

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

На VI редовној седници Наставно-научног већа Биолошког факултета Универзитета у Београду, одржаној 15.04.2016. године, прихваћен је извештај ментора др Гордане Томовић и др Тамаре Ракић о урађеној докторској дисертацији мр Јасмине Грубин, под насловом: „Сезонске промене у садржају токсичних метала у земљишту и листовима зимзелених врста *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. и *Mahonia aquifolium* (Purch) Nutt. на подручју града Београда“ и одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: др Гордана Томовић, ванредни професор Биолошког факултета Универзитета у Београду; др Тамара Ракић, доцент Биолошког факултета Универзитета у Београду; др Јасмина Шинжар-Секулић, ванредни професор Биолошког факултета Универзитета у Београду; др Маја Лазаревић, доцент Биолошког факултета Универзитета у Београду; др Ана Чучуловић, научни сарадник Института за примену нуклеарне енергије - ИНЕП Универзитета у Београду. Комисија је прегледала урађену докторску дисертацију кандидаткиње и Већу подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

ОПШТИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Докторска дисертација мр Јасмине Грубин, под насловом „Сезонске промене у садржају токсичних метала у земљишту и листовима зимзелених врста *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. и *Mahonia aquifolium* (Purch) Nutt. на подручју града Београда“, обухвата 275 страна компјутерски обрађеног текста. Дисертација садржи: 47 табела (19 у поглављу Увод, три у поглављу Материјал и методе, 23 у поглављу Резултати и два у поглављу Дискусија), 6 слика у уводном делу, 7 карата (6 у поглављу Увод и једна у поглављу Материјал и методе), 35 графикона (два у поглављу Увод и 33 у поглављу Резултати) и 261 библиографску јединицу. На почетку дисертације приложен је апстракт на српском и енглеском језику (16 страна без пагинације). На крају текста су 3 прилога. Пагинирани текст подељен је у 7 поглавља: Увод, Циљеви рада, Материјал и методе, Резултати, Дискусија, Закључци и Литература (255 страна).

АНАЛИЗА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

У докторској дисертацији кандидаткиња мр Јасмина Грубин је проучавала количине и сезонске промене у садржају токсичних метала у земљишту на територији ужег центра града Београда, као и у листовима зимзелених врста *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. и *Mahonia aquifolium* (Purch) Nutt.

У поглављу **УВОД**, кандидаткиња је у оквиру седам потпоглавља дала

детаљан приказ специфичности урбаног екосистема, типова загађености и начина на које загађеност тешким металима утиче на биљне организме, а која се односе на проблематику ове докторске дисертације. Прво потпоглавље обухвата преглед општих карактеристика и специфичности урбаних екосистема. У другом и трећем потпоглављу обрађена је проблематика везана за загађивање животне средине, врсте загађујућих супстанци и депозицију атмосферских загађивача. Четврто и пето потпоглавље дају приказ општих карактеристика токсичних метала, њиховог порекла у урбаним екосистемима и одговора биљака на повећану количину ових елемената у животној средини, као и опште карактеристике испитиваних елемената. У шестом потпоглављу дат је опис општих карактеристика истраживаних подручја (на територији града Београда, као и природних станишта испитиваних биљака која нису антропогено нарушавана), са информацијама о климатским, геоморфолошким, геолошким и вегетацијским карактеристикама сваког од њих. У последњем потпоглављу кандидаткиња је представила опште одлике испитиваних врста биљака.

У оквиру поглавља **ЦИЉЕВИ РАДА** кандидаткиња је поставила неколико циљева истраживања: Утврђивање основних карактеристика станишта испитиваних врста биљака на подручју града Београда, укључујући податке о типу урбаног биотопа којег насељавају, педолошкој подлози и клими; Одређивање основних хемијских особина (pH_{H_2O} , pH_{KCl} и проценат органске материје) земљишта на урбаним локалитетима на подручју града Београда, као и природним стаништима испитиваних врста биљака; Одређивање концентрације макро и микроелемената и токсичних метала у земљишту на урбаним локалитетима на подручју града Београда и природним стаништима испитиваних врста биљака; Испитивање концентрације макро и микроелемената и токсичних метала у листовима биљака *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. и *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. са природних станишта и урбаних локалитета у Београду; Одређивање биоакумулационог фактора (БФ) у циљу одређивања ефикасности биљака да усвајају и акумулирају хемијске елементе у својим органима и ткивима, а пре свега у листовима; Процена капацитета испитиваних зимзелених биљних врста за толеранцију или биоакумулацију одређених микроелемената (пре свега токсичних метала), на основу добијених резултата, у циљу утврђивања и откривања нових индикаторских, толерантних и/или потенцијалних акумулаторских зимзелених биљних врста.

Поглавље **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ** организовано је у три потпоглавља. У потпоглављу приказана је карта Београда са позицијама шест ширих локалитета на којима су сакупљени узорци земљишта и биљака и дат је табеларан преглед 18 ужих локалитета на територији Београда и три природна станишта испитиваних биљака на којима су сакупљени анализирани узорци. У другом потпоглављу је дат списак коришћених реагенса и опреме. У трећем потпоглављу, детаљно су приказане методе за сакупљање материјала (земљишта и листова), његову припрему и анализу. На крају овог поглавља дат је преглед статистичких процедура (Спирман-ов и Пирсон-ов коефицијент корелације, РСА – Анализа главних компоненти) које су коришћене за анализе резултата.

У поглављу **РЕЗУЛТАТИ**, кандидаткиња је добијене резултате груписала у седам потпоглавља, које на адекватан начин описује. У првом потпоглављу су изложене хемијске карактеристике земљишта (pH_{H_2O} , pH_{KCl} , проценат органске материје и количина испитиваних елемената), као и њихове промене током четири узастопне сезоне. pH земљишта се кретала од благо базне до благо киселе, са изузетком земљишта са Острозуба, природног локалитета врсте *P. laurocerasus*, које

се одликовало изразито киселом реакцијом. Земљиште са Острозуба се од осталих испитиваних узорак земљишта издваја и изузетно високим уделом органских једињења. Када је реч о концентрацијама испитиваних токсичних метала, сва земљишта која су узоркована на територији града Београда су садржала у већој или мањој мери повећане концентрације појединих токсичних метала, који су током сезона варирали на различите начине у зависности од мобилности елемента и количине падавина. Већом количином мангана и малом количином калцијума одликује се земљиште са Острозуба, које се развија на силикатној матичној стени, у стално влажним условима који постоје због присуства потока и слабе дренаже подлоге. У другом и трећем потпоглављу, детаљно су приказане промене у концентрацијама макроелемената елемената, токсичних метала и ванадијума у листовима испитиваних биљних врста и то кроз четири узастопне сезоне. Испитивање количине Fe, Mn, Ni, Zn, Pb, Cu, Cd, Cr, Co и V у листовима врста *B. sempervirens*, *M. aquifolium* и *P. laurocerasus* је показало да количина испитиваних елемената зависи од биљне врсте, и варира у односу на различите урбане и природне локалитете. Поред тога, присутне су и значајне разлике у количини елемената у листовима испитиваних врста током сезона. У листовима врсте *M. aquifolium* су, у односу на остале две испитиване врсте, забележене највеће концентрације Mn, Ni, Zn, Cr и Cu, али је уочено и највеће варирање ових елемената током сезона. С друге стране, концентрације Co, Cd, Pb и V су биле прилично уједначене у листовима код све три испитиване врсте. Количине гвожђа и мангана су углавном биле у границама нормалних вредности датих у литератури. При томе, највише гвожђа је било у листовима врста *B. sempervirens* и *P. laurocerasus*, а веће количине у листовима су биле забележене у јесен и зиму; само у листовима врсте *P. laurocerasus* са природног станишта, концентрација мангана је била вишеструко изнад количине која се сматра токсичном за већину биљака. У листовима испитиваних биљних врста забележене су високе концентрације Ni током пролећа, а посебно високе у узорцима сакупљеним у летњем периоду. Насупрот томе, током јесени и зиме вредности Ni у листовима испитиваних врста на свим урбаним локалитетима су биле далеко ниже или су биле испод нивоа детекције. На исти начин се мењала количина хрома у листовима биљака по сезонама, док је супротан тренд промена показао бакар. У четвртом делу кандидаткиња је вршила упоредну анализу садржаја токсичних метала у земљиштима и узорцима листова и израчунавала вредности индекса биоаккумуляције (ИБА) у циљу процене акумулационог потенцијала сваке појединачне биљне врсте за поједине тешке метале. У оквиру петог потпоглавља кандидаткиња је применила и статистичке анализе (Спирман-ов коефицијент корелације) у циљу уочавања корелација између појединачних парова елемената у биљном материјалу. У оквиру истог потпоглавља кандидаткиња је применила и одређене статистичке анализе (Пирсон-ов коефицијент корелације, Спирманов коефицијет корелације) у циљу уочавања корелација између појединачних парова елемената у узорцима земљишта. У шестом потпоглављу приказан је однос токсичних метала и ванадијума у узорцима земљишта из Београда. У последњем, седмом потпоглављу, приказани су резултати анализе главних компоненти и описано је груписање елемената на РС осама на основу ког је у Дискусији дато тумачење о пореклу елемената у испитиваним узорцима градског земљишта.

У поглављу **ДИСКУСИЈА**, кандидаткиња је добијене резултате груписала у три подпоглавља, које је на адекватан начин тумачила и дискутовала, поредећи их са великим бројем података других аутора и са савременим научним сазнањима. У

првом потпоглављу анализирани су резултати добијени испитивањем хемијских карактеристика земљишта са укупно 21 локалитета. Просечне количине Mn, Ni, Zn, Co, Cd, Pb у испитиваним узорцима земљишта из Београда су у нивоу вредности које су констатоване за друге градове у Европи и свету, док је количина V у испитиваним узорцима земљишта испод просечних вредности у свету. Концентрације већине испитиваних елемената у земљишту Београда су нешто више у односу на узорке земљишта са територије града Ниша, Смедерева, Пожаревца, Суботице и Новог Сада, што се може објаснити разликама у интензитету саобраћаја и других облика аерозагађења (сагоревање гаса, угља и мазута). Уколико се упореде подаци добијени за земљишта Београда са граничним вредностима за Ni, Zn, Cu и Cd које су одређене по директиви ЕУ уочава се да ни један од елемената не прелази горње граничне вредности за ове елементе који су дати у директиви. Садржај токсичних метала и ванадијума у узорцима земљишта је у различитој мери варирао у зависности од локалитета и сезоне; највеће варирање је установљено у случају олова, бакра и цинка, а нешто умереније код кадмијума, хрома, гвозђа, никла, кобалта и мангана. Међу узорцима земљишта узетих са различитих локалитета у оквиру истих делова града, уочавају се у неким случајевима значајне разлике у концентрацијама испитиваних елемената, што је директно везано за удаљеност од прометних саобраћаница. На Острозубу, природном станишту врсте *P. laurocerasus*, детектоване су више концентрације гвозђа и мангана, што је резултат утицаја силикатне матичне подлоге богате овим елементима, ниске рН вредности и стално влажне подлоге. Статистичка анализа добијених података је показала да се у површинском слоју земљишта у Београду, с једне стране налази већа количина токсичних метала који се у литератури означавају као "урбани метали" (олово, цинк, бакар, кадмијум), односно они који у земљиште доспевају захваљујући антропогеним активностима, а са друге стране се налазе метали који воде порекло од матичне стене (никл, хром, манган). У другом потпоглављу анализирани су резултати добијени испитивањем концентрација и сезонске варијабилности токсичних метала и ванадијума у листовима биљака.

Анализа садржаја Fe, Mn, Ni, Zn, Pb, Cu, Cd, Cr, Co и V у листовима врста *B. sempervirens*, *M. aquifolium* и *P. laurocerasus* је показала да се концентрација појединих елемената разликовала у односу на биљну врсту, као и у односу на различите урбане и природне локалитете. Разлике у количини елемената које су детектоване у листовима испитиваних врста се могу повезати са њиховом количином у подлози, док се установљене разлике у концентрацији испитиваних елемената током сезона могу објаснити већом или мањом мобилношћу елемента флором од које зависи редистрибуција елемената у оквиру биљног организма. Тако су на пример у листовима испитиваних биљних врста током пролећа и лета детектоване високе концентрације Ni, које су и до неколико пута веће од вредности које се сматрају нормалним за биљке. Насупрот томе, током јесени и зиме вредности Ni у листовима испитиваних врста на свим урбаним локалитетима су биле далеко ниже, што се може објаснити добром мобилношћу никла флором, односно његовом добром редистрибуцијом из старијих листова у друге делове биљке. У листовима *P. laurocerasus* са Острозуба, природног станишта врсте, установљене су високе концентрације овог елемента и то због његове лаке доступности биљкама на земљишту које се развија на силикатној матичној стени, посебно током пролећа и лета. Елемент који је показао супротан тренд је бакар кога највише има у листовима биљака у јесен и зиму. Може се претпоставити да је разлог веће количине бакра у листовима велика количина овог елемента у подлози, акумулација бакра у

листовима током године и његова слаба редистрибуција у друге делове биљке. Концентрације Pb, Cd и Cr у листовима све три испитиване врсте биљака биле су у складу са концентрацијама у одговарајућим земљиштима, и изнад вредности које се сматрају нормалним, чак и по неколико пута већим у већини узорка. Сва три елемента су присутна у највећим концентрацијама у листовима током пролећа, а нарочито током лета. Утврђене количине Cu у листовима сакупљеним током јесени и зиме су изнад нормалних вредности за биљке, а у неким случајевима су чак на граници токсичних вредности. Концентрација Zn у листовима испитиваних врста биљака се кретала у оквиру нормалних вредности датих у литератури. За овај елемент није установљен јасан тренд промене концентрације у листовима током све четири сезоне. Кобалт није идентификован у свим узорцима листова испитиваних врста биљака, али у узорцима у којима је пронађен, углавном је изнад нормалних вредности и веома је близу количинама које се сматрају токсичним за већину биљака. Веће концентрације кобалта су констатоване у листовима врсте *P. laurocerasus* са Острозуба, првенствено због боље доступности овог елемента при киселој pH вредности земљишта. Садржај V у листовима испитиваних врста биљака је у границама нормалних вредности. Идентификован је само у три узорка листова и то сва три у пролеће. У трећем потпоглављу дисковани су резултати анализа индекса биоакумулација. Позитивна вредност индекса биоакумулације (ИБА>1) код врсте *B. sempervirens* је добијена за Cd, Cu, Pb и Co код биљака са неколико локалитета у Београду; код врсте *M. aquifolium* ИБА>1 за Cd утврђена је код биљака које су расле на неколико урбаних локалитета, с тим што се посебно истиче повећана вредност индекса биоакумулације током зиме (када је његова вредност већа од један), на четири од шест урбаних локалитета, као и на природном станишту; код врсте *P. laurocerasus*, најзначајније вредности ИБА>1 су биле за Cd и Cu. ИБА>1 за Cd констатован је у биљкама на већини локалитета током јесени и зиме, док је током пролећа и лета ИБА>1 био само код биљака које су расле на два урбана локалитета. ИБА>1 за Cu је забележен у биљкама које су расле на свим локалитетима током јесени и зиме, док је ИБА>1 за Mn и Ni констатован код биљака које су расле на природном станишту током читаве године.

У поглављу **ЗАКЉУЧЦИ**, кандидаткиња сумира резултате добијене из докторске дисертације. Изводи закључке везане за хемијске карактеристике испитиваних антропоформних и природних земљишта, као и за садржај основних макроелемената и појединих токсичних метала у листовима истраживаних биљних врста. Кандидаткиња посебно истиче да су све три испитиване биљне врсте, *B. sempervirens*, *M. aquifolium* и *P. laurocerasus* показале способност усвајања и умерене акумулације кадмијума и бакра из земљишта и то у оној мери у којој је концентрација тих елемената варијала у зависности од локалитета и годишњег доба. Према томе, ове три врсте се могу сматрати биљкама индикаторима концентрације наведених елемената у одговарајућем земљишту. Поред тога, врста *B. sempervirens* је индикатор концентрације олова и кобалта у земљишту, док је *P. laurocerasus* индикатор повећане концентрације Mn и Ni, пре свега у природним условима ниже pH вредности земљишног раствора. Иако су у узорцима земљишта са испитиваних урбаних локалитета забележене веће концентрације гвожђа, мангана, никла, цинка, олова, кобалта и хрома (и на неколико локација и ванадијума), све три испитиване зимзелене жбунасте врсте, у мањој или већој мери, показују способност да не акумулирају наведене елементе у својим листовима, па се због те особине могу сврстати у категорију биљака ексклудера. Све три зимзелене врсте *B. sempervirens*, *M. aquifolium* и *P. laurocerasus* показују успешан опстанак и раст у урбаним

условима на територији града Београда. Као такве, ове вишегодишње жбунасте биљке се могу веома успешно користити у хортикултури за формирање паркова и живих ограда у урбаним срединама, у којима је ограничен број оних биљних врста које показују отпорност на услове повећаног загађења ваздуха и земљишта.

Поглавље **ЛИТЕРАТУРА** садржи 261 библиографску јединицу. Литературни извори су адекватно и на одговарајућим местима цитирани у тексту докторске дисертације.

Б) ПУБЛИКОВАНИ РАДОВИ И САОПШТЕЊА ИЗ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Б1. Радови у часописима међународног значаја М 23 (2 x 3 = 6)

1. **Grubin, J.**, Tomović, G., Stevanović, B., Jovanić, P. B. (2012): Heavy metals phytoextraction in selected plants. - Fresenius Environmental Bulletin 21(9): 2619-2625.
2. Andrejić, G., Rakić, T., Šinžar-Sekulić, J., Mihailović, N., **Grubin, J.**, Stevanović, B., Tomović, G. (2016): Assessment of heavy metal pollution of topsoils and plants in the City of Belgrade. - Journal of the Serbian Chemical Society DOI: 10.2298/JSC150829096A.

Б2. Радови саопштени на скуповима међународног значаја штампани у изводу М34 (2 x 0,5 = 1)

1. **Grubin, J.**, Jovanić, P., Tomović, G., Stevanović, B. (2009): Heavy metal contents in the evergreen plants *Prunus laurocerasus*, *Buxus sempervirens* and *Ilex aquifolium* from the urban area of belgrade. In: Stevanović, V. (ed.): 5th Balkan Botanical Congress, Book of Abstracts, Belgrade, Serbia, 122.

Б3. Радови саопштени на скуповима националног значаја штампани у изводу М64 (1 x 0,2 = 0,2)

1. **Grubin, J.**, Jovanić, P., Tomović, G., Stevanović, B. (2008): Teški metali u zemljištu i u lišću večnozelenih biljaka u gradskim uslovima. - 5. Simpozijum Hemija i zaštita životne sredine sa međunarodnim učešćem, Knjiga izvoda, planina Tara, 106-107.

МИШЉЕЊЕ И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Докторска дисертација мр Јасмине Грубин под насловом: „Сезонске промене у садржају токсичних метала у земљишту и листовима зимзелених врста *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. и *Mahonia aquifolium* (Purch) Nutt. на подручју града Београда“ представља свестрано и савремено урађену студију у области урбане екологије и био(фито)акумулације. По свом обиму, садржају, начину представљања и интерпретације резултата, уз осврт на обимну и релевантну литературу, поднети текст има све одлике докторске дисертације. Кандидаткиња је на примерен начин представила истраживачку област у којој је радила и резултате до којих је дошла.

Комисија сматра да докторска дисертација мр Јасмине Грубин по свом приступу и интерпретираним резултатима, а нарочито узимајући у обзир могућу

примену резултата истраживања, представља значајан доринос у познавању садржаја токсичних метала у површинском слоју земљишта на територији Београда, као и њиховог садржаја у листовима три зимзелене жбунасте врсте биљака, што је посебно значајно са аспекта њиховог биоакумулационог потенцијала и примене у садњи у загађеним урбаним екосистемима. Добијени резултати, не само у оквиру докторске дисертације, него и резултати истраживања из уже научне области штампани су у два рада у међународним часописима, што потврђује да је кандидаткиња, у сарадњи са менторима, пажљиво одабрала тему истраживања.

Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију кандидаткиње мр Јасмине Грубин, под насловом: **“Сезонске промене у садржају токсичних метала у земљишту и листовима зимзелених врста *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. и *Mahonia aquifolium* (Purch) Nutt. на подручју града Београда”** и предлаже Наставно-научном већу Биолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати Извештај комисије и одобри јавну одбрану ове докторске дисертације.

У Београду, 09. 05. 2016. године.

КОМИСИЈА:

Др Гордана Томовић, ванредни професор
Универзитет у Београду-Биолошки факултет

др Тамара Ракић, доцент
Универзитет у Београду-Биолошки факултет

Др Јасмина Шинжар-Секулић, ванредни
професор Универзитет у Београду-Биолошки
факултет

др Маја Лазаревић, доцент
Универзитет у Београду-Биолошки факултет

Др Ана Чучуловић, научни сарадник
Универзитет у Београду-Институт за примену
нуклеарне енергије