

Образац 2.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ
Број захтева:03-5446/1
27.06.2013.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ БИОТЕХНИЧКИХ НАУКА

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на извештај о урађеној докторској дисертацији

Молимо да сходно члану 46. став 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду /»Гласник Универзитета“ бр. 131/06/,), дате сагласност на извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата

ЋУНИСИЈЕВИЋ-БОЈОВИЋ ДАНИЈЕЛА

пријавила је докторску дисертацију под називом:
„Толерантност неких инванзивних дрвенастих врста на загађење тешким
металима на подручју Београда“

ИЗ НАУЧНЕ ОБЛАСТИ: ШУМАРСТВО

Универзитет је дана од 25.11.2008. године, својим актом бр. 01 бр.612-31/67-1/08 од 26.11.2008./ дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

**„УТИЦАЈ КОНЦЕНТРАЦИЈЕ ОЛОВА И КАДМИЈУМА У ЗЕМЉИШТУ
НА РАЗВОЈ ДРВЕНАСТИХ БИЉАКА“**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Данијеле Ћунисијевић-Бојовић образована је на седници одржаној 24.04.2013. год., одлуком Наставно-научног већа факултета под бр.01-3616/1 од 24.04.2013.

у саставу:

- | Име и презиме члана комисије | звање | научна област |
|--|-------|---------------|
| 1. Др Матилда Ћукић, редовни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета; | | Шумарство |
| 2. Др Радмила Стикић, редовни професор Универзитета у Београду-Пољопривредног факултета; | | |
| 3. Др Михаило Грбић, редовни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета - | | Шумарство |
| 4. Др Вук Максимовић, виши научни сарадник Универзитет у Београду-Институт за мултидисциплинарна истраживања - | | Шумарство |
| 5. Др Снежана Белановић, ванредни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета- | | Шумарство |

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **26.06.2013.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
Др Милан Медаревић, ред.проф.

- Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом
2. Акт надлежног тела факултета о израђеној докторској дисертацији

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ
Број: 01-5399/1
Датум: 26.06.2013.
Б Е О Г Р А Д

На основу члана 154. Статута Факултета, а на основу предлога Већа одсека за пејзажну архитектуру и хортикултуру бр. 3356/6 од 12.06.2013. год. и Извештаја Комисије бр. 3356/4 од 24.05.2013. год, Наставно-научно веће Универзитета у Београду-Шумарског факултета, на седници одржаној 26.06.2013. год, доноси

О Д Л У К У

Усваја се израђена докторска дисертације **мр Данијеле Ђунисијевић-Бојовић** под насловом: „Утицај концентрације олова и кадмијума у земљишту на развој дрвенастих биљака“.

Образује се Комисија за јавну одбрану, у саставу:

1. Др Матилда Ђукић, редовни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета,
2. Др Радмила Стикић, редовни професор Универзитета у Београду-Пољопривредног факултета,
3. Др Михаило Грбић, редовни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета,
4. Др Вук Максимовић, виши научни сарадник Универзитета у Београду-Института за мултидисциплинарна истраживања,
5. Др Снежана Белановић, ванредни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета.

О б р а з л о ж е њ е

Универзитет у Београду је својим актом 01 број: 612-31/67-1/08 од 25.11.2008. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације мр Данијеле Ђунисијевић-Бојовић под називом: „Утицај концентрације олова и кадмијума у земљишту на развој дрвенастих биљака“.

Кандидат је објавио следећи научни рад:

- **Ђунисијевић Бојовић, D.**, Ђукић, M., Maksimović, V., Skočajić, D., & Suručić, L. (2012). The Effects of Iron Deficiency on Lead Accumulation in *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle Seedlings. Journal of Environmental Quality, 41(5), 1517-1524, M21
- Djukic M., **Djunisijevic Bojovic D.**, Grbic M., Skocajic D., Obratov-Petkovic D., Bjedov I. (2013) Effect of Cd and Pb on *Ailanthus altissima* and *Acer negundo* seed germination and early seedling growth. **Fresenius Environmental Bulletin**, 22(2), 524-530, M23

- Obratov-Petković D., Bjedov I., Jurišić B., Đukić M., **Đunisijević-Bojović D.**, Skočajić D. and Grbić M. (2013). Influence of Some Environmental Factors on the Distribution of the Invasive Species *Aster lanceolatus* Willd. in various Serbian habitats. **Fresenius Environmental Bulletin**, 22 (6), 1677-1688, M23

Дана 22.05.2013. године, мр Данијела Ђунисијевић-Бојовић је предала Факултету израђену докторску дисертацију. Комисија за оцену докторске дисертације предложила је ННВ-у да се предметна дисертација прихвати и одобри одбрана, те је одлучено као у диспозитиву ове одлуке.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду–Већу научних области, члановима Комисије, именованој, Служби за наставу и студентска питања, декану, писарници.

ПРЕДСЕДНИК ВЕЋА
Проф. др Милан Медаревић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ШУМАРСКОГ ФАКУЛТЕТА

Предмет: Извештај Комисије о оцени израђене докторске дисертације мр Данијеле Ђунисијевић Бојовић

Одлуком Наставно-научног већа Шумарског факултета у Београду бр. 01-3616/1, од 24.04.2013. године, одређена је Комисија за оцену израђене докторске дисертације мр Данијеле Ђунисијевић Бојовић, асистенткиње Шумарског факултета, под насловом „Утицај концентрације олова и кадмијума у земљишту на развој дрвенастих биљака“ у саставу:

1. др Матилда Ђукић, редовни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета,
2. др Радмила Стикић, редовни професор Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета,
3. др Михаило Грбић, редовни професор Универзитета у Београду – Шумарског факултета,
4. др Вук Максимовић, виши научни сарадник Универзитета у Београду – Института за мултидисциплинарна истраживања,
5. др Снежана Белановић, ванредни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета.

Чланови Комисије су прегледали достављену дисертацију, оценили њену научну вредност као и допринос науци и подносе Наставно – научном већу Шумарског факултета у Београду следећи

ИЗВЕШТАЈ

А. Приказ докторске дисертације

Докторска дисертација мр Данијеле Ђунисијевић Бојовић, под насловом „Утицај концентрације олова и кадмијума у земљишту на развој дрвенастих биљака“ садржи 169 страница текста. Дисертација је подељена у 7 поглавља, која садрже 39 табела, 34 графика и 16 слика. Списак коришћене и цитиране литературе износи 156 наслова страних и домаћих аутора. На почетку дисертације наведени су: чланови комисије; основна документациона информација са изводом и кључним речима (на српском и енглеском језику), садржај рада и на крају, биографски подаци кандидата.

Докторска дисертација је изложена кроз следећа поглавља: 1. Увод (1-25 стр.); 2. Циљ истраживања (26 стр.); 3. Материјал и методе рада (27-41 стр.); 4.

Резултати (42 - 132 стр.); 5. Дискусија (133 – 146 стр.); 6. Закључци (147 - 148 стр.) и 7. Литература (149 - 169 стр.).

Поглавља у дисертацији чине логички повезану целину. Рад је урађен у складу са прихваћеном пријавом теме докторске дисертације и према Упутству за формирање репозиторијума докторске дисертације.

Б. Анализа докторске дисертације

1. Увод (1-25)

У поглављу ***Увод***, указано је на проблем токсичности тешких метала у еколошком, еволутивном и нутритивном контексту, као и на значај биљака за ремедијацију контаминираних земљишта. Описан је утицај олова и кадмијума на метаболизам виших биљака. Објашњене су адаптивне стратегије биљака на повећане концентрације тешких метала. Приказан је значај активног транспорта есенцијалних елемената за усвајање и акумулацију олова и кадмијума, где је посебан акценат стављен на значај транспорта гвожђа. Описани су интеракцијски односи у ризосфери са посебним освртом на интеракцију карбоксилних киселина у ексудатима корена и јона метала. Такође, објашњени су механизми ексудације карбоксилатних јона у ризосферу и дат је приказ физиолошких процеса који претходе ексудацији. Описана је интеракција карбоксилата са земљишним колоидима и значај органских киселина за мобилизацију тешких метала у ризосфери. Дат је и приказ основних карактеристика врста *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Acer negundo* L., *Platanus × acerifolia* (Aiton) Willd и *Betula pendula* Roth, које су коришћене у експериментима. Ово поглавље је документовано сликама (Слике 1 - 7).

2. Циљ истраживања (26)

У поглављу ***Циљ рада*** представљен је предмет истраживања кроз јасно дефинисане циљеве дисертације.

Основни циљеви ове докторске дисертације су:

- Анализа утицаја олова и кадмијума на ране стадијуме развића сејанаца *Ailanthus altissima*, *Acer negundo*, *Platanus x acerifolia* и *Betula pendula* као и процена адаптибилности ових брзорастућих дрвенастих биљака на повећане концентрације олова и кадмијума.
- Утврђивање утицаја олова и кадмијума на биомасу биљака *Ailanthus altissima*, *Acer negundo*, *Platanus x acerifolia* и *Betula pendula* у земљишној култури.

- Утврђивање ефекта недостатка гвожђа, најчешћег нутритивног поремећаја на карбонатним земљиштима, на акумулацију олова и кадмијума у корену и листовима испитиваних биљака.
- Утврђивање утицаја органских киселина на екстракцију олова и кадмијума, као и других микроелемената (Fe, Cu, Zn и Mn) из контаминираног земљишта.
- Утврђивање значаја присуства органских киселина у ексудатима корена за мобилизацију и усвајање олова и кадмијума.
- Анализа фотосинтезе преко параметара индукције флуоресценције хлорофила и концентрација фотосинтетичких пигмената код биљака изложених токсикацији оловом и кадмијумом у односу на контролне биљке.

Сврха истраживања ове докторске дисертације је боље разумевање интерактивних односа метаболизма дрвенастих биљака у раним стадијумима развића и повећаних концентрација олова и кадмијума у земљишту, односно ризосфери, у циљу унапређења фиторемедијационих метода.

3. Материјал и методе рада (27 - 41)

У овом поглављу кандидаткиња је детаљно представила примењене методе истраживања, обухватајући све фазе од прикупљања полазног биљног материјала за постављање експеримената до анализе и обраде података. Поглавље Материјал и методе рада подељено је у 15 потпоглавља у којима су јасно описане примењене процедуре и методе истраживања.

Описане су методе коришћене за анализу земљишта, као и поступци коришћени при контаминацији земљишта тешким металима и екстракцији олова и кадмијума органским киселинама. Лабораторијске анализе основних физичких и хемијских особина земљишта рађене су по методама Југословенског друштва за проучавање земљишта (ЈДПЗ, 1966 и 1997). Примењене су следеће референтне методе: за одређивање гранулометријског састава - пирофосфатна В-метода; рН (0,01 М CaCl₂) и рН (H₂O) - потенциометријски стакленом електродом; хидролитичка киселост – колориметријски титрацијом са 0,1 М NaOH; адсорптивни комплекс - по методи Карпен-а; Органски угљеник - по методи Tjurin-a, укупни N –Kjeldahl макрометодом, лако приступачни Р и К – према Egner-Riehm методи, а влага на основу текстурног састава земљишта. Псеудоукупан садржај тешких метала у земљишту је одређен методом атомске апсорпционе спектрофотометрије (AAS). За земљишни супстрат коришћен при гајењу биљака у земљишној култури урађена је анализа секвенцијалне екстракције, према процедури Петровић et al., 2009. Описан је поступак екстракције олова, кадмијума и других микроелемената из контаминираног земљишта применом оксалне и

цитратне киселине у концентрацији од 0,01; 0,05 и 0,1M за три екстракциона времена.

Затим су описани поступци чувања и узорковања полазног биљног материјала као и протокол за успостављање земљишне и хидропонске културе.

Највећи број потпоглавља је посвећен методама коришћеним при анализи биљног материјала. Наведени су коришћени параметри клијања и раног развића биљака. Описана је скала примењивана за визуелну дијагнозу степена хлорозе према Sudahono и Rouse (1994); поступак за рутинску контролу електричне кондуктивности и рН вредности хранљивог раствора; метод за одређивање Fe(III) редуктазне активности интактног корена према Николић, et al., 2000; процедура узорковања ексудата корена; поступак за одређивање концентрације органских киселина у ексудатима корена методом течне хроматографије високих перформанси (HPLC).

Описане су методе и поступци за одређивање концентрације хлорофила *a*, хлорофила *b*, укупних хлорофила и каротеноида. Описан је поступак примењен при детерминацији параметара индукције флуоресценције хлорофила према Krause и Weis (1991) као и поступак одређивања концентрације хемијских елемената у биљном ткиву методом ICP-OES (оптичка емисиона спектроскопија са индуктивно спрегнутом плазмом).

На крају, описане су статистичке методе коришћене за анализу података. За анализу података коришћен је статистички софтвер STATGRAPHICS Centurion XVI.I. Примењена је анализа варијансе ANOVA. Пре примене *post hoc* тестова примењени су тестови за тестирање нормалности дистрибуције. У неким анализама примењена је log трансформација пре примене *post hoc* тестова. За процену статистичке значајности разлика између два или више скупова података коришћени су Kruskal-Wallis, Mann-Whitney U test и LSD тест на нивоу вероватноће 95% чиме је утврђено да ли постоје статистички значајне разлике ($P < 0,05$) између третмана. За утврђивање корелације између две варијабле коришћен је Pearson-ов коефицијент корелације.

Анализа основних физичких и хемијских особина земљишта је урађена у Педолошкој лабораторији Шумарског факултета Универзитета у Београду; анализа садржаја укупних и псеудоукупних микроелемената, у Лабораторији за мониторинг квалитета земљишта Шумарског факултета Универзитета у Београду, а секвенцијална анализа земљишта на Хемијском факултету Универзитета у Београду. Концентрације екстрахованих микроелемената применом органских киселина су одређене на Институт за земљиште у Београду. Анализе биљног материјала су спроведене у лабораторијама Шумарског факултета и Института за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду. За мерење параметара индукције флуоресценције хлорофила коришћен је апарат Plant Stress Meter (BioMonitor S.C.I. AB, Sweden) Института за биолошка истраживања “Синиша Станковић” Универзитета у Београду.

4. Резултати истраживања (42 -132)

Резултати истраживања представљени су кроз осам целина:

4.1. Основна физичка и хемијска својства земљишта и концентрације микроелемената у земљишту.

Овде су приказани резултати анализе земљишта коришћеног у земљишној култури као и са локалитета на којима се налазе матична стабла. Концентрације микроелемената су упоређене са граничним вредностима, према Уредби о програму системског праћења квалитета земљишта из 2010. Приказана је секвенцијална анализа земљишта коришћеног у земљишној култури. Потпоглавље је документовано табелама (Табеле 4 - 11).

4.2. Утицај олова и кадмијума на клијање семена и рано развиће биљака и биомасу биљака из земљишне културе.

У овом потпоглављу су приказани резултати анализе утицаја кадмијума и олова на параметре клијања и раног развића биљака. Такође, анализирана је биомаса корена и надземног дела биљака *Ailanthus altissima*, *Acer negundo*, *Platanus x acerifolia* и *Betula pendula* из земљишне културе. Потпоглавље је документовано табелама (Табеле 12 - 17) и графиконима (Графикони 1 - 8).

4.3. Ексудација органских киселина из корена.

У овом потпоглављу су приказани резултати анализе органских киселина у ексудатима корена биљака (*Ailanthus altissima*, *Acer negundo*), изложених утицају олова или кадмијума, из експеримената у земљишној култури, док је за биљке *Ailanthus altissima* из хидропонске културе, поред утицаја олова и кадмијума, анализиран и утицај недостатка гвожђа и фосфора. Потпоглавље је документовано графиконима (Графикони 9-22).

4.4. Утицај органских киселина на екстракцију Pb, Cd, Zn, Fe, Mn и Cu из контаминираниог и неконтаминираниог земљишта.

У овом делу анализирани су концентрације екстрахованих микроелемената из земљишта применом оксалне и цитратне киселине у концентрацији од 0,01, 0,05 и 0,1 М за три екстракциона времена (0,5, 2 и 8 h). Анализиран је ефекат концентрације и екстракционог времена на издвајање наведених микроелемената. Потпоглавље је документовано графиконима (Графикони 23-27).

4.5. Утицај Cd и Pb на индуковану Fe(III) редуктазну активност интактног корена биљака *Ailanthus altissima*.

Овде су приказани резултати анализе утицаја олова и кадмијума у концентрацији од 20 μ M на Fe(III) редуктазну активност корена биљака изложених недостатку гвожђа и обезбеђених гвожђем.

Ово потпоглавље је документовано графиконима (Графикони 28 и 29).

4.6. Утицај олова и кадмијума на концентрације фотосинтетичких пигмената у листовима биљака *Ailanthus altissima* и *Acer negundo*.

У овом делу докторске дисертације су приказани резултати анализе утицаја кадмијума и олова на концентрације хлорофила *a*, хлорофила *b*, укупних хлорофила и укупних каротеноида у листовима. Анализиран је и однос концентрација хлорофила *a* и *b* код биљака које су у предтретману излагане недостатку гвожђа као и оних које су обезбеђене гвожђем. Потпоглавље је документовано сликама (Слике 3 - 8) и табелама (Табеле 18 - 23).

4.7. Утицај Pb и Cd на параметре индукције флуоресценције хлорофила код биљака *Ailanthus altissima*.

Приказани су резултати анализе утицаја олова и кадмијума на следеће параметре: максимална флуоресценција (Fm), варијабилна флуоресценција (Fv), полувреме потребно за постизање максималне флуоресценције ($t_{1/2}$) и фотосинтетичка ефикасност (Fv/Fm). Ово потпоглавље је документовано графиконима (Графикони 30 и 31) и табелама (Табеле 24-27).

4.8. Акумулација олова и кадмијума и есенцијалних микроелемената Zn, Fe, Mn и Cu код биљака *Ailanthus altissima* и *Acer negundo* обезбеђених есенцијалним елементима и изложених недостатку гвожђа.

У овом потпоглављу анализирана је акумулација олова и кадмијума у корену и надземном делу, као и ефекат ових елемената на акумулацију Zn, Fe, Mn и Cu. Такође анализиран је утицај недостатка Fe на акумулацију Pb и Cd.

Ово потпоглавље је документовано табелама (Табеле 28-39) и графиконима (Графикони 30 – 32).

5. Дискусија резултата истраживања (133 - 146)

У овом поглављу, дискусија резултата је представљена детаљном анализом добијених података. Користећи савремене литературне изворе кандидаткиња на веома садржајан и јасан начин дискутује о карактеру својих резултата, али и о резултатима многобројних иностраних и домаћих аутора.

Садржај тешких метала у земљишту је анализиран у односу на граничне и ремедијационе вредности. Коментарисана је прерасподела тешких метала у земљишту на основу секвенцијалне анализе. Утицај карбоксилних киселина на екстракцију микроелемената из земљишта је доведен у везу са константама стабилности појединих комплекса. Концентрације органских киселина у ексудатима корена су упоређене са резултатима других аутора и анализиран је утицај олова и кадмијума на њихову ексудацију као и на метаболизам корена. Такође, анализиран је утицај недостатка гвожђа и фосфора на ексудацију органских киселина код испитиваних врста и упоређен са истраживањима на другим врстама.

Индукована Fe(III) редуктазна активност у корену је упоређена са резултатима добијеним на другим биљкама и коментарисан је значај повећане редуктазне активности корена за мобилизацију нутриената. Исто тако, анализиран је утицај олова и кадмијума на Fe(III) редуктазну активност корена.

Приказани резултати анализе фотосинтетичких пигмената и параметара индукције флуоресценције хлорофила су упоређени са литературним подацима где је анализиран утицај олова и кадмијума на фотосинтезу. Анализиран је и утицај ових тешких метала на акумулацију цинка, гвожђа, мангана и бакра и изнете су претпоставке о могућим интеракцијама при њиховом усвајању и транспорту.

6. Закључци (147 - 148)

У поглављу 6 кандидаткиња концизно и јасно износи закључке. Приказани су по логичном и одговарајућем редоследу:

- Олово у примењеним концентрацијама (25, 50, 100 μM) није утицало значајно на проценат клијања анализираних семена *Ailanthus altissima*, *Acer negundo* и *Platanus x acerifolia*. За узорке семена *Ailanthus altissima*, *Acer negundo* уочава се повећање индекса клијања и смањење вигор индекса са повећањем концентрације олова, док за узорке семена *Platanus x acerifolia* није уочен утицај олова на ове показатеље.
- Кадмијум у концентрацији од 100 μM је изазвао смањење процента клијања код свих анализираних узорка семена. У узорцима семена *Acer negundo* и *Platanus x acerifolia* кадмијум је, у овој концентрацији, довео до смањења индекса клијања, док је у узорцима семена *Acer negundo* и *Ailanthus altissima* довео до смањења и вигор индекса.

- Код биљака из земљишне културе највећу адаптабилност при контаминацији земљишта оловом и кадмијумом, на основу анализе биомасе надземног дела и корена, су показале биљке *Ailanthus altissima* и *Acer negundo* пореклом са матичних стабала са локалитета на коме су измерене највеће концентрације олова и кадмијума у површинском слоју земљишта у односу на остале анализиране локалитете. На овом локалитету концентрација кадмијума премашује граничне вредности док је концентрација олова вишеструко већа. Код биљака *Platanus x acerifolia* и *Betula pendula* из земљишне културе контаминација земљишта је изазвала значајно смањење биомасе корена и надземног дела у односу на контролне биљке.
- Највеће концентрације оксалне, цитратне, малатне, сукцинатне и лактатне киселине у ексудатима корена биљака из земљишне културе су измерене код *Ailanthus altissima*, гајених у неконтаминираним земљишту. При контаминацији земљишта оловом или кадмијумом концентрација киселина у ексудатима корена је значајно смањена у односу на контролне биљке. Код биљака *Acer negundo* није било значајних разлика у концентрацији органских киселина у ексудатима корена између биљака гајених у контаминираним земљишту и контролних биљака. Укупна концентрација органских киселина у ексудатима корена контролних биљака *Acer negundo* је била 4 пута мања у односу на биљку *Ailanthus altissima*.
- Цитратна киселина је показала високу ефикасност за екстракцију кадмијума из контаминираним земљишта, док је оксална киселина имала ниску ефикасност. На екстракциону ефикасност оксалне и цитратне киселине за олово, у великој мери је утицало екстракционо време и примењена концентрација.
- У хидропонској култури, где је детаљније испитивана ексудација органских киселина из корена, за биљке *Ailanthus altissima*, утврђено је вишеструко повећање концентрације цитратне киселине код биљака изложених недостатку гвожђа у односу на контролне биљке. Недостатак фосфора није индуковао повећану ексудацију органских киселина. Присуство олова у хранљивом раствору је довело до смањења концентрације цитратне, малатне, сукцинатне и фумарне киселине у ексудатима корена биљака оптимално обезбеђених нутријентима, док је код биљака, претходно изложених недостатку гвожђа, садржај органских киселина у ексудатима корена остао на приближно истом нивоу.
- Физиолошки одговори индуковани излагањем биљака *Ailanthus altissima* недостатку гвожђа, вишеструко повећана Fe(III) редуктазна активност корена и повећана ексудација цитратне киселине у односу на контролне биљке, указују да ова врста вероватно има капацитет за ефикасну мобилизацију гвожђа из ризосфере. Присуство олова или кадмијума у хранљивом раствору у концентрацији од 20 µM смањује

Fe(III) редуктазну активност корена биљака *Ailanthus altissima* индуковану недостатком гвожђа, док код гвожђем обезбеђених биљака, олово и кадмијум нису утицали на Fe(III) редуктазну активност корена.

- Код биљака *Ailanthus altissima* олово у концентрацији од 20 и 50 μM је довело до повећања концентрације хлорофила *b* у односу на контролне биљке док код биљака *Acer negundo* није уочено повећање концентрације хлорофила *b*. У интеракцији олова са недостатком гвожђа, код биљака *Ailanthus altissima*, дошло је до смањења концентрације хлорофила *a*. Кадмијум је при концентрацији од 50 μM довео до смањења концентрације хлорофила *a*, хлорофила *b*, укупних хлорофила и каротеноида, као и односа хлорофила *a* и *b* код ове врсте. Код биљака *Acer negundo* је уочен сличан ефекат.

- Негативан утицај кадмијума на активност фотосистема II код биљака *Ailanthus altissima*, изложених недостатку гвожђа, је израженији него ефекат олова. Код биљака обезбеђених потребним нутријентима негативан утицај олова и кадмијума на мерене параметре индукције флуоресценције хлорофила је био мање изражен.

- У хидропонском експерименталном систему, где су третмани оловом и кадмијумом примењени у дужем временском интервалу, акумулација олова и кадмијума у биљкама *Ailanthus altissima* је била већа, у условима обезбеђености свим есенцијалним нутријентима у односу на биљке изложене недостатку гвожђа. Такође, уочено је да недостатак гвожђа утиче на повећану акумулацију цинка. Код биљака *Acer negundo* није уочен овај ефекат.

- Приказани резултати ових истраживања, посебно интеракцијски ефекти испитиваних метала, могу имати значаја за унапређење метода фиторемедијације. Даља истраживања треба усмерити ка унапређењу експерименталних система за истраживање ризосферних интеракција као и испитивању њиховог значаја у фиторемедијацији земљишта урбаних и шумских екосистема.

7. У поглављу **Литература** приказано је 156 научних публикација које се односе на области које су од значаја за урађену дисертацију и цитиране су на начин који објашњава и потврђује добијене резултате.

Закључак и предлог

На основу свеобухватне анализе израђене докторске дисертације, добијених резултата и закључака, Комисија констатује да је кандидаткиња мр

Данијела Ђунисијевић Бојовић истраживала за науку значајан и актуелан проблем. У складу са дефинисаним циљевима истраживања, постављени научни задатак је у потпуности испуњен. У раду је примењен одговарајући мултидисциплинаран приступ, коришћене су савремене методе, као и најновија, веома обимна литература. Комисија сматра да је научни и стручни допринос ове дисертације веома велики. Посебно су значајни резултати интеракцијских ефеката испитиваних метала с обзиром да нема много литературних података, посебно за дрвенасте врсте које су у овом раду анализиране.

На основу изложеног, Комисија закључује да је докторска дисертација мр Данијеле Ђунисијевић Бојовић, асистенткиње Универзитета у Београду, Шумарског факултета, **оригиналан и самосталан научни рад**, и да представља значајан допринос науци и пракси. Комисија са задовољством предлаже Научно-наставном већу Шумарског факултета у Београду, да **прихвати позитивну оцјену израђене докторске дисертације мр Данијеле Ђунисијевић Бојовић, под насловом „Утицај концентрације олова и кадмијума у земљишту на развој дрвенастих биљака“** и омогући даљу процедуру која предстоји јавној одбрани на Шумарском факултету у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

1. др Матилда Ђукић, редовни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета,
2. др Радмила Стикић, редовни професор Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета,
3. др Михаило Грбић, редовни професор Универзитета у Београду – Шумарског факултета,
4. др Вук Максимовић, виши научни сарадник Универзитета у Београду – Института за мултидисциплинарна истраживања,
5. др Снежана Белановић, ванредни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета.

