

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број захтева: 277/2-7.4.
Датум: 17.09.2014. године

ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ
БИОТЕХНИЧКИХ НАУКА

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији
за кандидата на докторским студијама

Молимо да, сходно члану 47. став. 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12 и 172/13), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији:

Кандидат **ИВАНА (Новица) ТРАЈКОВИЋ, дипл. инж.**, студент докторских студија на студијском програму Пољопривредне науке, модул Мелиорације земљишта, пријавила је докторску дисертацију под називом: «ПОВЕЋАНА АКУМУЛАЦИЈА Ni И Cr У ОРГАНИМА ВИНОВЕ ЛОЗЕ УСЛОВЉЕНА ИСХРАНОМ АЗОТОМ ПРИ РЕКУЛТИВАЦИЈИ ПЕСКОВИТИХ ДЕПОСОЛА»,

из научне области Мелиорације земљишта.

Универзитет је дана 19.02.2013. године, својим актом број 61202-194/2-13 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила: «АКУМУЛАЦИЈА Ni И Cr У ОРГАНИМА ВИНОВЕ ЛОЗЕ УСЛОВЉЕНА ИСХРАНОМ АЗОТОМ ПРИ РЕКУЛТИВАЦИЈИ ПЕСКОВИТИХ ДЕПОСОЛА».

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 28.05.2014. године, одлуком Факултета број 277/8-7.2., у саставу:

име и презиме члана комисије, звање, научна област, установа у којој је запослен

1. др Владо Личина, редовни професор, Агрохемија, Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
2. др Светлана Антић-Младеновић, ванредни професор, Агрохемија, Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
3. др Маја Манојловић, редовни професор, Педологија и Агрохемија, Универзитет у Новом Саду - Пољопривредни факултет,
4. др Небојша Марковић, редовни професор, Опште виноградарство, Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
5. др Зорица Томић, ванредни професор, Минералологија и Геологија, Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,

Наставно-научно веће факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној 17.09.2014. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
Проф. др Милица Петровић

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: ВС - 277/2-7.4.
Датум: 17.09.2014. године
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 123. Закона о високом образовању и члана 24. Правилника о последипломским студијама и докторату наука, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 17.09.2014. године, донело је

О Д Л У К У

I ПРИХВАТА СЕ извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднела **ИВАНА ТРАЈКОВИЋ**, дипл. инж. и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: **«АКУМУЛАЦИЈА Ni И Cr У ОРГАНИМА ВИНОВЕ ЛОЗЕ УСЛОВЉЕНА ИСХРАНОМ АЗОТОМ ПРИ РЕКУЛТИВАЦИЈИ ПЕСКОВИТИХ ДЕПОСОЛА».**

II Универзитет је 19.02.2013. године, својим актом број 61202-194/2-13 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Рад кандидата у часопису међународног значаја:

Trajković Ivana, Ličina, V., Antić-Mladenović, S., Wenzel, W. (2014): Hazardous elements speciation in sandy, alkaline coal mine overburden by using different sequential extraction procedures. Chemical Speciation and Bioavailability. Vol. 26 (2), pp. 85-91.

**П Р Е Д С Е Д Н И К
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
Д Е К А Н**

(Проф. др Милица Петровић)

Доставити: кандидату, ментору др Влади Личини, редовном професору, Институту за земљиште и мелиорације, Студентској служби и архиви.

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Датум: 26.05.2014. године

Предмет: Извештај комисије о оцени урађене докторске дисертације

Иване Трајковић, дипл. инж.

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду од 28. 5. 2014. године Бр. 277/8-7.2, именована је Комисија за оцену урађене докторске дисертације под насловом: **"Акумулација Ni и Cr у органима винове лозе условљена исхраном азотом при рекултивацији песковитих депосола"**, кандидаткиње Иване Трајковић, дипл. инж.

Комисија у саставу: др Владо Личина, редовни професор, др Светлана Антић-Младеновић, ванредни професор, др Маја Манојловић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Новом Саду, др Небојша Марковић, редовни професор, др Зорица Томић, ванредни професор, прегледала је и оценила докторску дисертацију и подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Општи подаци о докторској дисертацији

Докторска дисертација је написана на 130 страна у оквиру којих се налазе 53 табеле, 5 графика и 6 слика. Испред основног текста налази се резиме са кључним речима на српском и енглеском језику, као и приказ садржаја. У докторској дисертацији је цитирано и у литератури наведено 278 референци.

Дисертација се састоји из следећих поглавља: 1. Увод (стр. 1-3), 2. Преглед литературе (стр. 4-27), 3. Материјал и метод (стр. 28-39), 4. Резултати и дискусија (стр. 40-102), 5. Закључак (стр. 103-106), и 6. Литература (стр. 107-130). Поглавља: Преглед литературе, Материјал и методе рада и Резултати и дискусија, с тим да свако поглавље садржи више подпоглавља. На крају текста дисертације налазе се Биографија кандидата и изјаве о ауторству.

2. Приказ и анализа докторске дисертације

У **Уводу** докторске дисертације се наводи да се главна проблематика ове тезе односи на депосоле ТЕ Костолац који настају при површинској експлоатацији угља уклањањем земљишне покривке над слојевима угља, која се скида и депонује у непосредној близини отворених копова. У уводу се такође истиче да су депосоли врло неповољних физичко-хемијских особина, са врло малом количином биљних хранива и да се на њима врло тешко организује биљна производња, што према важећим прописима (Сл.гл. РС 62/06, 65/08, и 42/2009) представља законску обавезу сваког корисника пољопривредног земљишта који га после коришћења ради других намена мора вратити у првобитно стање, односно, пољопривредној производњи. Истакнуто је такође да су око ТЕ Костолац ове површине под депосолима значајне и захватају око 4000 ha, с тим да се сваке године за ископ угља захвати нових 50 ha плодног пољопривредног земљишта. Проблеми рекултивације ових депосола се не везују само за поправку њихових лоших физичко-хемијских особина, већ и за проблем повећане акумулације тешких метала од стране биљака које се при рекултивацији гаје на овим површинама, што је утврђено неким ранијим истраживања. У уводу се затим наводе главни циљеви тезе, а такође се образлаже њен научни и практичан значај.

Поглавље **Преглед литературе** се састоји из више подпоглавља у којима су представљени бројни литературни подаци везани за тему докторске дисертације.

У првом делу су дати општи подаци везани за костолачки угљени басен, као и производњу угља у Србији. Затим је дат опис костолачких депосола и њихов утицај на животну средину, а описана су и досадашња истраживања везана за својства ових депосола, као и примењени поступци рекултивације. Посебно су обрађени резултати истраживања везани за присуство тешких метала са нагласком на Ni и Cr, где су анализирани добијени резултати истраживања не само на овим депосолима, већ генерално, резултати бројних истраживања везаних за њихов укупан садржај и њихову мобилност код других типова земљишта и супстрата који су рађени у новије време. Потом је дат литературни преглед метода процене ризика биодоступности тешких метала, као и максималне дозвољене концентрације тешких метала како за земљишта и супстрате, тако и за њихово накупљање у биљним ткивима. У овом делу прегледа литературе се истиче да се за процену ризика биодоступности тешких метала најчешће користе секвенцијалне анализе земљишта, при чему се примењује њихово хемијско фракционисање (секвенцијална екстракциона анализа), а дат је и упоредни опис метода и критички опис добијених резултата при примени ових различитих поступака секвенцијалне екстракције тешких метала. Потом је дат преглед литературе везан за примену различитих техника ремедијације, где се као примењене ремедијације технике анализирају различити физички, хемијски и биолошки рекултивациони поступци. Посебан осврт у прегледу литературе се односи на хемијске технике ремедијације, пошто су оне углавном коришћене током овог истраживања. У поступцима хемијске технике ремедијације се детаљно обрађују подаци везани за примену различитих супстанци који се додају при рекултивацији и ремедијаци земљишта, као што су то различити типови ђубрива, резултати везани за ефикасност примене зеолита, као и различитих облика фосфата. Такође, у прегледу литературе посебно је обрађена проблематика коришћења фосфата у циљу имобилизације тешких метала, као и механизма којима се ова имобилизација остварује.

Поглавље **Материјал и методе** се састоји из 11 подпоглавља. У првом делу су дате фазе по којима је истраживање спроведено. Истраживање се састоји од три фазе. Прва фаза се односи на анализе својстава депосола: одређивање механичког састава депосола,

агрохемијске анализе, одређивање укупних и приступачних садржаја тешких метала, као и хемијско фракционисање депосола, као и утврђивање садржаја метала у свакој механичкој фракцији депосола. Друга фаза овог истраживања је била везана за огледе у судовима као и оглед у пољу, чији је циљ био проналажење најбоље технике рекултивације ових депосола уз примену различитих ђубрива и бонификатора земљишта, с тим да је, према литературним подацима, у циљу рекултивације депосола и његовог оспособљавања за биљну производњу, по први пут у свету корићена винова лоза. Трећа фаза истраживања се односи на оглед у судовима који је постављен са циљем да се утврди разлог појачаног усвајања Ni и Cr органима винове лозе који се јавио у предходној фази истраживања. У раду је приказан детаљан поступак узимања узорка, као и шема по којој су сви огледи постављени. Такође су дате методе одређивања механичког састава депосола, основних агрохемијских особина, као и укупног и приступачног садржаја метала у депосолу. Детаљно су и описане две примењене методе секвенцијалне екстракције, метода по Tessier-у, и метода по Zeien и Brümmer-у, као и метода одређивања садржаја тешких метала у појединим физичким фракцијама депосола. У самом раду је детаљно описан поступак узорковања и анализа биљног материјала, као и анализе примењених ђубрива и бонификатора. Последње подпоглавље Материјала и метода описује бројне статистичке методе које су примењене у овом истраживању.

Поглавље **Резултати и дискусија** представља најважнији део докторске дисертације и састоји се од осам подпоглавља, а нека од њих имају своје подцеле. У првом подпоглављу су анализирани физичке особине депосола.

Анализе су указале да је у испитиваним депосолима доминира физичка фракција песка (67,57%), што при њиховој рекултивацији, поред проблема везаних за одржавање водног режима и везивања хранива у биљној производњи, условљава и еколошке проблеме у ширем подручју око површинских копова услед развејавања песка. Овде се истиче да је поправка физичких особина депосола једна од неопходних мера да би се на њима успоставила биљна производња, а да је примена зеолита, као бонификатора земљишта, при рекултивацији ових депосола оправдана мелиоративна мера.

У следећем подпоглављу су наведене опште агрохемијске особине депосола. Из приказаних резултата анализа се види да су испитивани депосоли врло сиромашни основним хранљивим елементима ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ - 8,17 mg/kg, P_2O_5 – 5,79 mg/100g, K_2O – 6,96 mg/100g) и органском материјом (0,50 % C), с тим да је и СЕС код испитиваних депосола врло низак (8,52 me/100g). На основу испитивања бројних узорка депосола указано је и на велику хетерогеност овог супстрата, која потиче од различитих хемијских особина појединих слојева ових депосола који се при ископу и депоновању мешају, а различитог су геогенетског порекла. Ове разлике се пре свега огледају у различитој киселости овог супстрата, па се код испитиваних депосола она креће од киселе (5,05 у H_2O , односно, 3,51 у KCl-у) до базне (9,13 у H_2O , односно, 8,30 у KCl-у). С обзиром на врло низак ниво хранива код испитиваних депосола, резултати ових анализа упућују мере обавезне допунске прихране биљака ђубривима при њиховом гајењу биљака у процесу рекултивације.

Следеће подпоглавље се односи на анализирани садржај тешких метала (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Co, Cr, Pb, Co). Њихов укупан садржај указује да ни један од анализираних елемената не прелази границу максималних дозвољених концентрација, с тим да је Ni близу критичног нивоа од 50 mg/kg (највиша одређена концентрација у депосолу је била 45,34 mg/kg). Посебну групу анализа чине анализе њиховог приступачног садржаја, који је врло низак у односу на њихов укупан садржај (нпр. Ni: 0,106 mg/kg). У раду је потом специфицирана заступљеност приступачног садржаја тешких метала по појединим механичким фракцијама депосола (крупан песак, ситан песак, прах и глина) применом различитих хемијских метода која користе различита екстракциона средства (0,1 M CaCl_2 ,

0,01 M CaCl₂, 0,005 M DTPA i 1 M NH₄NO₃). Овим се могла поредити њихова ефективност у односу на њихов укупан садржај, при чему се показало да се највише метала (Ni, Fe, Mn, Zn, Cu) екстрахује са 0,005 M DTPA, изузев Cr, чија је највећа количина екстрахована са 1 M NH₄NO₃. Када се пореде екстракције појединих метала која је присутна по појединим фракцијама депосола, види се да су највише концентрација метала одређена у глини и праху, међутим, при прерачуноу њихове укупне количине маси узорка, види се да њихов укупан приступачни садржај највише доминира у фракцији ситног песка, која је иначе процентуално и најзаступљенија у депослима.

У следећем подпоглављу су дати резултати анализа секвенцијалне екстракције. Примењене су две методе, метода по Tessier-у која је у широкој примени, као и метода по Zeien i Brümmer-у, коју аутори сматрају погоднијом за земљишта са ниским садржајем органске материје и карбоната, што је случај код испитиваних депосола. Овим методама су анализирани узорци депосола из поља и депосла који су коришћени за гајење огледне културе (винова лоза) у судовима. При анализи истих узорака, обе методе су дале различите резултате, што се објашњава применом различитих екстракционих средстава, чиме су и поједине фракције којим се метали издвајени оперативно дефинисани и припадају мање или више приступачним за биљке. Анализом депосола који су коришћени за огледе у судовима методом по Zeien и Brümmer-у је указано на потенцијалну опасност од преласка Ni, Cu и Pb, у њихове мобилне фракције, док метода по Tessier-у није јасно указала на овај проблем. На основу тога је закључено да је метода по Zeien i Brümmer-у, подеснија за процену ризика биодоступности метала, мада се показала као лошија при екстракцији њихових ниских концентрација. Међутим, резултати обе примењене секвенцијалне анализе депосола који потичу из огледа у судовима, као и депосола из пољског огледа, се такође значајно разликују, што је објашњено хетерогеношћу ових супстрата, као и различитом интензитету ризосферног ефекта који је био више изражен код биљака у судовима у односу на биљке гајене у пољским условима. Веза између лабилних фракција тешких метала одређене уз помоћ ове две методе секвенцијалне екстракције (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Co, Cr, Pb, Co) и основних физичко-хемијских својстава депосола је потом тестирна помоћу статистичке методе анализе главних компонената (PCA анализа) и корелационих матрица. Ове анализе указују да је на приступачност метала у депосолима највише утицала потенцијалана киселост депосола, која се иначе одређује у KCl-у. Поред тога, механичке фракције глине и праха су такође биле уско повезане са приступачношћу тешких метала у депосолима, док је садржај органске материје и СЕС, који иначе значајно утичу на приступачност метала, у овом истраживању нису испољили корелативну зависност са лабилним фракцијама испитиваних метала. Ово се објашњава ниским садржајем органске материје у депосолима, као и његовим ниским капацитетом за адсорпцију катјона.

Међу испитиваним металима, утврђено је да се Ni и Cr највише акумулирају у органима винове лозе, па је у циљу дефинисања њиховог порекла урађена и XRD анализа минералног састава депосола, која је показала да се у крупнијим фракцијама депосола (крупан и ситан песак) садржај Ni углавном везује за присуство спинел минерала и магнетита, док се садржај Cr везује за спинел минерале, аугит, магнетит. У фракцији праха они се, поред наведених, налазе још и у кристалној структури смектита, као и мешовито слојевитих силиката (MMS-минерали). У фракцији глине се садржај Ni и Cr везује искључиво за присутне филосиликате. Током педогенезе, код свих наведених минерала могуће је ослобађање Ni и Cr из кристалне решетке и њихов прелазак у приступачне облике за биљке.

Следеће подпоглавље подразумева анализу хемијског састава калемова, ђубрива и бонификатора земљишта који су коришћени у овом истраживању. Ове анализе су показале

да ни један од примењених или коришћених материјала није могао значајније да утиче на минерални састав депосола, а посебно на повећање концентрације тешких метала.

Наредно подпоглавље се односи на први оглед у судовима и представљено је у више подцелина. Прво је дата анализа огледа чији је циљ било тестирање различитих поступака рекултивације депосола применом ђубрива и бонификатора земљишта при гајењу винове лозе. У првом подпоглављу су приказани резултати промена рН вредности депосла при постављању и по зваршетку огледа. Ове анализе указују да је дошло до пада рН при свим третманима, укључујући и контролу, а највише код третманима са применом MAP-а. Наиме, киселост депосола је расла са повећањем доза MAP-а, где је већ при дози од 550 kgN/ha рН вредност опала од почетних 8,77 (H₂O), односно, 7,59 (KCl), на чак 5,17 (H₂O), односно, 4,78 (KCl), што се објашњава закишељавањем депосола услед нитрификационих процеса, која је узрокована применом амонијачног азота у исхрани лозе. Ова промена рН вредности је утицала и на повећање приступачности тешких метала у депосолу, што је нарочито испољено на приступачност Ni и Cr. Ове анализе показују да се приступачност Ni знатно повећала са смањењем рН (са 0,245 mg/kg на 3,015 mg/kg), док је ово смањење рН имало мањи утицај на приступачност Cr (са 0,108 mg/kg на 0,123 mg/kg).

По завршетку првог огледа у судовима, после сепарације биљних органа (корен, стабло, ластар, лист), највећа биомаса биљака измерена је у третману зеолит + NPK (180 kgN/ha), док је најмања биомаса биљке била код третмана са највишом дозом MAP-а (5000 kgN/ha). Овакви резултати у огледу се објашњавају адекватном исхраном калемова (зеолит + NPK), с тим да је примена зеолита омогућило боље задржавање воде и бољу исхрану чокота, док су биљке у третманима са највишим дозама MAP-а имале најмању биомасу вероватно услед јаког осмотског ефекта који је настао при применом изразито високих огледних доза овог ђубрива. Поред позитивног деловања зеолита на пораст калемова, добар ефекат на пораст калемова испољила су и спороделујућа NPK ђубрива (180 kgN/ha), чија примена у рекултивационим поступцима ових песковит депосола до сада још није испитана.

По завршетку огледа, анализиран је и садржај N, P и K у биљним органима. Анализе указују да се са додатком ђубрива повећала концентрација N и P у биљним ткивима, док се концентрација K није значајно мењала, вероватно услед ниских доза примењеног калијума. Потом следи анализа садржаја тешких метала по органима винове лозе, који су се иначе највише накупљали у корену. Њихов садржај је на основу анализе варијансе поређен са садржајем тешких метала код контролне варијанте. Резултати оваквог начина обраде података указала је да се највише концентрације тешких метала у ткивим везују за третмане са највећим дозама MAP-а, што се највише испољава код Ni, где је његова концентрација у корену лозе достигла чак и токсичан ниво од 94,60 mg/kg (MAP3). Мерење садржаја Cr по органима чокота, где се са повећањем садржаја Cr у корену повећавао и његов садржај у надземним органима, индицира се његова покретљивост у биљним ткивима, наспрот бројним литературним подацима где се наводи да је она у биљкама изразито ниска. У детаљној анализи концентрације свих испитиваних елемената у органима винове лозе закључено је да поред Ni, чија је концентрација највише варирала, садржај Mn такође има сличан тренд као Ni. Такође је израчунато и изношење анализираних метала биомасом чокота у судовима. Овакав приступ је показао је да поред највиших концентрација тешких метала по јединици масе у корену винове лозе (затим у листовима), њихово највеће изношење било биомасом стабла, који се као орган чокота може третирати као складишни, како за хранива, а у овом случају и за тешке метале.

У тези су потом обрађени резултати два поновљена огледа у судовима где су тестирани различити извори и растуће дозе N у исхрани винове лозе (NH₄⁺-N из MAP-а и DAP-а, као и NO₃⁻-N из Ca(NO₃)₂) уз примену растућих доза фосфора уз примену суперфосфата (SF), који је аплициран са циљем да обави имобилизацију Ni и Cr. За овај оглед су дати двогодишњи резултати пошто је у првом огледу било доста третмана у којима није било

преживелих биљака због јаког осмотског ефекта високих доза ђубрива (DAP3, DAP4, DAP5, SF+NO₃4, SF+NO₃5, SF+NO₃9, SF+NO₃10). И у овим огледима детаљно се даје анализа коришћених депосола, а анализе су показале да се њихове хемијске карактеристике значајно не разликује у односу на супстрат који је коришћен у првом огледу. У овим огледима је такође праћена промена рН вредности у времену трајања огледа. Анализе указује да је рН значајно опадала при примени амонијачних ђубрива, а очекивано, ово повећање киселости је било израженије при примени DAP-а (рН од 8,65 у H₂O и 7,96 у KCl-у код контролних биљака, смањена је на рН 7,09 у H₂O и 6,67 у KCl-у у варијанти DAP2). Поред високе концентрације амонијачног јона, који може бити токсичан за биљке, и сам ефекат закишељавања услед нитификације овог јона је допринео малом преживљавању калемова, с тим да је при примени нитратног облика азота губитак биљака изостао, а значајно је било и мање закишељавање супстрата. У овим огледима је посебно праћен ниво приступачних количина Ni и Cr (DTPA-екстракција). Највећа концентрација приступачног Ni је утврђена у третману MAP5. Између повећања приступачног Ni у огледном депосолу, везаног за додавање MAP-а и DAP-а и интензивирање нитрификационих процеса којим се закишељава супстрат, и његовог повећаног накупљања у органима винове лозе, утврђена је веома висока позитивна корелација. Међутим, концентрација приступачног Cr у депослима, не указују на сигнификантан утицај ђубрења на његову акумулацију у биљним органима, без обзира на повећање киселости супстрата. Истовремено, са повећањем концентрације додатих количина азота, маса биљних органа је расла, али при његовим јако високим дозама, она је опадала, па се на основу ових огледа може препоручити ђубрење винове лозе на депослима са количином од 100 kgN/ha и то азота у нитратном облику. Слично предходном огледу, највеће изношење тешких метала је било стаблом, мада су највише концентрације ових елемента детектоване у корену, а потом листу.

У последњем подпоглављу Резултата и дискусије се обрађују резултати добијени у пољском огледу, чији је циљ био тестирање различитих рекултивационих поступака применом ђубрива и бонификатора земљишта при подизању засада винове лозе у третманима који су били идентични са третманима првог огледа у судовима. У овом огледу су добијени слични резултати као и наведеном огледу у судовима, само што је акумулација метала била мање изражена, што мође бити последица ефеката разблажења са већим порастом биљака у пољским условима у односу на биљке из огледа у судовима. У овом огледу је такође евидентирано повећано накупљање Ni у органима лозе при примени MAP-а (лист: Ø-2,71 mg/kg; Z+MAP2-11,9 mg/kg, Z+MAP4-5,6 mg/kg; ластар: Ø-2,38 mg/kg; Z+MAP2-4,32 mg/kg, Z+MAP4-3,23 mg/kg), с тим да Cr у листовима није сигнификантно варирао у односу на контролу, а код већине варијанти није детектован у ластарима. У овом огледу је значајно што је урађена и анализа грожђа (бобица, петелјка, измуљано грожђе) и шире на тешке метале, која је указала да нема опасности од загађења гроздова тешким металима (све су вредности испод МДК), чак ни при примени високих доза MAP-а.

Закључак

У закључку је истакнуто да:

- Костолачки депосоли поседују веома лоше физичко-хемијске особине, где доминира висок садржај механичке фракције песка (67,57%), који га карактеришу као песковити депосол, па је примена бонификатора земљишта (зеолит) при њиховој рекултивацији оправдана
- Испитивани депосоли садрже веома низак садржај хранљивих елемената (NH₄⁺+NO₃⁻ - 8,17 mg/kg, P₂O₅-5,79 mg/100g, K₂O -6,96 mg/100g), као и изразито низак садржај органске материје (0,50 % C), а депосоли поседују и низак СЕС (8,52 me/100g), па су мере прихране биљака ђубривима при рекултивацији обавезне

- Утврђен укупан садржај свих тешких метала у депосолу је испод МДК вредности, али је просечна концентрација Ni од 45,34 mg/kg била близу критичне вредности од 50 mg/kg
- После анализе садржаја тешких метал у појединим механичким фракцијама депосола утврђено је да се највећа концентрација приступачних тешких метала налази у глини, с тим да се њихова највећа количина налази у ситном песку, услед високе процентуалне заступљености ове фракције у депосолима
- Примењене методе секвенцијалне екстракције (метода по Tessier-у и метода по Zeien i Brümmer-у) указују да се највећа концентрација метала налази углавном у резидуалној фракцији, што значи да је њихова потенцијална приступачност мала, међутим, метода по Zeien i Brümmer-у указала је и на потенцијалну опасност од преласка Ni, Cu и Pb у њихове мобилне фракције, док је код методе по Tessier-у то изостало
- Минеролошка XRD анализа показала је да се садржај Ni и Cr у депослима везује за минерале магнетит и спинел, затим, за смектите, аугит и MMS-минерале, док се оба метала у фракцији глине наказе искључиво у филосиликатима
- РСА анализа је указала да је на приступачност метала у депосолима највише утицала потенцијалана киселост депосола (pH у KCl-у)
- На основу пораста и развоја винове лозе на испитаним депосолима уз примену одговарајућих количина ђубрива, један од најважнијих резултата овог истраживања је и препорука да се ова култура може користи при рекултивацији депосола
- Примена ђубрива (NPK и спороделујућих ђубрива) у процесу рекултивације депосола имала је позитиван ефекат на пораст биљака, док примену MAP-а, као извора азота и фосфора за биљке треба избегавати.
- Количине азота које би се аплицирале у амонијачном облику при рекултивацији депосола не би требале да прелазе 180 kgN/ha, пошто условљавају нитрификационе процесе којим се депосоли закишељавају па се повећава приступачност свих тешких метала, нарочито Ni и Cr, који се потом акумулирају у повишеним, чак и у токсичним концентрацијама у биљним органима (Ni у корену винове лозе: 94,60 mg/kg)
- Азот који се додаје у нитратном облику ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) при исхрани винове лозе у процесу рекултивације не би требало да прелази 100 kg/ha, пошто се ради о песковитом супстрату где нитрати лако подлежу испирању
- Резултати огледа су указали да се појачано усвајање и много већа мобилизација Ni и Cr везује за примену амонијачних у поређењу са нитратним ђубривима, али истовремено, да додати фосфати било MAP-ом, DAP-ом или у облику суперфосфата, ни у једном случају не смањују мобилност и усвајање ових метала од стране биљака
- Анализа гроздова, шире и вина добијеног од винове лозе гајене на овим депосолима, потврдиле су њихову употребну вредност, јер је садржај свих тешких метала, па и Ni и Cr, био знатно испод дозвољених количина за људску исхрану

3. Закључак и предлог

Докторска дисертација Иване Трајковић, дипл. инж., представља самосталан научни рад из области рекултивације депосола. Тема докторске дисертације је актуелна и значајна за науку и праксу јер значајне површине које данас захватају ови депосли поред слабе продуктивности, представљају и црне еколошке тачке не само у нашој земљи, већ они представљају глобалан еколошки проблем везан за експлоатацију угља површинским коповима. Стога, њихова рекултивација, са успостављањем биљне производње, не

представља само задовољење позитивне законске регулативе, већ и проналажење практичних поступака којим би ови депосли постали продуктивни и омогућили биљну поризводњу која би давала поризводе који имају комерцијалну вредност, а не представљају опасност за људску исхрану. Наиме, овим истраживањима се по први пут у свету уводи винова лоза као рекултивациона култура, која би уз примену одговарајућих ђубрива и бонификатора земљишта дала добре резултате и обезбедила производе (грожђе и вино) који поред присуства тешких метала у депослима, а који се код гајених биљних врста акумулирају у повишеним концентрацијама, били потпуно безбедни са аспекта њихове употребне вредности. Ова дисертација такође указује на практичне поступке који се могу применити при рекултивацији ових депосола, али исто тако упућује на избор азотних ђубрива (нитратна) којим се неће утицати на повећање мобилности тешких метала. Истраживања у овој докторској дисертацији су урађена у складу са планом и програмом предложеним у Пријави.

На основу свега изнетог Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију Иване Трајковић, дипл. инж., под насловом **"Акумулација Ni и Cr у органима винове лозе условљена исхраном азотом при рекултивацији песковитих депосола "** и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета, Универзитета у Београду да прихвати позитивну оцени и омогући кандидату јавну одбрану.

Чланови комисије:

др Владо Личина, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

др Светлана Антић-Младеновић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

др Маја Манојловић, редовни професор
Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет

др Небојша Марковић, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

др Зорица Томић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

Прилог: Рад објављен у часопису који је на SCI листи

Trajković, I., Ličina, V., Antić-Mladenović, S., Wenzel, W. (2014): Hazardous elements speciation in sandy, alkaline coal mine overburden by using different sequential extraction procedures. *Chemical Speciation and Bioavailability*. Vol. 26 (2), pp. 85-91.