

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат комисије о урађеној докторској дисертацији кандидата Јелене Милосављевић, дипл. молекуларног биолога и физиолога – мастер

Одлуком Наставно–научног већа Техничког факултета у Бору, бр. VI/4-17-8 од 19.01.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Јелене Милосављевић под називом: „Утицај токсичних елемената на активност ензима у ризосфери *Plantago lanceolata* и *Taraxacum officinale* и потенцијална употреба биљака у биомониторингу и фиторемедијацији”. Након прегледа достављене дисертације, пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија подноси следећи:

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Хронологија одобравања и израде дисертације одвијала се следећом динамиком:

✓ **16.09.2020.** - На седици Већа катедре за Хемију и хемијску технологију Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, прихваћена је тема докторске дисертације кандидата Јелена Милосављевић, дипл. молекуларног биолога и физиолога – мастер. Наставно–научном већу Техничког факултета у Бору предложена је Комисија за давање мишљења о научној заснованости предложене теме докторске дисертације.

✓ **23.09.2020.** - Одлуком бр. VI/4-13-8. Наставно–научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, именована је Комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације кандидата.

✓ **20.10.2020.** - Одлуком бр. VI/4-14-8. Наставно–научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, прихваћен је предлог Комисије о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације, а за ментора је именована др Снежана М. Шербула, редовни професор Техничког факултета у Бору.

✓ **01.12.2020.** - Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду прихватило је извештај Комисије за оцену научне заснованости теме и донело је одлуку (бр.61206-3644/2-20) о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације.

✓ **25.12.2020.** - На седници Већа катедре за Хемију и хемијску технологију Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, потврђено је да је кандидат завршио израду докторске дисертације и Наставно–научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду предложена је Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације.

✓ **19.01.2021.** - Одлуком бр. VI/4-17-8. Наставно–научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, именована је Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Јелене Милосављевић, у саставу: проф. др Снежана Шербула, Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду (ментор); проф. др Снежана Милић, Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду (члан); проф. др Тамара Ракић, Биолошки факултет, Универзитет у Београду (члан).

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „**Утицај токсичних елемената на активност ензима у ризосфери *Plantago lanceolata* и *Taraxacum officinale* и потенцијална употреба биљака у биомониторингу и фиторемедијацији**” по предмету истраживања припада научној области **технолошко инжењерство**, и ужој научној области **хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство**, за коју Технички факултет у Бору Универзитета у Београду има акредитоване докторске академске студије.

За ментора докторске дисертације одређена је др Снежана Шербула, редовни професор Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду. На основу искуства и досад објављених радова др Снежана Шербула је компетентна да руководи израдом докторске дисертације кандидата. Као аутор или коаутор, објавила је 36 радова са 548 хетероцитата (подаци према SCOPUS бази од 21.01.2021.год.), од којих је 29 из категорије M20 и има *h-index* 14.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Јелена Милосављевић рођена је 11.01.1987. године у Бору, Република Србија, где је завршила основну школу и гимназију. Основне академске студије на Биолошком факултету, Универзитета у Београду, уписала је школске 2005/2006 године на студијској групи молекуларна биологија и физиологија, а завршила 08.02.2011. године одбраном дипломског рада са оценом 10. Дипломирањем на Биолошком факултету, са просечном оценом 8,45, стекла је стручни назив: дипломирани молекуларни биолог и физиолог, који је у погледу права изједначен са академским називом мастер. Докторске академске студије уписала је школске 2014/2015 године на Техничком факултету у Бору на студијском програму Технолошко инжењерство.

Октобра 2015. године засновала је радни однос на Техничком факултету у Бору у звању асистент. У претходним изборним периодима била је ангажована на основним академским студијама на предметима: Општа хемија, Екологија, Загађење и заштита земљишта, Органске загађујуће материје, Загађење и заштита ваздуха и Технологија воде.

Кандидат Јелена Милосављевић била је ангажована на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, у пројектном циклусу са почетком

2011. године, под називом „Развој нових инкапсулационих и ензимских технологија за производњу биокатализатора и биолошки активних компонената хране у циљу повећања њене конкурентности, квалитета и безбедности” (број пројекта ИИИ 46010, подпројекат 7).

Кандидат Јелена Милосављевић учествовала је у догађајима посвећеним популаризацији науке: „Тимочки Научни Торнадо – ТНТ” (2016. и 2017. год.) и „Борске ноћи истраживача – БОНИС” (2017. год.). Такође, била је члан организационих одбора међународних конференција Еколошка истина и истраживање животне средине (International Conference Ecological Truth and Environmental Research) – EcoTER 2018, 2019 и 2020, као и Међународног октобарског саветовања рудара и металурга (International October Conference on Mining and Metallurgy) – ИОС 2017.

Главна истраживачка интересовања припадају областима загађења животне средине, мониторинга и биомониторинга загађења. Аутор је или коаутор 5 радова публикованих у водећим међународним часописима из категорије М20 (1 рад категорије М21, 4 рада категорије М22), једног рада публикованог у часопису националног значаја из категорије М50 (категорије М51), 22 саопштења са конференција међународног значаја из категорије М30 (21 саопштење категорије М33 и 1 саопштење категорије М34), као и 5 поглавља у страним књигама (категорија М13).

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Јелене Милосављевић под називом: „Утицај токсичних елемената на активност ензима у ризосфери *Plantago lanceolata* и *Taraxacum officinale* и потенцијална употреба биљака у биомониторингу и фиторемедијацији”, написана је на 148 страна (без прилога), са 33 табеле, 37 слика и 218 литературних цитата. Дисертација је састављена од 9 поглавља:

1. Увод;
2. Теоријски део;
3. Литературни преглед досадашњих истраживања;
4. Основне хипотезе и циљ рада;
5. Материјали и методе рада;
6. Резултати и дискусија;
7. Закључак;
8. Литература;
9. Прилози.

На почетку дисертације приказани су подаци о ментору и члановима комисије, дат је Сажетак на српском и енглеском језику. На крају дисертације, у прилозима, дата је кратка биографија кандидата, изјаве кандидата о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и коришћењу докторске дисертације, као и оцена извештаја о провери оригиналности докторске дисертације.

По својој форми, садржају, добијеним резултатима, ова докторска дисертација у потпуности задовољава критеријуме и стандарде Универзитета у Београду.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу **Увод** описан је проблем утицаја антропогених активности на загађење свих компоненти животне средине. Указано је на значај коришћења биолошких особина земљишта као индикатора загађења, као и на примену биљних врста у биомониторингу и фиторемедијацији као иновативним и економски прихватљивим методама. Употреба активности ензима у земљишту као индикатора, као и биљних врста у мониторингу квалитета животне средине и у фиторемедијацији нарочито је значајна у областима нарушеним експлоатацијом налазишта сулфидних руда и пирометалуршком производњом бакра.

Поглавље **Теоријски део** обухвата осврт на значај есенцијалних и неесенцијалних елемената у биљкама, као и табеларни приказ садржаја различитих елемената у листовима биљака који су према литератури дефицитарни, нормални и токсични. Објашњено је усвајање елемената у биљкама путем корена из земљишта, затим фактори који утичу на доступност елемената у земљишту, као и усвајање елемената биљкама из ваздуха. Објашњени су принципи на којима се заснива употреба биљака у биомониторингу и фиторемедијацији. Табеларно су дате граничне и ремедијационе вредности елемената у земљишту које су дефинисане правилником Републике Србије. Приказана је подела биљака на индикаторе, ексклудере и акумулаторе на основу релативног уноса елемената у биљкама са повећањем њихове концентрације у земљишту. Дате су методе фиторемедијације које су безбедне и економичне у односу на традиционалне технике санације земљишта загађеним металима, као и предности и мане примене фиторемедијације. Описана је примена активности ензима у земљишту као индикатора загађујућих супстанци. Истакнут је значај ензима који имају значајну улогу у кружењу нутријената (угљеника, азота, сумпора и фосфора) у земљишту. Приказане су особине земљишта које утичу на активност ензима у земљишту, међу којима је истакнут садржај метала као важних инхибитора активности ензима. Описан је значај испитивања активности ензима у ризосфери биљака.

У поглављу **Литературни преглед досадашњих истраживања** појединачно је дат преглед података о анализираним биљним врстама боквице и маслачка, као и активности ензима у земљишту као индикатора загађења. Број објављених научних радова према кључним речима претраживања „*Plantago lanceolata*”, „*Taraxacum officinale*”, као и „*soil enzyme activities*” и „*soil pollution indicators*” по годинама и областима истраживања приказан је графички. Биљне врсте боквица и маслачак у највећој мери истражују се у области пољопривреде и биолошких наука, док су истраживања из области заштите животне средине мање заступљена. Анализирани су утицај антропогених извора загађења на садржај елемената у деловима испитиваних биљних врста. Табеларно су приказане концентрације одређених елемената у земљишту и биљном материјалу боквице и маслачка који су узорковани у антропогено загађеним, као и незагађеним областима. Испитивање активности ензима у земљишту као индикатора загађења земљишта заступљено је у радовима из области заштите животне средине. Дат је осврт на литературни преглед досадашњих истраживања активности ензима у земљишту у околини рудника и топионица као извора загађења, као и табеларни приказ концентрација елемената у земљишту и активности β-глюкозидазе, уреазе, арилсулфатазе, киселе и алкалне фосфатазе. Додатно су истакнути радови у којима је одређивана активност ензима у ризосфери биљака.

Основне хипотезе и циљ рада је поглавље у коме су дефинисани циљеви, предмет истраживања и хипотезе докторске дисертације. Један од циљева ове докторске дисертације

био је добијање потпунијих информација о штетним ефектима загађујућих супстанци, као и стању животне средине одређивањем активности ензима и садржаја метала у ризосфери, као и у биљкама. Главни предмет истраживања односио се на испитивање утицаја токсичних елемената у земљишту на активност ензима у ризосфери боквице (*Plantago lanceolata*) и маслачка (*Taraxacum officinale*), као и примене ових биљних врста у сврхе биомониторинга и фиторемедијације. Основне хипотезе дисертације односе се на могућност употребе активности ензима у земљишту као индикатора загађења земљишта, могућност примене боквице и маслачка у биомониторингу загађења животне средине, као и могуће примене ових биљних врста у фиторемедијацији.

У поглављу **Материјали и методе рада** дат је опис испитиваног подручја Бора и околине са посебним нагласком на утицај рударско-металуршке производње бакра на загађење животне средине. Описани су доминантни извори загађења (топионица бакра, површински копови, одлагалишта раскривке са површинских копова и флотацијска јаловишта), метеоролошки параметри, загађење ваздуха сумпор–диоксидом, суспендованим честицама и укупним таложним материјама. Испитивани параметри загађења ваздуха приказани су за периоде пре и после почетка рада нове топионице и фабрике за производњу сумпорне киселине. Наведени су критеријуми за избор биљних врста, као и места узорковања земљишта и биљног материјала на испитиваном подручју. Описан је поступак узорковања земљишта и биљног материјала, припреме узорака за одређивање активности ензима у земљишту, као и за одређивање физичко–хемијских особина земљишта. Приказан је поступак за одређивање активности ензима у земљишту (β -глукозидазе, уреазе, арилсулфатазе, киселе и алкалне фосфатазе), затим одређивања садржаја влаге, активне и потенцијалне киселости земљишта, садржаја органске материје у земљишту, гранулометријског састава земљишта, поступак дигестије и начин одређивања концентрација испитиваних елемената у узорцима. Такође су наведене статистичке методе обраде података и дефинисана је анализа концентрације елемената у земљишту и биљном материјалу, као и критеријуми које је потребно испунити да би биљка била погодна за примену у сврхе фиторемедијације.

Поглавље **Резултати и дискусија** је најопширније и састоји се од седам потпоглавља, кроз која је дата детаљна анализа добијених података. Приказани су резултати физичко–хемијских особина земљишта из зоне корена боквице и маслачка. Концентрације испитиваних елемената у земљишту (Al, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb и Zn), упоређиване су са граничним и ремедијационим вредностима дефинисаним правилником Републике Србије, на основу којих је утврђена контаминација земљишта. Садржај метала у земљишту упоређиван је са одговарајућим садржајем у земљишту узоркованом у подручјима загађеним различитим антропогеним активностима. На основу вредности фактора контаминације, индекса загађења и фактора обogaћења земљишта анализираним елементима, утврђен је степен контаминације и обogaћења земљишта у односу на контролно место узорковања. Приказане су активности ензима (β -глукозидазе, уреазе, арилсулфатазе, киселе и алкалне фосфатазе) у ризосфери боквице и маслачка, као и измена активности ензима. Анализа корелација између активности ензима у земљишту и испитиваних физичко–хемијских особина земљишта указала је на инхибицију, односно стимулацију активности ензима одређеним параметрима земљишта. Активност арилсулфатазе се показала као погодан индикатор загађења обзиром да је била инхибирана високим концентрацијама Cu, Fe, Pb и Zn у земљишту. Приказане су концентрације анализираних елемената у деловима одабраних биљних врста (корен, листови,

стабљике и цваст). Утврђено је на којим местима узорковања су детектоване највеће концентрације елемената у биљном материјалу. Концентрације елемената у листовима упоређиване су са дефицитарним, нормалним и токсичним вредностима, као и са одговарајућим садржајем у деловима биљака узоркованим у подручјима загађеним различитим антропогеним активностима. Добијене вредности фактора обогаћења биљног материјала указале су на повећану концентрацију елемената у деловима биљака, као и на места узорковања у близини рударско-металушких активности. Наведени су делови биљака који су најпогоднији за коришћење у биомониторингу загађења животне средине. На основу анализе корелација између садржаја елемената у биљном материјалу утврђена је веза која је указивала на заједничко порекло елемената или на сличне начине усвајања. Анализом биолошких фактора процењена је способност биљака да усвајају елементе из земљишта, као и транслокација елемената кроз биљку, што је употпуњено анализом корелација између концентрација елемената у земљишту и деловима биљака. Вредности биоконцентрационог фактора, транслокационог фактора и биоакумулационог фактора указале су на могућу примену боквице и маслачка у ремедијацији загађеног земљишта неком од метода фиторемедијације (фитоекстракцијом и/или фитостабилизацијом).

У поглављу **Закључак** дати су најбитнији закључци проистекли на основу резултата истраживања извршених у оквиру докторске дисертације, као и њихове дискусије.

Поглавље **Литература** обухвата приказ 218 референци које су цитиране у оквиру докторске дисертације.

На крају докторске дисертације приказани су **Прилози**.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Присуство токсичних елемената у животној средини, попут метала, ослобођених током антропогених активности попут рударских и металуршких процеса везаних за производњу бакра, узрокује нарушавање физичко–хемијских и биолошких особина земљишта. Метали се сматрају перзистентним токсичним загађујућим супстанцама са латентним, дугогодишњим, кумулативним и иреверзибилним особинама, при чему се могу акумулирати у ланцу исхране, чиме се угрожава људско здравље.

Изражен негативни утицај рударско-металушких активности на животну средину огледа се и у нарушавању биогеохемијског кружења елемената попут угљеника, азота, сумпора и фосфора, стога је испитивање активности ензима у земљишту укључених у процесе кружења ових елемената од нарочите важности. Обзиром на велику осетљивост на измене у условима средине, промене у активностима ензима се могу користити за ефикасну процену утицаја антропогених активности и загађења на земљиште. Одређивање активности ензима у земљишту у сврхе индикације загађења сматра се брзом, осетљивом и економски исплативом методом. Ова истраживања су веома интересантна и због чињенице да су методе за одређивање ензимске активности релативно једноставне и не захтевају употребу скупих инструмената. На активност ензима у земљишту утичу физичко–хемијске особине подлоге, као и присуство вегетације, те њихово испитивање, нарочито у ризосфери, обезбеђује информације које интегришу многе факторе средине. Измене активности ензима

представљају добар индикатор загађења и промена у параметрима квалитета земљишта, као и способности земљишта да учествује у биогеохемијским процесима екосистема.

Узимајући у обзир штетне ефекте загађујућих супстанци емитованих у животну средину током процеса производње бабра, поред конвенционалних метода мониторинга загађења ваздуха, неопходно је праћење њиховог садржаја у земљишту и биолошком материјалу. Биљке које расту у близини индустријских постројења садрже високе концентрације загађујућих елемената, те је примена биљака у сврхе биомониторинга у оваквим срединама од посебне важности. Такође је неопходно испитивање могућности примене одабраних биљних врста за санацију загађених земљишта неком од метода фиторемедијације. Усвајање токсичних елемената од стране неке биљне врсте указује на њену толеранцију ка повећаним концентрацијама метала, способност имобилизације или екстракције метала из подлоге, а тиме и потенцијал за примену у фиторемедијацији. Примена биљака које се користе у лековите сврхе и у људској исхрани у биомониторингу и фиторемедијацији је од нарочите важности.

У овој докторској дисертацији испитивана је могућност примене активности ензима у ризосфери боквице и маслачка као индикатора загађења, као и могућност примене ових биљних врста у биомониторингу и фиторемедијацији. Способност адаптације боквице и маслачка на раст у срединама нарушеним индустријским активностима, указује на потребу и важност испитивања акумулације потенцијално токсичних елемената у биљном материјалу, обзиром на њихову примену у лековите сврхе, као и у људској исхрани. Могућност примене активности ензима у земљишту из зоне корена боквице и маслачка, као и примена биљака у мониторингу анализиран је и коришћењем статистичких метода.

Резултати добијени током истраживања у оквиру ове докторске дисертације представљају свеобухватан приступ проблематици детекције и праћења загађујућих супстанци пореклом из рударско–металуршких активности, као и њиховог утицаја на биолошке особине земљишта, и у складу су са актуелним проблемима из области биомониторинга и биоремедијације земљишта. Испитивање загађења животне средине применом активности ензима у земљишту, као и испитивање могућности примене биљака у санацији загађеног земљишта, представља значајан и оригиналан допринос савременим научним истраживањима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде докторске дисертације релевантна литература је истражена и наведене су научне публикације које су у оквиру области теме. Већина литературних навода представља радове објављене у новије време у врхунским међународним часописима, чиме се истиче актуелност теме докторске дисертације. Експериментални подаци истраживања других аутора дати су у прегледу литературе и упоређени са резултатима докторске дисертације. Неки од најважнијих литературних навода који су коришћени у докторској дисертацији обухватају:

- ✓ Abdu N., Abdullahi A.A., Abdulkadir A., Heavy metals and soil microbes, *Environmental Chemistry Letters* 15 (2017) 65–84.
- ✓ Bini C., Wahsha M., Fontana S., Maleci L., Effects of heavy metals on morphological characteristics of *Taraxacum officinale* Web growing on mine soils in NE Italy, *Journal of Geochemical Exploration* 123 (2012) 101–108.

- ✓ Drava G., Cornara L., Giordani P., Minganti V., Trace elements in *Plantago lanceolata* L., a plant used for herbal and food preparations: new data and literature review, *Environmental Science and Pollution Research* 26 (2019) 2305–2313.
- ✓ Ettler V., Soil contamination near non-ferrous metal smelters: A review, *Applied Geochemistry* 64 (2016) 56–74.
- ✓ Friedlová M., The influence of heavy metals on soil biological and chemical properties, *Soil and Water Research* 5(1) (2010) 21–27.
- ✓ García-Salgado S., García-Casillas D., Quijano-Nieto M.A., Bonilla-Simón M.M., Arsenic and heavy metal uptake and accumulation in native plant species from soils polluted by mining activities, *Water, Air & Soil Pollution* 223 (2012) 559–572.
- ✓ Gianfreda L., Enzymes of importance to rhizosphere processes, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 15(2) (2015) 283–306.
- ✓ Gucwa-Przepióra E., Nadgórska-Socha A., Fojcik B., Chmura D., Enzymatic activities and arbuscular mycorrhizal colonization of *Plantago lanceolata* and *Plantago major* in a soil root zone under heavy metal stress, *Environmental Science and Pollution Research* 23 (2016) 4742–4755.
- ✓ Kabata-Pendias A., Pendias H., Trace elements in soils and plants, Third edition, CRC Press, Boca Ration, Florida (2001).
- ✓ Khan A., Khan S., Khan M.A., Qamar Z., Waqas M., The uptake and bioaccumulation of heavy metals by food plants, their effects on plants nutrients, and associated health risk: a review, *Environmental Science and Pollution Research* 22 (2015) 13772–13799.
- ✓ Liu L., Li W., Song W., Guo M., Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: Principles and applicability, *Science of the Total Environment* 633 (2018) 206–219
- ✓ Luo L., Meng H., Gu J.-D., Microbial extracellular enzymes in biogeochemical cycling of ecosystems, *Journal of Environmental Management* 197 (2017) 539–549.
- ✓ Nadgórska-Socha A., Kandziora-Ciupa M., Ciepał R., Element accumulation, distribution, and phytoremediation potential in selected metallophytes growing in a contaminated area, *Environmental Monitoring Assessment* 187 (2015) 441
- ✓ Niemeyer J.C., Lolata G.B., de Carvalho G.M., Da Silva E.M., Sousa J.P., Nogueira M.A., Microbial indicators of soil health as tools for ecological risk assessment of a metal contaminated site in Brazil, *Applied Soil Ecology* 59 (2012) 96–105.
- ✓ Paz-Ferreiro J., Fu S., Biological indices for soil quality evaluation: Perspectives and limitations, *Land Degradation & Development* 27 (2016) 14–25.
- ✓ Shahid M., Dumat C., Khalid S., Schreck E., Xiong T., Niazi N.K., Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake, *Journal of Hazardous Materials* 325 (2017) 36–58.
- ✓ Skrynetska I., Karcz J., Barczyk G., Kandziora-Ciupa M., Ciepał R., Nadgórska-Socha A., Using *Plantago major* and *Plantago lanceolata* in environmental pollution research in an urban area of Southern Poland, *Environmental Science and Pollution Research* 26 (2019) 23359–23371.
- ✓ Wahsha M., Nadimi-Goki M., Fornasier F., Al-Jawasreh R., Hussein E.I., Bini C., Microbial enzymes as an early warning managment tool for monitoring mining site soils, *Catena* 148 (2017) 40–45.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методе које су примењене у докторској дисертацији сматрају се адекватним за истраживања у оквиру теме. Узорковање ризосферног земљишта и биљног материјала, као и припрема узорака за анализе, извршени су стандардним процедурама које се примењују у овој области истраживања и које су наведене у научним публикацијама. Ради остварења постављених циљева докторске дисертације, примењене су методе: узорковања ризосферног земљишта и биљног материјала, припреме узорака земљишта и биљног материјала за анализе, одређивања активности ензима у земљишту, одређивања физичко–хемијских особина земљишта, одређивања садржаја елемената у земљишту и биљном материјалу, као и обраде добијених резултата.

Ризосферно земљиште и биљни материјал узорковани су у складу са прописаним критеријумима, који обухватају избор места узорковања и биљних врста, процедуре узорковања, као и чувања узоркованог материјала. Одабир елемената за анализу у земљишту и биљном материјалу извршен је на основу загађујућих супстанци на испитиваном подручју Бора и околине, а које потичу из доминантних извора загађења. Одабир активности ензима у земљишту извршен је на основу значајне улоге у кружењу угљеника, азота, сумпора и фосфора у земљишту.

Активност ензима у земљишту одређена је коришћењем UV-VIS спектрофотометра. Физичко–хемијској анализи земљишта претходило је сушење, просејавање и млевење класификованих узорака. Садржај воде и органске материје у земљишту одређен је гравиметријском методом губитка масе на температури од 550°C у пећи за жарење, док је анализа активне и потенцијалне киселости земљишта измерена у суспензији земљишта и дестиловане воде, односно земљишта и раствора KCl. Киселост земљишта одређена је рН–метром са комбинованом стакленом електродом. Одређивање грануломатеријског састава земљишта обављена је коришћењем оптичко-ласерске гранулометријске анализе на апарату MALVERN Instrument MASTERSIZER 2000. Дигестија узорака земљишта и биљног материјала обављена је према дефинисаним методама за микроталасно растварање у микроталасној пећници Milestone ETHOS. Дигестија узорака земљишта изведена је у смеси HNO₃ и HCl, док је дигестија биљног материјала извршена у смеси HNO₃ и H₂O₂ у микроталасној пећници у контролисаним условима. Одређивање концентрација елемената Al, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb и Zn у узорцима земљишта и биљног материјала, извршено је на оптичко емисионом спектрометру са индуковано спрегнутом плазмом (ICP–OES), чија употреба у оваквој врсти истраживања представља стандардну процедуру. Припрема узорака земљишта и биљног материјала, као и одређивање активности ензима у земљишту, одређивање киселости земљишта, садржаја органске материје и воде у земљишту обављено је на Техничком факултету у Бору. Одређивање гранулометријског састава узоркованог земљишта извршено је у лабораторији за припрему минералних сировина Института за рударство и металургију у Бору. Микроталасно растварање и хемијска анализа узорака урађена је у лабораторији за хемијску динамику и перманентно образовање Института за нуклеарне науке „Винча” у Београду. Резултати добијени током докторске дисертације анализирани су према моделима и критеријумима наведеним у научној литератури из области биомониторинга и фиторемедијације. Коришћењем непараметарских техника статистичког софтвера извршена је обрада података. У докторској дисертацији примењене су

методе које су адекватне за дату врсту истраживања и користе се у истраживањима објављеним у врхунским међународним часописима.

3.4. Применљивост остварених резултата

Прегледом релевантних научних публикација утврђено је да литературних података о примени активности ензима у ризосфери боквице и маслачка као индикатора загађења, као и коришћењу ових биљних врста у области заштите животне средине има врло мало.

Узимајући у обзир резултате добијене током израде дисертације, закључује се да је остварен значајан допринос у области биомониторинга и фиторемедијације земљишта на подручју угроженом загађењем пореклом из рударско–металуршких процеса производње бакра. Испитивање активности ензима у ризосфери боквице и маслачка представља велику предност у поређењу са литературним подацима у овој области. Узорковање око различитих извора загађења на испитиваном подручју, као и анализа појединачних делова испитиваних биљних врста, представљају велику предност истраживања у поређењу са литературним подацима у овој области. Резултати до којих је дошао кандидат проистекли су из реалних услова загађења животне средине, те се закључује да је могућа практична примена резултата у подручјима са сличним изворима загађења. Применом метода наведених у докторској дисертацији може се оценити могућност уласка испитиваних елемената у ланац исхране.

Услед модернизације технолошких процеса за прераду руде бакра очекује се смањење загађења животне средине Бора и околине. Смањено загађење би могло утицати на наредна испитивања активности ензима у ризосфери боквице и маслачка као индикатора, као и датих биљних врста у биомониторингу. Такође, испитивање погоднијих биљних врста за примену у фиторемедијацији загађеног земљишта може бити акценат будућих истраживања.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Урађена докторска дисертација, анализа резултата добијених током истраживања, објављен научни рад, учествовање у научно–истраживачким пројектима, као и велики број досадашњих публикованих радова указују да кандидат Јелена Милосављевић има способност за самостални научни рад и за учешће у тимском раду. Током израде дисертације кандидат је у потпуности овладао методологијом научно–истраживачког рада.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру ове дисертације остварен је значајан научни допринос у области примене одабраних биљних врста боквице и маслачка у биомониторингу и фиторемедијацији. Научни допринос дисертације огледа се у:

- утврђивању утицаја загађења пореклом из рударско–металуршке производње на садржај елемената у узорцима земљишта из урбано–индустријске, субурбане и руралних зона, у поређењу са узорцима са контролног места;

- утврђивању садржаја елемената (Al, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb и Zn) у узорцима земљишта, као и контаминације земљишта испитиваним елементима на местима узорковања у близини извора загађења у поређењу са узорцима са контролног места;
- испитивању утицаја потенцијално токсичних елемената на активност ензима (β -глюкозидазе, уреазе, арилсулфатазе, киселе и алкалне фосфатазе) у ризосфери одабраних биљних врста и њихова примена као индикатора загађења;
- анализи садржаја елемената у биљном материјалу, у циљу испитивања употребе биљних врста у биомониторингу;
- одређивању порекла елемената у биљном материјалу (ваздух и/или земљиште) на основу израчунатих вредности биолошких фактора;
- утврђивању могућности примене испитиваних биљака за санацију загађених земљишта неком од метода фиторемедијације;
- добијању података о загађењу животне средине на подручју Бора и околине.

Резултати докторске дисертације имају значајан допринос у области заштите животне средине, јер се примена биолошких особина земљишта као индикатора загађења сматра поузданом и осетљивом методом за ефикасну процену утицаја загађења на земљиште, док се биомониторинг и фиторемедијација сматрају „зеленим технологијама” у којима биљке представљају економски оправдане ресурсе.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Циљеви и задаци истраживања постављени у овој докторској дисертацији у потпуности су остварени. Резултати добијени експерименталним истраживањима дају важне информације које се тичу детекције, праћења, као и дистрибуције елемената у животnoj средини. Значај овог истраживања огледа се у томе што литературних података који се тичу коришћења активности ензима у ризосфери боквице и маслачка, као и ових биљних врста у области заштите животне средине, има јако мало, нарочито у подручјима под утицајем загађења пореклом из рударско-металуршке производње. Потпуније тумачење резултата остварено је анализом надземних и подземних делова одабраних биљних врста.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос докторске дисертације верификован је кроз публикацију у научном часопису категорије M20. Објављивање још два научна рада у часописима са импакт фактором, као и саопштења на међународним конференцијама су у току.

Рад објављен у међународном часопису из категорије M22:

Milosavljevic, J.S., Serbula, S.M., Cokesa, D.M., Milanovic, D.B., Radojevic, A.A., Kalinovic, T.S., Kalinovic, J.V. Soil enzyme activities under the impact of long-term pollution from mining-metallurgical copper production (2020) European Journal of Soil Biology, 101, art. no. 103232, <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2020.103232> (IF(2019)=2,285; ISSN: 1164-5563)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата **ЈЕЛЕНЕ МИЛОСАВЉЕВИЋ**, дипл. молекуларни биолог и физиолог – мастер, под називом „Утицај токсичних елемената на активност ензима у ризосфери *Plantago lanceolata* и *Taraxacum officinale* и потенцијална употреба биљака у биомониторингу и фиторемедијацији”, представља савремен, оригиналан и значајан научни допринос у области заштите животне средине. Комисија закључује да је урађена дисертација написана према стандардима научно–истраживачког рада, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, као и Статутом Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду. У дисертацији, предмет и циљеви истраживања су јасно наведени и остварени, а приказани резултати су применљиви у пракси. На основу прегледане докторске дисертације, Комисија за оцену и одбрану урађене докторске дисертације закључује, да кандидат **ЈЕЛЕНА МИЛОСАВЉЕВИЋ**, дипл. молекуларни биолог и физиолог – мастер, испуњава све законске и остале услове за одбрану докторске дисертације и предлаже Наставно–научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, да се дисертација прихвати, изложи на увид јавности у законски предвиђеном року и упути на усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да након завршетка ове процедуре, позове кандидата на усмену одбрану.

У Бору, јануар 2021. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Снежана Шербула, редовни професор
Универзитет у Београду, Технички факултету Бору

.....
Др Снежана Милић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технички факултету Бору

.....
Др Тамара Ракић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Биолошки факултет