

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

На VI редовној седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Биолошког факултета, одржаној 08.04.2022. године, на основу молбе ментора, др Анете Сабовљевић, редовног професора Биолошког факултета, Универзитета у Београду и др Марка Сабовљевића, редовног професора Биолошког факултета, Универзитета у Београду, одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације **Јелене Д. Станковић**, истраживача сарадника на Биолошком факултету, Универзитета у Београду, под насловом: **„Екофизиолошки одговор маховина *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv. и *Hypnum cupressiforme* Hedw. на стрес изазван металима у условима *in vitro*“**, у саставу:

1. др Милорад Вујичић, ванредни професор Биолошког факултета, Универзитета у Београду;
2. др Ксенија Јаковљевић, виши научни сарадник Биолошког факултета, Универзитета у Београду и
3. др Илинка Пећинар, ванредни професор Пољопривредног факултета, Универзитета у Београду.

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

### ИЗВЕШТАЈ

#### Општи подаци о докторској дисертацији

Докторска дисертација **Јелене Д. Станковић** (рођене Јанковић) под насловом **„Екофизиолошки одговор маховина *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv. и *Hypnum cupressiforme* Hedw. на стрес изазван металима у условима *in vitro*“** реализована је уз финансијску подршку Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије у оквиру пројекта (ОИ173024), чији руководилац је била др Данијела Мишић, научни саветник ИБИСС-а. Експериментални део дисертације урађен је у Институту за Ботанику и Ботаничкој башти „Јевремовац“, у лабораторијама Катедре за ботанику и физиологију биљака на Биотехничком факултету Универзитета у Љубљани, Јожеф Стефан Институту Универзитета у Љубљани, Лабораторији за светлосну микроскопију и Раманову спектроскопију Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, као и у Одсеку за науку о живим системима Института за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду.

Докторска дисертација је написана на укупно 192 стране и састоји се од следећих поглавља: **Увод** (стр. 1-45), **Циљеви истраживања** (стр. 46), **Материјал и методе** (стр. 47-66), **Резултати** (стр. 67-129), **Дискусија** (стр. 130-151), **Закључци** (стр. 152, 153) и **Литература** (стр. 154-175). Поред наведеног, докторска дисертација садржи и биографију аутора (стр. 176) и следеће целине: насловну страну на српском језику,

насловну страну на енглеском језику, страницу са подацима о менторима и члановима комисије, изјаве захвалности, сажетак дисертације на српском и енглеском језику са кључним речима и подацима о научној и ужој научној области, листу скраћеница, садржај, Изјаву о ауторству, Изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу.

Докторска дисертација садржи укупно 44 слике (14 у поглављу Увод, 4 у поглављу Материјал и методе и 26 у поглављу Резултати), 36 графика у поглављу Резултати и 23 табеле (2 у поглављу Увод, 7 у поглављу Материјал и методе и 14 у поглављу Резултати).

## Анализа докторске дисертације

Докторска дисертација Јелене Станковић припада ужој научној области Физиологија биљака.

Предмет истраживања ове докторске дисертације било је испитивање морфогенетских, физиолошких и биохемијских параметара две врсте маховина, различитих форми раста, плеурокарпне *Hypnum cupressiforme* и акрокарпне *Atrichum undulatum* на стрес изазван одабраним металима у контролисаним аксеничним условима. Додатно, испитивана је способност маховина за апсорпцију метала из подлоге и транслокацију дуж изданка, са посебним освртом на различитости у дистрибуцији испитиваних хемијских елемената у различитим деловима исте биљке, као и код изданака различитих врста.

У поглављу **Увод**, које се састоји од 6 потпоглавља, дат је преглед релевантне литературе везане за област и објекте истраживања у овој докторској дисертацији. У првом потпоглављу описане су и изложене специфичности животног циклуса и развића маховина (раздео Bryophyta), као и морфолошких, анатомских и екофизиолошких особина у односу на групу васкуларних биљака. Посебан акценат стављен је на адаптације везане за усвајање, транспорт и задржавање воде и минералних материја растворених у њој. Дефинисане су три групе маховина у односу на доминантан начин преноса воде са раствореним материјама, ектохидричне врсте, које највећи део воде преносе преко спољашњих површина, ендокхидричне врсте, које унутар каулоида поседују структуру налик централном проводном снопу која омогућава унутрашњу транслокацију воде и миксохидричне са комбинованим типом транспорта. Осим тога, дефинисане су две јасно одвојене групе маховина у односу на форму раста и тип гранања изданака – акрокарпне и плеурокарпне врсте и описане импликације по њихове екофизиолошке карактеристике. Дат је кратак преглед савремених хипотеза о филогенетским односима унутар раздела маховина, као и између маховина и других група биљака. На крају овог потпоглавља, описана је биологија и екологија маховина *H. cupressiforme* и *A. undulatum*, истакнут значај њиховог одабира за овај тип истраживања и детаљно приказане анатомске и морфолошке карактеристике изданака две врсте, што је значајно с обзиром на то да се истраживање бави и обрасцима дистрибуције метала и биохемијским променама у различитим деловима индивидуалних биљака. У другом потпоглављу, дефинисани су есенцијални и неесенцијални микроелементи у физиологији биљака и описане

различите класификације метала у односу на електронску структуру, редуцирано-оксидациона стања и преференцију јона да формирају комплексе са функционалним групама унутар биолошких молекула, што је нарочито важно са аспекта утицаја метала на биолошке системе. Описане су хемијске особине метала испитиваних у овом истраживању (цинка, бабра и кадмијума) и њихове улоге у биљкама. У трећем потпоглављу описане су фазе усвајања метала из окружења код изданака маховина и на основу доступне литературе детаљно анализирани фактори који могу утицати на овај процес. У четвртом потпоглављу истакнут је значај примене маховина у биомониторингу загађења водене и ваздушне средине металима и наведене су најбитније карактеристике, које их сврставају међу најпогодније биомониторе овог типа загађења. Маховине не поседују коренов систем, ни добро развијену кутикулу, те постојећа литература указује да воду са раствореним супстанцама усвајају читавом површином из окружења, имају велики однос површине и запремине, као и изражену способност за измену катјона и знатно већи број негативно наелектрисаних функционалних група способних да вежу јоне метала у поређењу са другим биолошким системима, што за резултат има већу ефикасност у акумулацији метала у поређењу са другим организмима. Осим тога, широко географско распрострањење и чињеница да многе маховине остају физиолошки активне и током зиме, пружају могућност континуираног праћења усвајања метала током целе године и додатни су разлози за одабир ових организама за истраживање. Овде је истакнуто да упркос вишедеценијској употреби маховина у студијама загађења животне средине, утицај појединачних метала на различите параметре растења и развића ових биљака, механизми толеранције на стрес који изазивају, као ни обрасци њихове дистрибуције у изданцима, нису довољно истражени. Такође, указано је на недостатак истраживања о утицају и доприносу метала из супстрата на њихове концентрације измерене у маховинама. Нарочито је истакнуто да ове информације недостају у истраживањима која су спроведена у аксеничним и потпуно контролисаним лабораторијским условима. У петом потпоглављу описани су општи механизми токсичности метала код биљака, са посебним освртом на њихову улогу у настанку оксидативног стреса и утицај на процес фотосинтезе. У оквиру посебне целине у овом потпоглављу описани су токсични ефекти метала код различитих представника маховина на основу савремених литературних података. У последњем потпоглављу, дат је преглед општих механизма одржавања хомеостазе и заштите биљака од токсичних концентрација метала. У оквиру посебних целина у овом потпоглављу, описане су најважније компоненте антиоксидативне заштите биљака и дат преглед релевантних истраживања везаних за механизме укључене у одбрану маховина од стреса изазваног повишеним концентрацијама метала.

У поглављу **Циљеви истраживања** дефинисани су и изложени следећи циљеви: а) Дефинисање морфогенетског одговора маховина *H. cupressiforme* и *A. undulatum* у условима дуготрајног и краткотрајног стреса изазваног металима у култури *in vitro*; б) Утврђивање биохемијских и физиолошких параметара одговора маховина *H. cupressiforme* и *A. undulatum* у условима стреса изазваног металима; в) Одређивање способности акумулације метала из подлоге код две одабране врсте маховина са различитим формама раста; г) Одређивање дистрибуције и специфичних

концентрација одабраних метала код испитиваних врста маховина гајених на подлогама са додатком ацетатних соли одабраних метала; д) Дефинисање образаца акумулације метала код две испитиване врсте маховина са различитим формама раста; ђ) Утврђивање толеранције, резистенције и осетљивости две одабране врсте маховина на стрес металима.

У оквиру поглавља **Материјал и методе** налази се 8 потпоглавља. У првом потпоглављу истакнут је значај упоредне анализе плеурокарпних и акрокарпних врста маховина. У другом потпоглављу наведени су подаци везани за порекло биљака, детаљно су описане технике асептичног рада, дефинисани услови гајења и умножавања биљног материјала у култури *in vitro* у току истраживања и табеларно приказан састав свих хранљивих подлога прилагођених гајењу индивидуалних врста. У трећем потпоглављу изложен је дизајн истраживања и дефинисани су фактори чији утицај на одабране параметре је испитиван у зависности од типа анализа. У наредном потпоглављу описани су праћени параметри мофоргенезе и апаратура коришћена за њихову анализу. У петом потпоглављу, детаљно је описана процедура сакупљања и чувања биљног материјала за биохемијске анализе базиране на УВ/видљивој спектрофотометрији. У оквиру независних целина у овом потпоглављу систематски су изложени специфични протоколи за спектрофотометријско одређивање концентрације фотосинтетичких пигмената, маркера оксидативног стреса ( $H_2O_2$  и МДА), активности пероксидаза, концентрације укупних фенолних једињења и антиоксидативног капацитета маховина различитих третмана. Спецификована је апаратура коришћена за анализу сваког параметра и наведени аутори према којима су методе модификоване и оптимизоване. У шестом потпоглављу јасно су описани принципи функционисања и примена Раманове спектроскопије у анализи биљног материјала и указано је на њене предности у односу на друге сличне технике за специфичну биохемијску детекцију органских молекула. Међу овим предностима, нарочито су битне недеструктивност, могућност ефикасне *in vivo* анализе и комбиновања са микроскопијом како би се добиле информације о молекулима са високом просторном резолуцијом на ћелијском нивоу, као и могућност генерисања спектроскопских мапа које се могу поредити са визуелном сликом испитиваног узорка. Даље је образложен избор делова биљака и дефинисане позиције на изданку у којима су снимани Раманови спектри, што је илустровано и представљено и на фотографијама. Детаљно је описана процедура припреме биљака и снимања Раманових спектра, наведена су сва подешавања и спецификације апарата, спектрални регион у коме је снимање вршено, као и софтвери за анализу и обраду спектра. Наведене су технике мултиваријационе анализе коришћене за анализу спектралних података (РСА и кластер анализа), као и назив софтвера коришћеног у ту сврху. У седмом потпоглављу описани су принципи функционисања техника које се заснивају на флуоресценцији рендгенских зрака атома у узорку, а које омогућавају одређивање концентрације минералних елемената у целим биљкама, као и квантитативну визуелизацију расподеле хемијских елемената у различитим деловима изданака. У три одвојене целине у овом потпоглављу истакнуте су специфичности енергетски дисперзивне микроанализе рендгенских зрака (енг. EDX), рендгенске флуоресцентне спектрометрије (енг. XRF) и микро-протонски индуковане емисије Х-зрака ( $\mu$ PIXE), са акцентом на особинама као што су сензитивност,

просторна селективност и квантитативна прецизност. За сваку од три технике описани су специфични протоколи припреме маховина за дату анализу, опрема, подешавања система којим је вршена анализа, као и софтвери коришћени за анализу података. Нарочито темељно је описан поступак припреме биљног материјала за  $\mu$ PIXE анализу, који подразумева корак криофиксације у охлађеном пропану како би се очувала структура узорака и дистрибуција елемената у ћелијама, што сличнија оној у *in vivo* условима. Кључни кораци овог процеса илустровани су фотографијама. Осим тога, описани су и кораци обраде података након  $\mu$ PIXE анализе и наведени софтверски пакети који су омогућили конструисање концентрацијских мапа дистрибуције микро- и макро-елемената у одсечцима различитих делова изданака маховина, као и израчунавање укупне концентрације анализираних елемената у датим одсечцима. У последњем потпоглављу, описана је статистичка обрада података у програму IBM SPSS Statistics (Version 26), која је укључивала примену метода анализе варијансе и детаљну анализу статистички значајних интеракција другог реда.

У поглављу **Резултати** налази се 8 потпоглавља. У првом потпоглављу описане су морфолошке промене изданака две врсте маховина у различитим третманима са испитиваним металима. Најупечатљивије промене биле су појава хлорозе под дејством бабра и кадмијума, као и појава браон боје у каулоидима и филоидима маховина под дејством бабра. Описани су резултати који се односе на анализу параметара морфогенезе (индекс мултипликације и одсуство мерљиве секундарне протонеме). Показано је да концентрација и врста метала, као и врста маховине значајно утичу на вредности индекса мултипликације, као и да се ефекат појединачних фактора мења у комбинацији са другим факторима. Генерално, врста *H. cupressiforme* се на нивоу свих експеримената карактерисала већим индексом мултипликације у односу на другу врсту, док је међу испитиваним металима цинк испољио најмањи инхибиторни ефекат на продукцију нових изданака. Показано је присуство негативног кумулативног ефекта дужине стреса и повећаних концентрација метала у подлози на вредности индекса мултипликације, као и да дуже трајање стреса значајно повећава негативни ефекат који бакар има на продукцију нових изданака, док овако велике разлике нису запажене у случају примене друга два метала. У другом потпоглављу описане су промене у концентрацији фотосинтетичких пигмената и вредности односа хлорофила, у зависности од третмана коме су биљке биле изложене. Истакнуто је да се акрокарпна врста на нивоу свих истраживања карактерише већом концентрацијом хлорофила *a* и каротеноида, као и да бакар и кадмијум доводе до знатно већег пада концентрације хлорофила *a*, *b* и каротеноида у односу на цинк. При већој концентрацији метала у подлози негативни ефекат кадмијума на концентрацију фотосинтетичких пигмената у односу на друга два метала је најизраженији, док је ефекат бабра израженији при нижој примењеној концентрацији. У следећем потпоглављу, представљени су резултати анализа маркера оксидативног стреса код маховина под утицајем повећаних концентрација цинка и бабра у подлози. Врста *A. undulatum* карактерисала се знатно вишим нивоом продукције  $H_2O_2$  и МДА у односу на врсту *H. cupressiforme* у експериментима са дуготрајним стресом. Истакнуто је да је код акрокарпне врсте цинк довео до веће продукције  $H_2O_2$  у односу на бакар, док је код плеурокарпне врсте, описан обрнут тренд. У случају МДА, приказано је да је бакар код обе врсте маховина

довео до значајно веће продукције овог једињења. Описано је да у експериментима са различитом дужином стреса код акрокарпне врсте, дуже излагање металима знатно више повећава продукцију  $H_2O_2$  и МДА, као и да разлике расту са повећањем концентрације метала у подлози. У четвртом потпоглављу, представљени су резултати анализе активности пероксидаза код врсте *A. undulatum* у зависности од дужине трајања стреса, концентрације и врсте примењеног метала. Истакнуто је да је бакар довео до значајнијег повећања активности пероксидаза у односу на цинк, као и да је овај ефекат бакра био знатно израженији у експериментима са дуготрајним стресом. Ефекат цинка при различитом трајању стреса није се значајно разликовао. У следећем потпоглављу приказане су концентрације укупних фенолних једињења и описан антиоксидативни потенцијал екстраката биљака обе врсте маховина третираних цинком и бакром. Истакнуто је да се у експериментима са дуготрајним стресом врста *A. undulatum* карактерисала значајно већом концентрацијом фенолних једињења, као и знатно већим антиоксидативним потенцијалом у поређењу са *H. cupressiforme*. Са повећањем концентрације оба метала у подлози у експериментима са дуготрајним стресом, код акрокарпне маховине детектован је пад концентрације укупних фенола. Код плеурокарпне врсте бакар је имао негативан, а цинк при највећој примењеној концентрацији позитиван утицај на концентрацију фенола. Приказ резултата анализа истих параметара код врсте *A. undulatum* у експериментима са различитом дужином трајања стреса показује да је бакар имао значајно негативнији ефекат на концентрацију фенола у односу на цинк у условима дуготрајног стреса, док се у експериментима са краткотрајним стресом ефекат цинка и бакра није значајно разликовао. Истовремено, антиоксидативни капацитет биљака *A. undulatum* третираних бакром није се значајно разликовао у зависности од трајања стреса, док је у случају биљака третираних цинком, већи антиоксидативни капацитет детектован код биљака из третмана са дуготрајним стресом. У шестом потпоглављу дат је приказ концентрација одабраних хемијских елемената одређених XRF спектрометријом код биљака *H. cupressiforme* гајених у условима дуготрајног стреса. Приказано је да концентрација калијума опада у биљкама под утицајем сваког од тестираних метала (цинка, бакра и кадмијума), као и да кадмијум има најнегативнији ефекат на садржај физиолошки значајних елемената. У односу на концентрацију код контролне групе биљака, концентрација калцијума била је значајно већа код биљака третираних цинком и значајно мања код биљака излаганих бакру. Садржај сумпора разликовао се у односу на контролу само код биљака третираних кадмијумом. У седмом потпоглављу приказане су и описане концентрацијске мапе расподеле одабраних елемената на попречним пресецима горњег и доњег дела изданака маховина *A. undulatum* и *H. cupressiforme* из различитих третмана металима. У овом потпоглављу, представљене су и концентрације одабраних елемената у пресецима две врсте маховина анализираним  $\mu$ PIXE техником, као и резултати корелационе анализе садржаја бакра и других одабраних елемената у биљкама *A. undulatum* одређених EDX техником. У последњем потпоглављу приказани су и описани специфични Раманови спектри у региону од  $200-1800\text{ cm}^{-1}$  за сваки филоид, снимљени на три различите позиције дуж филоида и каулоида код изданака две врсте маховина излаганих повећаним концентрацијама цинка и бакра у експериментима са различитом дужином стреса. Приказани су резултати кластер

анализа, као и резултати анализа главних компоненти које доприносе раздвајању базалних филоида биљака из различитих третмана.

У поглављу **Дискусија** сачињеном од 8 потпоглавља, детаљно су анализирани резултати дисертације и упоређени са резултатима других аутора који су радили на истој или сличној проблематици. Дискусија добијених резултата приказана је систематично, по истом редоследу којим су наведени и резултати истраживања. Дискутован је значај извођења експеримената у контролисаним условима културе *in vitro* како се добијени резултати не би могли приписати потенцијалним синергистичким или антагонистичким утицајима услед варирања биотичких или других абиотичких фактора средине. Детаљно су разматрани разлози и потенцијални механизми у основи уочених разлика у одговору две испитиване врсте маховина везано за праћене морфогенетске, биохемијске и физиолошке параметре, као и обрасце дистрибуције метала унутар биљака, са посебним освртом на специјализацију ка одређеном типу транспорта воде (ендохидричном или екдохидричном), и различитим афинитетима за везивање појединачних метала. Осим тога, детаљно су анализирани фактори и механизми који објашњавају различите ефекте појединачних метала на испитиване параметре код истих или различитих врста маховина, као и разлике у деловању метала у зависности од примењене концентрације и трајања стреса. Узети су у разматрање оксидационо-редукциона својства метала, физиолошки значај индивидуалних метала, различит афинитет везивања и конкуренција са (другим) есенцијалним елементима за везивна места у ћелијама. Посебна пажња је посвећена утицају тестираних метала на садржај и дистрибуцију других хемијских елемената у изданцима маховина. Изложени су докази за постојање транспорта испитиваних метала из подлоге ка апикалним деловима изданака обе врсте и предложени су механизми преноса и редистрибуције унутар изданака за сваки од тестираних метала. Анализиран је конститутивно виши степен продукције  $H_2O_2$  код врсте *A. undulatum* у односу на врсту *H. cypressiforme* и упоредном анализом резултата за вредности концентрација МДА у одговарајућим третманима, закључивано је о различитом значају  $H_2O_2$  као сигналног молекула у одговору две врсте маховина на стрес металима. Поређењем резултата везаних за неензимске компоненте антиоксидативне заштите у одговарајућим третманима код две врсте маховина и резултата других истраживања, дискутовано је о већој улози фенолних једињења у антиоксидативној заштити акрокарпне врсте, и разматрани су потенцијални механизми који објашњавају уочене промене у концентрацијама фенола под дејством индивидуалних метала. У овом поглављу, детаљно су анализирани резултати Раманове спектроскопије, при чему је идентификовано порекло доминантних пикова у Рамановим спектрима, као и једињења која су највише утицала на раздвајање група филоида из различитих третмана металима. На основу овога дискутовано је о улози каротеноида и гликозилованих флавонола у одговору маховина на стрес изазван повећаним концентрацијама бабра, као и о променама у степену zasiћености масних киселина у условима стреса изазваног овим металом.

У оквиру поглавља **Закључци** изнет је преглед најзначајнијих закључака изведених на основу добијених резултата докторске дисертације, а у складу са дефинисаним циљевима докторске дисертације. Истакнуто је да каулоиди врсте *A.*

*undulatum* поседују низак капацитет за акумулацију цинка у поређењу са *H. cupressiforme*, као и да плаурокарпна врста има способност усвајања значајне количине цинка, бакра и кадмијума из подлоге. Закључено је да се обрасци акумулације цинка, бакра и кадмијума унутар гаметофора *H. cupressiforme* значајно разликују, као и да се обрасци расподеле цинка и бакра унутар гаметофора акрокарпне врсте разликују између апикалних и базалних делова изданка, али и у односу на обрасце расподеле истих елемената код гаметофора врсте *H. cupressiforme*. На основу свих резултата у овој тези, закључено је да обе маховине поседују извесну толеранцију на стрес изазван токсичним концентрацијама метала, као и да је више различитих физиолошких и биохемијских механизма укључено у одговор на овакав стрес, одвојено или истовремено. Образложено је да се на основу добијених резултата ипак не може донети једнозначан закључак о томе која врста маховина поседује већу отпорност на повећане концентрације појединачних метала у подлози.

У поглављу **Литература** по абecedном реду дат је списак сачињен од 366 библиографских јединица, које су адекватно и на одговарајућим местима цитиране у докторској дисертацији. Наведени литературни извори су написани правилно, у складу са прихваћеним стандардима за навођење литературе.

## **Радови и конгресна саопштења из докторске дисертације**

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

1. **Stanković JD**, Janković S, Lang I, Vujičić MM, Sabovljević MS, Sabovljević AD. 2021. The toxic metal stress in two mosses of different growth forms under axenic and controlled conditions. *Botanica Serbica* **45**(1): 31-47, **M23**, <https://doi.org/10.2298/BOTSERB2101031S>

2. Sabovljević MS, Weidinger M, Sabovljević AD, **Stanković J**, Adlassnig W, Lang I. 2020. Metal accumulation in the acrocarp moss *Atrichum undulatum* under controlled conditions. *Environmental Pollution* **256**: 113397, **M21a**, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113397>

### **Б2. Конгресна саопштења на скуповима међународног значаја**

1. **Stanković J**, Vogel Mikuš K, Kelemen M, Pelicon P, Arčon I, Sabovljević AD, Sabovljević MS. 2018. Uptake of heavy metals by the moss *Hypnum cupressiforme* from solid medium in controlled conditions. 7<sup>th</sup> Slovenian symposium on plant biology with international participation, Ljubljana (Slovenia), September 17 - 18<sup>th</sup>, Book of Abstracts, p.53., **M34**

## Провера оригиналности докторске дисертације

Докторска дисертација „Екофизиолошки одговор маховина *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv. и *Hypnum cupressiforme* Hedw. на стрес изазван металима у условима *in vitro*“ кандидаткиње Јелене Д. Станковић, број индекса Б3026/2013, послата је 07.4.2022. године на софтверску проверу оригиналности докторских дисертација. Извештај који садржи резултате провере оригиналности ментори су добили 08.4.2022. године.

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 констатујемо да утврђено подударрање текста износи 5%. Овај степен подударности последица је коришћења општих израза неизбежних у испитиваној проблематици или метода коришћених током израде студије. Такође, подударрање је показано код претходно публикованих резултата докторандових истраживања који су проистекли из његове дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника. Преклапања по сегментима износе мање од 1%.

Узимајући у обзир наведено, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду („Гласник Универзитета у Београду” број 201/18), Комисија сматра да извештај указује на оригиналност докторске дисертације кандидаткиње Јелене Д. Станковић, под насловом „Екофизиолошки одговор маховина *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv. и *Hypnum cupressiforme* Hedw. на стрес изазван металима у условима *in vitro*“, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

## Мишљење и предлог Комисије

На основу увида у докторску дисертацију кандидата Јелене Д. Станковић, под насловом „Екофизиолошки одговор маховина *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv. и *Hypnum cupressiforme* Hedw. на стрес изазван металима у условима *in vitro*“, као и на основу увида у њен рад током реализације ове докторске дисертације, Комисија закључује да су задаци постављени у циљу овог истраживања успешно реализовани. Постигнути резултати представљају значајан допринос физиологији стреса бриофита изазваног металима. Докторска дисертација Јелене Д. Станковић обрађује веома актуелне научне проблеме из поменуте области. Добијени резултати представљају релевантну основу за даља фундаментална истраживања регулације физиолошких процеса код биљака изложених абиотичком стресу, као и за испитивање биотехнолошких поступака у потенцијалном превазилажењу стреса повећањем отпорности према металима. Треба нагласити да изведени закључци указују на значај проблематике којом се докторанткиња бавила и напоменути да су у овој докторској дисертацији по први пут урађени експерименти у аксеничним условима за испитивање

утицаја метала на врсте *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv. и *Hypnum cupressiforme* Hedw.

На основу свега изложеног, предлажемо Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Биолошког факултета да прихвати овај извештај и одобри кандидату **Јелени Д. Станковић** јавну одбрану докторске дисертације под насловом „**Екофизиолошки одговор маховина *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv. и *Hypnum cupressiforme* Hedw. на стрес изазван металима у условима *in vitro*“.**

**КОМИСИЈА:**

У Београду, 12.04.2022. године

---

др Милорад Вујичић, ванредни професор,  
Универзитет у Београду - Биолошки факултет

---

др Ксенија Јаковљевић, виши научни сарадник,  
Универзитет у Београду - Биолошки факултет

---

др Илинка Пећинар, ванредни професор,  
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет