљних ензима на метаболизам фенола и описани су познати начини деловања ензима са производима који тим путем настају. Пошто је познато да фенол доводи до оксидативног стреса код биљака (у овом случају сочивице) наведени су досадашњи подаци из литературе и познати ензими који учествују у одбрани различитих припадника фамилије сочивица. Познато је да оксидативни ензими могу учествовати у деградацији фенола тако да је поменута и њихова потенцијална улога у ремедијацији вода у којима је присутан фенол.

У поглављу **Циљ истраживања** као главни циљ дефинисано је испитивање способности сочивице да самостално или заједно са бактеријама њене ризосфере, уклања фенол из течне хранљиве подлоге или доводи до знатног смањења његове концентрације. Циљеви су подељени на испитивања која се односе само на бактерије из ризосфере у присуству фенола и на оне који се односе на раст у умножавање сочивица *in vitro* и метаболизам фенола са или без присуства бактерија ризосфере.

Као специфични циљеви наведени су:

1. Молекуларно – биолошка идентификација бактеријских сојева ризосфере сочивице (*Lemna minor* L.)
2. Испитивање бактеријске резистенције на високе концентрације фенола
3. Одабир бактеријских сојева из ризосфере сочивице који могу метаболирати фенол, као и одабир бактеријских сојева који најефикасније уклањају фенол из течне хранљиве подлоге
4. Одабир оптималног протокола за узгајање сочивице *in vitro*
5. Испитивање раста сочивица у стерилној течној хранљивој подлози са и без фенола
6. Испитивање раста сочивица са одабраним бактеријским монокултурама са или без фенола у хранљивој течној подлози и испитивање утицаја одабраних бактерија ризосфере сочивице на умножавање биљке
7. Спектрофотометријско одређивање концентрације фенола 4-аминоантипирином (4-ААР) у узорцима са сочивицама, сочивицама и бактеријама, и слободним бактеријама у суспензији

У поглављу **Материјал и методе** набројане су методе коришћене у реализацији наведених циљева. У првом потпоглављу наведен је тачан састав течних и чврстих микробиолошких подлога коришћених за гајење бактерија, као и течних и чврстих хранљивих подлога за гајење сочивица *in vitro* и њихово умножавање. У потпоглављу „Биљни материјал“ укратко су описани кораци површинске стерилизације сочивица сакупљених са површине воде и начин њиховог даљег узгајања на одређеним хранљивим подлогама са циљем добијања стерилне културе сочивица. У потпоглављу „Нестерилни биљни материјал“ описано је прикупљање и узгајање сочивица са нетакнутом микробијалном флором корена за касније експерименте са монокултурама или мешовитом микробијалном флором. У потпоглављу „Изолација бактеријских врста из ризосфере сочивице“ дефинисани су кораци за добијање чистих бактеријских култура из мешовите микробијалне флоре ризосфере сочивице и иницијална идентификација на основу бојења по Граму и раста на МАС агару. Протокол за изолацију и пречишћавање ДНК бактеријских сојева изолованих из ризосфере сочивице описан је у потпоглављу „Екстракција геномске ДНК бактеријских сојева ризосфере сочивице“. У потпоглављу „Ланчана реакција полимеразе и идентификација бактеријских сојева помоћу секвенцирања гена за 16S rRNA и *gyrB*“ прецизирани су услови за PCR реакцију са прајмерима за 16S rRNA и *gyrB* где се *gyrB* ген користио као начин за додатну идентификацију одабраних бактеријских сојева. Потпоглавље „Биоинформатичка анализа, филогенетска стабла и еколошка разноврсност бактеријских сојева“ описује анализу секвенци помоћу компјутерског програма FinchTV, верзија 1.4.0, и генерисање филогенетских стабала

ради визуелне представе односа између одабраних бактеријских сојева помоћу компјутерског програма МЕГА7. У потпоглављу „Тест резистенције на фенол“ објашњени су поступци за утврђивање резистентности бактеријских сојева на високе концентрације фенола ( 200, 500, и 1000 mg l<sup>-1</sup>), без и са претходном аклиматизацијом и на растуће концентрације фенола. „Могућност раста бактерија у течной хранљивој подлози са фенолом као јединим извором угљеника“ описује методе коришћене у експерименту са растом бактерија у MS минималној течной хранљивој подлози са фенолом као јединим извором енергије, који је додат у концентрацији од 20 mg l<sup>-1</sup>. Аутоматизована идентификација (Vitek 2) изабраних бактеријских сојева на основу метаболичких карактеристика наведена је у потпоглављу „Биохемијска идентификација бактерија помоћу Vitek 2 система“. У поменутом потпоглављу дат је списак биохемијских тестова коришћених у систему. Брзина умножавања стерилних сочивица у култури, као и њихов раст у присуству различитих бактеријских монокултура током 14 дана, описан је у потпоглављу „Стопа мултипликације сочивица“, где су наведене и математичке формуле по којима је исти израчунаван. У потпоглављу „Флуоресцентна микроскопија изабраних бактеријских сојева на корену сочивица“ описана је метода флуоресцентног бојења и услови микроскопирања бактерија на површини корена сочивица, са којима су заједно узгајане у хранљивим подлогама са и без фенола. У потпоглављима „Тест формирања биофилма“, „Бактеријска резистенција на антибиотике“, и „Салковски тест формирања индол-3-сирћетне киселине (ИАА) у MS хранљивој подлози“ описани су тестови за додатне особине бактерија које нису покривене претходним методама, односно поступци за квантификацију формираног биофилма и утврђивање бактеријске резистенције на типичне антибиотике из клиничке праксе како би се утврдила безбедност ових бактеријских сојева за људско здравље и животну средину (ради потенцијалне употребе у процесу биоремедијације. Такође, описана је метода за квалитативни доказ формирања ИАА бактеријског порекла. Уклањање фенола из течне хранљиве подлоге испитано је на основу метода описаних у потпоглављу „Тест уклањања фенола из хранљиве подлоге“. Коришћена је спектрофотометријска метода за квантификацију укупних фенола у хранљивој подлози са фенолом у којој су гајене стерилне сочивице, сочивице са одређеном бактеријском монокултуром и саме бактеријске монокултуре. У потпоглављу „Одређивање састава MS хранљиве подлоге са сочивицама и монокултуром *K. oxytoca*, сој 14, помоћу течне хроматографије и масене спектрометрије (LC-MS)“ описана је метода за идентификацију фенолних једињења у узорку течне хранљиве подлоге у којој су гајене сочивице и наведени бактеријски сој. Одређивање активности антиоксидативних ензима сочивице (пероксидазе и полифенол оксидазе) и неких неензимских компоненти (водоник пероксид, малондиалдехид и укупна аскорбинска киселина) описано је у потпоглављу „Одређивање антиоксидативних ензима и неких неензимских компоненти

антиоксидативне заштите сочивице“. Наведени су протоколи за одређивање укупних протеина, као и методе зимограмске детекције ензима. На крају поглавља Материјал и Методе налази се потпоглавље „Статистичка и графичка анализа“ у којој се налази опис програма коришћених за статистичку обраду, графичку анализу и представљање резултата.

Поглавље **Резултати** подељено је у три целине: 1) раст сочивица без присуства бактерија у различитим хранљивим подлогама, 2) особине изабраних бактеријских сојева и 3) заједнички ефекат бактерија и сочивица на уклањање фенола из подлоге, као и утицај бактерија на раст биљака. У прва три потпоглавља Резултата („Гајење сочивица на Н и MS хранљивој подлози“, „Релативна стопа раста сочивица у хранљивој подлози са фенолом“, и „Толеранција сочивице на присуство фенола у хранљивој подлози“) приказани су резултати раста сочивица гајених на две различите хранљиве подлоге, без и са фенолом, у различитим концентрацијама. Резултати су показали да нема значајне разлике у стопи умножавања између сочивица гајених на различитим хранљивим подлогама. Примећен је тренд опадања броја фронди током времена уколико су биљке гајене у присуству фенола. У потпоглављу „Генетичке и метаболичке карактеристике изолата“ приказани су резултати генетичке идентификације путем секвенцирања гена за 16S RNK и *girB*, резистенције одређених бактеријских сојева на фенол и могућности раста бактеријских изолата у минималној хранљивој подлози са фенолом као јединим извором угљеника. Најуспешнијим сојем сматран је онај чије колоније су формиране на подлогама са фенолом (500 и 1000 mg L<sup>-1</sup>), за мање од три дана без претходне аклиматизације, и који доводи до замућења минималне хранљиве подлоге за мање од три дана култивације. На основу ових резултата, изабрани су најбољи бактеријски изолати за потенцијално уклањање фенола из раствора, и то седам сојева: *Klebsiella oxytoca* A6-104/2, MF526910; *Lelliottia sp.* B1-105/2bg, MK212916; *K. oxytoca* D1-104/14bg, MK212915; *Serratia sp.* A7-102/1, MF526924; *Hafnia alvei* C31-106/2, MF526934; *H. paralvei* C32-106/3, MF526939; *S. nematodiphila* D1-104/1, MF526945.

У истом потпоглављу, представљени су филогенетски односи између бактеријских сојева *Klebsiella oxytoca* A6-104/2, MF526910; *K. oxytoca* D1-104/14bg, MK212915; *Serratia sp.* A7-102/1, MF526924; *Hafnia alvei* C31-106/2, MF526934; *H. paralvei* C32-106/3, MF526939; *S. nematodiphila* D1-104/1, MF526945 помоћу филогенетских стабала.

У потпоглављу „Биохемијска карактеризација, еколошки диверзитет, формирање биофилма и резистенција на антибиотике“ изложени су резултати одговарајућих тестова који показују метаболичке особине бактерија, њихов еколошки диверзитет по Шаноновом индексу, формирање биофилма и резистенцију на антибиотике. Резултати показују да су изоловане бактеријске културе заиста генетички чисте. Такође, најбољу способност формирања

биофилма показао је сој *H. paralvei* и то на LB хранљивој подлози. Значајна разлика примећена је и у формирању биофилма међу бактеријама гајеним на различитим хранљивим подлогама. Сви бактеријски сојеви били су осетљиви према свим испитиваним антибиотицима. У потпоглављу „Стопа мултипликације и макроскоски ефекти фенола и бактерија на сочивице“ приказани су резултати мултипликације сочивица у присуству фенола, у присуству фенола и бактерија, и у присуству самих монокултура, током 14 дана гајења. Графички су приказане стопе мултипликације сочивице где се примећује да бактерије позитивно утичу на умножавање биљке. Приказана је хлороза фронди која се јавља на концентрацији од 500 mg l<sup>-1</sup>, али не и на вишим концентрацијама фенола (750 и 1000 mg l<sup>-1</sup>). Након 7 дана гајења уочено је угинуће сочивица уколико се гаје у присуству *K. oxytoca*, сој 14, на 500 mg l<sup>-1</sup> фенола. Потпоглавље „Флуоресцентне микрографије и интеракције сочивица и бактерија“ представља микрографије на којима је представљена површина корена сочивице која је гајена у хранљивој подлози са или без фенола (200 mgL<sup>-1</sup>) у присуству одабраних сојева бактерија. Резултати показују да се сви бактеријски сојеви осим *K. oxytoca*, сој 14, везују за површину корена без обзира на присуство фенола у хранљивој подлози. Такође је приказан и утицај повећане концентрације фенола на морфологију корена сочивице и на саме ћелије корена. Укупни ендогени феноли и феноли из хранљиве подлоге приказани су у потпоглављу „Укупни ендогени феноли пореклом од нестерилних и површински стерилисаних сочивица и уклањање фенола из МС течне хранљиве подлоге“. Спектрофотометријском квантификацијом показано је да је ниво ендогених фенола увећан уколико су на корену сочивица присутне бактерије ризосфере. Стерилне сочивице су мање ефикасне у уклањању укупних фенола у односу на сочивице са микробиомом ризосфере, што је и показано смањеном концентрацијом ендогених фенола у сочивицама, без бактерија на корену. Уколико се сочивице гаје у хранљивој подлози са повећаном концентрацијом фенола, његова концентрација временом опада и то у већем проценту уколико је микробиом ризосфере присутан на корену. После пет дана гајења, концентрација фенола је смањена на 30% почетне концентрације (100 mgL<sup>-1</sup>), када је сочивица култивисана са микробиомом ризосфере. Анализа преосталог фенола у хранљивој подлози рађена је и код сочивица гајених са монокултуром бактерија где је показано да је најмање уклањање фенола из раствора било у присуству *S. marcescens*, сој 27. Најефикасније уклањање фенола опажено је у узорцима сочивице гајене са бактеријским сојем *H. paralvei* C32-106/3, MF526939. „Тест IAA продукције са Салковки реагенсом у МС хранљивој подлози“ показао је да IAA није присутна у хранљивој подлози, те се повећана стопа раста биљака у присуству бактерија не може приписати овом регулатору растења. У потпоглављима „Зимограмска детекција полифенол-оксидазе (PPO)“ и „Зимограмска детекција гвајакол-пероксидазе“ показано је да нису детектоване изоформе PPO, али да се јасно види повећан број изоформи

GPX у сочивицама гајеним у присуству повећане концентрације фенола. Приметна је и разлика у интензитету изоформи у зависности од тога да ли је биљка гајена са бактеријама ризосфере. „Детекција водоник-пероксида, малондиалдехида, укупне аскорбинске киселине и укупних протеина“ приказује резултате анализе неензимских оксидативних параметара код сочивице на различитим третманима гајења, какви су описани у претходна два потпоглавља. Показано је да је концентрација водоник пероксида и малондиалдехида повећана када се сочивице гаје у присуству фенола и бактерија ризосфере, за разлику од концентрације аскорбинске киселине и укупних протеина. Највећи садржај укупних протеина детектован је у сочивицама гајеним без фенола и повећавао се током времена. Потпоглавље „Процена бактеријске биомасе на површини корена сочивица“ приказује апроксимативну биомасу бактерија на површини корена сочивица које су гајене у присуству или у одсуству фенола.

Фенолна једињења, идентификована методом течне хроматографије са масеном спектрометријом у узорцима течне хранљиве подлоге у којој је гајена сочивица са бактеријом *K. oxytoca* 14, без фенола табеларно су приказана у потпоглављу „LC-MS анализа МС хранљиве подлоге са сочивицама и бактеријским сојем *K. oxytoca* 14“

У поглављу **Дискусија** детаљно су анализирани добијени резултати и дат је критички осврт поређењем са резултатима других истраживања, на које се кандидаткиња ослањала приликом осмишљавања дизајна експеримената и писања дисертације. Дискусија је подељена у неколико тематских целина. Прво је описана структура бактеријских популација ризосфере водених биљака са посебним освртом на фамилију сочивица. Дискутовано је присуство или одсуство појединих бактеријских родова, нарочито рода *Hafnia* који се по први пут помиње на корену сочивице у овој дисертацији. Описан је значај резултата дисертације са обзиром на то да је већина радова на тему биоремедијације везана за земљишне бактерије. Дискутована је појачана резистенција бактерија ризосфере на присуство фенола, као и њихова способност да га метаболишу и дати су могући одговори на ову важну карактеристику са аспекта дуготрајне коегзистенције биљке и бактерија у воденим екосистемима. Посебна пажња посвећена је феномену бактеријске резистенције на фенол код сочивица гајених у урбаним условима. Колонизација површине корена сочивице бактеријама дискутована је уз тумачење резултата добијених флуоресцентном микроскопијом. Резултати су повезивани са досадашњим сазнањима, са акцентом на резултате који су проистекли из ове дисертације, а тичу се ендофитске колонизације сојем *K. oxytoca*. Анализе полифенолних једињења, детектованих приликом гајења сочивице поменутиим сојем, такође су значајан резултат, који отвара шире поље за даље анализе. Анализирана је и толеранција сочивице на фенол, која се може искористити и за биоремедијацију и као биомаркер загађења фенолом. Антиоксидативни одговор сочивице на присуство фенола је детаљно дискутован, са обзиром на то да су



резултати ове тезе значајан допринос овој веома мало публикованој теми. Резултати су повезивани са досадашњим радовима који се односе на ензимску и неензимску антиоксидативну заштиту биљке, али су резултати зимограмске детекције ензима сочивице гајене на фенолу, јединствени за ову дисертацију. У дискусији су наведени потенцијални начини употребе ензима у ремедијацији вода и могућности њиховог даљег изучавања.

У поглављу **Закључци** приказано је 13 закључака проистекли из резултата ове докторске дисертације. Закључци су у складу са постављеним циљевима истраживања.

У поглављу **Литература** дата је листа од 264 извора литературе. Највећи број цитираних литературних извора су актуелни и у складу са најновијим научним открићима. Ови литературни подаци су омогућили лакше писање, обраду и тумачење добијених резултата и олакшали дискусију. Наведени извори покривају све наведене области у докторској дисертацији и адекватно су назначени у тексту.

## Радови и конгресна саопштења из докторске дисертације:

### Б1. Радови у часописима међународног значаја

1. **Radulović, O.**, Stanković, S., Uzelac, B., Tadić, V., Trifunović-Momčilov, M., Lozo, J., Marković, M. (2020), Phenol Removal Capacity of the Common Duckweed (*Lemna minor* L.) and Six Phenol - Resistant Bacterial Strains From Its Rhizosphere: In Vitro Evaluation at High Phenol Concentrations. *Plants*. 9(5):599. **M21 (IF: 2,762)** <https://doi.org/10.3390/plants9050599>
2. **Radulović, O.**, Petrić, M., Raspor, M., Tadic, V., Urošević, I., Zečević, V. (2019), Assessment of *in vitro* multiplication of *Lemna minor* in the presence of phenol: plant/bacteria system for potential bioremediation – Part I. *Pol. J. Environ. Stud.* 28(2):803–809 **M23 (IF: 1,383)** <https://doi.org/10.15244/pjoes/84921>
3. **Radulović, O.**, Petrić, M., Raspor, M., Stanojević, O., Janakiev, T., Tadić, V., Stanković, S. (2019), Culture-dependent analysis of 16S rRNA sequences associated with the rhizosphere of *Lemna minor* and assessment of bacterial phenol-resistance: plant/bacteria system for potential bioremediation – Part II. *Pol. J. Environ. Stud.* 28(2):811–822 **M23 (IF: 1,383)** <https://doi.org/10.15244/pjoes/81687>

### Б3. Конгресна саопштења на скуповима међународног значаја штампана у изводу

1. **Radulović, O.**, Petrić, M., Uzelac, B. Interaction between the common duckweed (*Lemna minor*) and selected bacterial strains of its rhizosphere can support an efficient bioremediation in cases of phenol pollution of ambient waters. *Symbioza 7*, Warsaw – Poland; 2018 May 11 – 13; Warsaw ISBN 978-83-942342-7-0

## Провера оригиналности докторске дисертације

Извештај провере оригиналности докторске дисертације Олге С. Радуловић, добијен коришћењем програма iThenticate у Универзитетској библиотеци „Светозар Марковић“ у Београду, показао је индекс сличности од 7%. Увидом у Извештај утврђено је да су подударна углавном последица претходно публикованих резултата истраживања проистеклих из докторандове дисертације, личних имена и библиографских података о коришћеној литератури. Додатно, одређени делови текста код којих је утврђено подударање нису повезани и немају смисао. Извештај провере оригиналности докторске дисертације Олге С. Радуловић указује на позитивну оцену, односно на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

## Мишљење и предлог Комисије

Докторска дисертација кандидата Олге С. Радуловић под насловом „**Систем за биоремедијацију вода загађених фенолом употребом сочивице (*Lemna minor* L.) и бактерија њене ризосфере**“ представља оригиналан научно-истраживачки рад који се бави испитивањем могућности коришћења биолошког система, кога чине сочивица и одабрани бактеријски сојеви њене ризосфере, у биоремедијацији вода загађених фенолом.

Резултати овог истраживања допринели су бољем разумевању утицаја фенола на водене биљке, начина на који су бактерије ризосфере повезане са кореном, утицаја микробиома корена на отпорност биљке на фенол и његову елиминацију из екосистема. Дисертација даје одговоре на питања који сојеви ризосфере могу метаболисати фенол и да ли бактерије ризосфере могу утицати на отпорност биљке која расте у условима повећане концентрације фенола. Резултати и дискусија дају потенцијална решења за употребу еколошки нешкодљивих, биолошких система који се могу користити за уклањање фенола из животне средине, поготово водених станишта.

Дисертација се одликује јасно дефинисаним циљевима, адекватним методама, концизним резултатима проистеклим из успешно реализованих експеримената и дискусијом која отвара могућности за даља истраживања којима се кандидаткиња може бавити у будућности. Остварени резултати објављени су у оквиру три оригинална научна рада, што потврђује актуелност и значајност добијених резултата.

Имајући у виду квалитет докторске дисертације **Олге С. Радуловић**, под насловом „**Систем за биоремедијацију вода загађених фенолом употребом сочивице (*Lemna minor* L.) и бактерија њене ризосфере**“, Комисија има задовољство да предложи Наставно-научном већу Биолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати позитивну оцену Комисије и одобри јавну усмену одбрану докторске дисертације кандидата Олге С. Радуловић

У Београду, 29.10.2020. године

#### КОМИСИЈА

др Славиша Станковић, редовни професор,  
Универзитет у Београду - Биолошки факултет

др Марија Марковић, виши научни сарадник,  
Универзитет у Београду - Институт за биолошка  
истраживања „Синиша Станковић“ – Институт од  
националног значаја Републике Србије

др Јелена Лозо, ванредни професор, Универзитет у  
Београду - Биолошки факултет

др Зоран Вујчић, редовни професор, Универзитет у  
Београду - Хемијски Факултет

др Иван Николић, научни сарадник, Универзитет у  
Београду Биолошки факултет