

РЕФЕРАТ

**О ЗАВРШЕНОЈ ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ
КАНДИДАТКИЊЕ ИВАНКЕ РОДИЋ**

Веће за студије при Универзитету у Београду, на седници одржаној 22. 12. 2025. године именовало нас је у комисију за преглед и оцену докторске дисертације под насловом „Адаптивни одговор гљиве *Phycomyces blakesleeanus* на оксидативни стрес индукован селенимом“, кандидаткиње Иванке Родић (докторске студије при Универзитету, модул: биофизика). Пошто што смо прегледали и анализирали добијену дисертацију, подносимо Већу следећи извештај:

1. Основни подаци о кандидаткињи

Иванка Родић је рођена 16. јануара 1984. године у Ријеци, Хрватска. Уписала је Природноматематички факултет Универзитета у Новом Саду, смер – Дипломирани биолог, 2003. године. Дипломирала је 2008. године и стекла звање дипломирани биолог. Мастер студије уписује 2009. године на Пољопривредном факултету Универзитета у Новом Саду, смер - Генетика и оплемењивање биљака. Мастер студије је завршила 2012. године и стекла звање Мастер инжењер пољопривреде. Добитница је "Изузетне награде за научни и стручни рад" коју додељује Универзитет у Новом Саду. Од 2015. године је докторанд мултидисциплинарних докторских студија Универзитета у Београду - студијски програм: Биофизика. Експериментални део своје докторске дисертације спроводи на Институту за мултидисциплинарна истраживања у Београду.

2. Библиографија кандидаткиње обухвата следеће научне радове и конгресна саопштења из докторске дисертације:

Научни радови проистекли из докторске дисертације:

- 2.1. Rodić, I., Žižić, M.V., Lukičić, J., Stanić, M., Gianoncelli, A., Bonanni, V., Zakrzewska, J., Živić, M.Ž., Cvetiћ Antić, T, 2025. Metabolic changes in *Phycomyces blakesleeanus***

mycelia during selenite reduction and cellular localization of synthesized SeNPs. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 41(7), p.254. (M21, IF₂₀₂₄=4,2)

- 2.2. Žižić, M., Stanić, M., Aquilanti, G., Bajuk-Bogdanović, D., Branković, G., Rodić, I., Živić, M., Zakrzewska, J., 2022. Biotransformation of selenium in the mycelium of the fungus *Phycomyces blakesleeanus*. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 414(20), pp.6213-6222. (M21, IF₂₀₂₂=4,3)

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу из дисертације (M34)

- 2.3. M. Žižić, G. Branković, D. Bajuk-Bogdanović, I. Rodić, J. Zakševska. Se(O)-nanoparticles formation by fungus *Phycomyces blakesleeanus*. Osma regionalna konferencija biofizičara, 16-20 Maj 2018, Zreče, Slovenija

Саопштења са скупова националног значаја штампана у изводу из дисертације (M64)

- 2.4. Rodić, I., Žižić, M., Lukičić, J., Zakrzewska, J., Živić, M., Cvetić Antić, T., Stanić, M. Efekti selenita na metabolizam glutationa kod gljive *Phycomyces blakesleeanus*. Drugi kongres biologa Srbije, Kladovo, Srbija, 25- 30. 9. 2018.
- 2.5. Rodić, I., Lukičić, J., Stanić, M., Žižić, M., Zakrzewska, J., Živić, M., Cvetić Antić T. Usvajanje i redukcija selenita u micelijama *Phycomyces blakesleeanus*: uticaj na aktivnost enzima antioksidativne zaštite. Treći kongres biologa Srbije, Zlatibor, Srbija 21- 25. 9. 2022.

3. Предмет и циљеви докторске дисертације

Предмет истраживања у овој докторској дисертацији је испитивање одговора филаментозне гљиве *P. blakesleeanus* на утицај егзогено примењеног селенита. Основни циљ дисертације био је да се утврди до којих метаболичких промена у мицелији долази током редукције селенита од стране мицелије која је праћена формирањем наночестица селена, као и да се добијене наночестице окарактеришу.

У сврху реализације, основни циљ је разрађен у три подциља са припадајућим елементима:

Први специфични подциљ докторске дисертације био је да се утврди да ли, и у којим концентрацијама, излагање неорганском селениту негативно утиче на растење мицелије гљиве *P. blakesleeanus*. У сврху остварења овог циља, прво је установљена динамика раста мицелија гљиве у течној култури и утврђен временски оквир трајања експоненцијалне фазе раста у којој ће мицелије бити третиране селенитом. Друга

компонента овог подциља била је да се утврди ефекат примене различитих концентрација селенита у медијуму за гајење током експоненцијалне фазе како би се одредио ниво токсичности и како би била изабрана концентрација селенита која не изазива значајне токсичне ефекте и инхибицију раста и која би могла бити примењивана у даљим истраживањима утицаја селенита на метаболизам гљиве.

Други специфични циљ био је да се утврди да ли селенит у одабраној концентрацији узрокује појаву оксидативног стреса, као и да се детектују механизми одбране који се приликом стреса активирају код ове гљиве. У сврху остварења овог циља, у мицелијама које су гајене у присуству селенита током различитих временских периода (30 минута до 48 сати) праћен је садржај протеина, садржај и редокс статус глутатиона. Спектрофотометријским, поларографским и електрофоретским методама је праћена активност ензима који чине систем заштите од оксидативних оштећења - каталаза, супероксид дисмутаза, глутатион пероксидаза, глутатион редуктаза и глутатион *S* – трансфераза.

Како је утврђено да мицелија редукује селен (+4) у елементарни селен (0) који се може детектовати у форми наночестица, трећи специфични циљ дисертације је био локализација редукције, детекција присутних оксидационих форми и унутарћелијска/ванћелијска дистрибуција биолошки произведених наночестица. Овај сегмент има реперкусије на локализацију транспорта и редукције селена као и временски ток процеса редукције. Квантификација расподеле селена између медијума и мицелије и процена степена волатилизације у форми органоселенида омогућена је применом *ICP*. Локализацију различитих облика селена у мицелији, колокализацију са магнезијумом и карактеризацију самих наночестица омогућила је примена софистицираних микроскопских и спектроскопских метода: скенирајућа електронска микроскопија (*SEM*), нискофреквентна рентгенска флуоресцентна микроскопија базирана на синхротронским изворима зрака (*XRF*), енергетски дисперзивна спектроскопија Х-зрачења (*EDS*), метода динамичког расејања светлости (*DLS*), рентгенска апсорпциона спектроскопија базирана на синхротронским изворима зрака (*XANES*) и Раманска спектроскопија.

4. Кратак опис садржаја докторске дисертације

Докторска дисертација Иванке Родић под називом „Адаптивни одговор гљиве *Phycomyces blakesleeana* на оксидативни стрес индукован селенитом“ написана је на српском језику на **127 страна** које обухватају текст дисертације. Дисертација је структурирана кроз поглавља **Увод** (1-29), **Циљеви** (30-31), **Материјал и методе** (32-51), **Резултати** (52-80), **Дискусија** (81-100), **Закључци** (101-102) и **Литература** (103-127, укупно **238** библиографских јединица, наведене по абecedном реду). Дисертација има укупно **141 страну** рачунајући уобичајене уводне и завршне елементе са неопходним информацијама о докторској дисертацији: Насловну страну на српском језику, Насловну страну на енглеском језику, Страну са подацима о менторима и

члановима комисије, Страну са изјавама захвалности, Сажетак докторске дисертације на српском и енглеском језику, Листу скраћеница и Садржај. На крају докторске дисертације се налазе Биографија аутора, Изјава о ауторству, Изјава о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу.

Увод је написан на 29 страна, са 11 потпоглавља. Потпоглавља 1.1 – 1.6 обрађују различите аспекте хемије селена и његових једињења, при чему потпоглавље 1.6 даје увид у биолошку редукцију селенових оскианјона до елементарног селена и биогенезу наночестица селена. Потпоглавље 1.7 фокусира се на биологију истраживаног организма, *P. blakesleeanus*. Потпоглавља 1.8 и 1.9 баве се разматрање концепта стреса, првенствено оксидативног стреса, и директним ефектима реактивних кисеоничних врста *in vivo*. Потпоглавље 1.10 фокусира се на механизме заштите од оксидативних оштећења, а потпоглавље 1.11 фокус ставља на метаболизам и улогу глутатиона. Увод садржи девет слика и три табеле.

Циљеви дисертације су јасно формулисани и разрађени кроз три специфична подциља.

У поглављу **Материјал и методе**, јасно су представљени и објашњени принципи коришћених метода и дати детаљни протоколи. Први сегмент обухвата протоколе и рецептуре за гајење и третирање мицелија. Други сегмент обухвата биохемијске анализе – од екстракције испитиваних једињења из мицелија до спектрофотометријских, поларографских и електрофоретских протокола. Трећи сегмент детаљно описује поступке коришћене у микроскопским (SEM, XRF) и спектроскопским (ICP-OES, EDS, DLS, XANES и Раманска спектроскопија) истраживањима. На крају поглавља дати су подаци о статистичкој анализи добијених резултата. Поглавље обухвата осам слика.

Поглавље **Резултати** написано је на 29 страна и садржи 24 слике и једну табелу. Добијени резултати представљени су кроз 13 потпоглавља и следе јасну логику редоследа излагања, представљени су јасно и прегледно.

У поглављу **Дискусија**, које је написано на 20 страна и организовано у четири потпоглавља, сумирани су добијени резултати, који су тумачени у односу на постојеће литературне податке и изнет је критички осврт на резултате тезе.

Закључци су обједињени у пет ставки са већим бројем конкретних закључака у сваком сегменту. Закључци су формирано јасно и рационално на основу добијених резултата.

Литература је наведена на 24 стране и садржи 238 библиографских јединица уређених према абecedном реду.

5. Остварени резултати, оцена докторске дисертације и научни допринос

Докторска дисертација кандидаткиње Иванке Родић даје значајан допринос познавању метаболизма гљиве *P. blakesleeanus*, посебно у условима стреса изазваног повишеном концентрацијом селенита, која је праћена биолошком редукцијом Se (+4). Кандидаткиња је установила да мицелија *P. blakesleeanus* показује неувобичајено високу толеранцију према селениту. Имајући то у виду, користећи напредне микроскопске и спектроскопске методе, кандидаткиња је установила да мицелије *P. blakesleeanus* редукују селенит у нивоу ћелијске мембране, а могуће и унутар ћелије, да се значајан део селена волатилизује чиме се уклања из метаболизма и из хранљивог медијума, а да се део селена акумулира у виду наночестица елементарног селена са великим потенцијалом за примену у индустрији и медицини. Кандидаткиња је установила и да удео различитих продуката редукције селенита (до испарљивих једињења или елементарног селена) зависи од примењене концентрације селенита. Анализа ове дисертације указује да је кандидаткиња остварила циљеве истраживања и да је применом одговарајућих техника, систематичним приступом, темељним прегледом литературе и аутентичним тумачењем резултата допринела унапређењу корпуса знања у области метаболизма селена у кончастим гљивама. Кандидаткиња је дала значајан допринос познавању метаболизма и метаболичкој реакцији гљиве *P. blakesleeanus* на повећане концентрације селенита у супстрату за гајење, установивши да се током времена различите ензимске компоненте система заштите од оксидативних оштећења секвенцијално активирају. Такође је установила и развојну карактеристику при преласку из експоненцијалне у стационарну фазу развоја у којој долази до промене редокс баланса којом доминира глутатион. Заокружујући рад, дисертација разматра могућност примене *P. blakesleeanus* за биолошку детоксификацију селенитом загађених отпадних вода, са потенцијалом за реутилизацију селена у виду наночестица.

6. Закључак и предлог

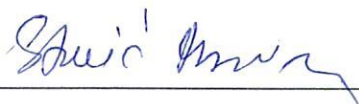
Комисија констатује да је докторска дисертација Иванке Родић под насловом „Адаптивни одговор гљиве *Phycomyces blakesleeanus* на оксидативни стрес индукован селенитом“ оригиналан и самосталан научни рад са значајним научним доприносом. Дисертација показује да је кандидаткиња успешно остварила постављене циљеве истраживања, да је при представљању, тумачењу и дискусији резултата показала зрелост у научном начину размишљања и припремљеност за даљи самосталан рад и сарадњу са мултидисциплинарним научним тимовима.

Комисија сматра да су се тиме стекли сви услови за јавну одбрану докторске дисертације Иванке Родић под насловом „Адаптивни одговор гљиве *Phycomyces blakesleeanus* на оксидативни стрес индукован селенитом“ и предлаже Већу за студије при

Универзитету у Београду да прихвати позитивну оцену докторске дисертације и одобри њену јавну одбрану.

У Београду, 04.02.2026.

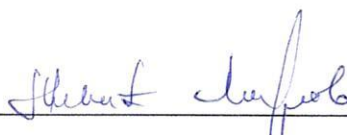
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



Др Марина Станић, виши научни сарадник

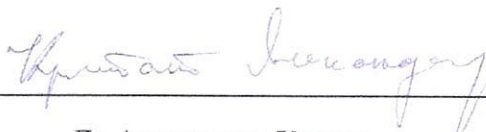
Универзитет у Београду – Институт за мултидисциплинарна истраживања

Институт од националног значаја за Републику Србију



Др Мирослав Живић, ванредни професор

Универзитет у Београду – Биолошки факултет



Др Александар Крмпот, научни саветник

Универзитет у Београду - Институт за

физику, Институт од националног значаја за Републику Србију

ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ

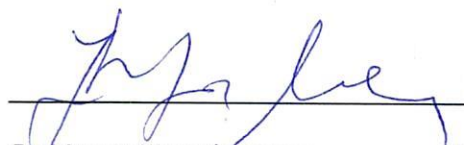
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

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 „Адаптивни одговор гљиве *Phycomyces blakesleeanus* на оксидативни стрес индукован селенимом“ аутора Иванке Родић констатујемо да утврђено подударане текста износи 9 %. Увидом у генерисани софтверски извештај утврђено је да је подударност са сваким појединачним извором 1 % или мање. Подударност са прва два извора износи по 1 %, што је последица коришћења сличне методологије узгоја мицелија, припреме узорака и коришћења истог апарата и протокола за анализу садржаја селена спектроскопијом са индуковано-спрегнутом плазмом (ICP-OES). Подударности са осталим изворима су мање од 1 % и последица су коришћења општих фраза, навођења литературних извора података, навођења листа врста из литературе, као и приказ састава стандардизованих раствора и експерименталних поступака. Највећи део преклапања текста са литературним изворима односи се на библиографске податке и синтагме од неколико речи које су у широкој употреби.

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, констатујемо да извештај потврђује оригиналност докторске дисертације кандидаткиње Иванке Родић под насловом „Адаптивни одговор гљиве *Phycomyces blakesleeanus* на оксидативни стрес индукован селенимом“, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

У Београду, 30. 1. 2026.

Ментори:



Др Милан Жижич, научни саветник, Универзитет у Београду – Институт за мултидисциплинарна истраживања, Институт од националног значаја за Републику Србију



Др Тијана Цветић Антић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Биолошки факултет