

UNIVERZITET CRNE GORE

Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta

PREDMET: Izvještaj komisije o ocjeni master rada „Potencijal bioakumulacije i translokacije teških metala u tkivima vrste *Plantago lanceolata* L. na području Crne Gore” kandidatkinje Teodore Đurović, BSc biologija.

Na CXVII sjednici Vijeća Prirodno-matematičkog fakulteta održanoj 09.07.2024. godine imenovana je Komisija za ocjenu magistarskog rada pod nazivom „Potencijal bioakumulacije i translokacije teških metala u tkivima vrste *Plantago lanceolata* L. na području Crne Gore”, kandidatkinje Teodore Đurović, u sastavu: prof. dr Miljan Bigović (mentor), doc.dr Dragana Petrović (član) i prof. dr Slađana Krivokapić (član). Nakon pregleda master rada, Komisija podnosi sljedeći

IZVJEŠTAJ

Struktura master rada:

Master rad pod nazivom „Potencijal bioakumulacije i translokacije teških metala u tkivima vrste *Plantago lanceolata* L. na području Crne Gore ” napisan je na ukupno 73 stranice. Poglavlja rada su: *Izvod (Abstract)*, *Uvod*, *Ciljevi istraživanja*, *Dosadašnja istraživanja*, *Materijali i metode*, *Rezultati i diskusija*, *Zaključak* i *Literatura*. U radu je predstavljeno: 9 tabela i 34 slike. Poglavlje Literatura sadrži 95 referenci.

Predmet istraživanja i ciljevi rada:

Plantago lanceolata L. (bokvica) je jedna od preko 250 vrsta roda *Plantago*. Veoma je široko rasprostranjena i može se naći pored puteva, na livadama i proplancima sve do 2000 metara nadmorske visine. To je višegodišnja zeljasta biljka. U ovom istraživanju ispitan je sadržaj teških metala (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Ni i Hg) u zemljištu i biljnim organima (korijen i list) iz tri regiona sa područja Crne Gore: južnog, centralnog i sjevernog.

Nakon toga je ispitan i stepen akumulacije teških metala iz zemljišta i translokacije prema nadzemnim djelovima biljke pod pretpostavkom da ispitivana vrsta ima veći afinitet za usvajanje određenih teških metala i shodno tome može imati potencijalni značaj u biomonitoringu kvaliteta stanja određenih staništa kao i u procesu fitoremedijacije. Takođe ispitan je i uticaj teških metala na biohemijske parametre ispitivane vrste, enzimske i neenzimske (glutakol-peroksidaza (GPX), prolin (Pro), hlorofil) kao i uticaj teških metala na antioksidativni potencijal vrste uz pomoć DPPH testa. Odrađena je i korelaciona analiza između sadržaja ispitivanih metala i biohemijskih parametara kao i antioksidativnog potencijala.

Materijali i metode rada:

Za potrebe ovog istraživanja uzorci biljnog materijala i zemljišta su uzeti sa šest lokaliteta u periodu od aprila do juna 2023. godine (Bar, Pljevlja, Kolašin, Herceg Novi, Plavnica i Botun).

Uzorci zemljišta su sušeni na vazduhu, zatim u sušnici dva dana na temperaturi od 75 °C. Potom su osušeni uzorci sitnjeni u ahatnom avanu i prosijani kroz sito < 1,5 mm. Nakon mineralizacije odmjerene mase uzorka pomoću smješe neorganskih kiselina (HCl : HNO₃ (3:1), rastvori su razblaženi 2M HNO₃, do konačne zapremine od 100 cm³.

Uzorci biljnog materijala su najprije isprani vodom sa gradskog vodovoda, zatim dejonizovanom vodom i lagano osušeni papirnim ubrusom. Odvojeni su biljni dijelovi: korijen i list. Zatim je dio sušen na sobnoj temperaturi, a dio biljnog materijala spakovan u plastične kutije i zamznut.

Biljni uzorci su pripremljeni za analizu suvim spaljivanjem najprije u lončiću na rešou do momenta kada je sav materijal prešao u pepeo, a zatim u žarnoj peći pet sati na temperaturi od 550 °C. Ugljenisani biljni materijal je prenešen sa 2M HCl u normalni sud od 50 cm³.

Svi uzorci zemljišta i biljnog materijala pripremani su u tripletu i razmatrana je njihova srednja vrijednost. Određivanje sadržaja teških metala (Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Pb, Zn, Hg) vršeno je primjenom optičke emisije spektrofotometrije sa induktivno spregnutom plazmom (ICP-OES) na aparatu proizvođača Spectro Arcos. Pored sadržaja ispitivanih teških metala u zemljištu određene su i vrijednosti: Faktora kontaminacije (CF) prema Muller (1981) i Indeksa opterećenja zagađenjem (Pollution Load Index, PLI) prema Tomlinson (1980). Biokoncentracioni (BCF) i translokacioni faktor (TF) određeni su prema Stolz & Grger (2002). Određivanje biohemijskih parametara u uzorcima biljne vrste obuhvatilo je: sprektofotometrijsko određivanje aktivnosti

gvajakol – peroksidaze (GPx) prema Zhang *et al.* (2005), određivanje sadržaja slobodnog prolina (Pro) prema Bates *et al.* (1973) Antioksidativna aktivnost lista koprive procijenjena je primjenom DPPH testa, metodom po Iliev *et al.* (2013). Statističku obradu dobijenih podataka izvršena je upotrebom programa Statistica 10 i Origin.

Rezultati rada:

Na osnovu ekofizioloških i biohemijskih istraživanja vrste *Plantago lanceolata* L., kao i fizičko-hemijskih parametara zemljišta na šest lokaliteta sa područja Crne Gore u periodu od aprila do juna 2023. godine, dobijeni rezultati su pokazali da se koncentracija svih ispitivanih metala u pojedinim organima *Plantago lanceolata* L. značajno razlikuje od njihove koncentracije u zemljišu. Koncentracija ispitivanih metala u biljnim organima *Plantago lanceolata* L. bilježi maksimalne vrijednosti u korijenu (uz izuzetak olova, čije su maksimalne koncentracije zabilježene u nadzemnom dijelu).

Visoke vrijednosti biokoncentracionog faktora (BCF) *Plantago lanceolata* L. nađene su za kadmijum, bakar i cink. Vrijednosti translokacionog faktora ukazuju na visoku mobilnost između korijena i nadzemnog dijela, naročito za nikel.

Enzim gvajakol-peroksidaza (GPX) u odnosu na ostale biohemijske parametre pokazuje pravilan trend rasta na lokalitetima gdje su registrovane visoke koncentracije teških metala. Većim sadržajem enzima gvajakol-peroksidaze (GPX) odlikuje se korijen ispitivane vrste. Najveća koncentracija enzima gvajakol-peroksidaza (GPX) registrovana je na lokaciji Kolašin koji inače važi za najzagđeniji među ispitivanim lokalitetima.

Sadržaj metala u zemljištu je relativno nizak. Najveće koncentracije su nađene za gvožđe, mangan i cink, a najmanje za živu i kadmijum. Maksimalne koncentracije gotovo svih ispitanih metala registrovane su na lokaciji Herceg Novi. Sadržaj ispitivanih metala u zemljištu opada sljedećim redoslijedom: Fe > Mn > Zn > Cr > Ni > Co > Cu > Cd > Hg.

Vrijednosti faktora kontaminacije (CF) ukazuju na nisku kontaminaciju metalom na svim ispitanim lokalitetima za bakar.

Indeks opterećenja zagađenjem kreće se u rasponu od 1.3 (Bar) do 6.2 (Kolašin) i ukazuje na umjereno do progresivno narušavanje kvaliteta zemljišta na svim ispitanim lokalitetima.

Koncentracija svih ispitanih metala u pojedinim organima *Plantago lanceolata* L. značajno se razlikuje od njihove koncentracije u zemljištu. Vrijednosti ovih koncentracija opadaju sljedećim redoslijedom : zemljište > korijen > list. Maksimalne vrijednosti registrovane su za sljedeće metale Fe, Zn i Mn a minimalne za Hg, Cd i Pb. Najveće koncentracije metala detektovane su na lokacijama Pljevlja, Kolašin i Herceg Novi, što je posljedica većeg antropogenog zagađenja mjesta uzorkovanja. Minimalne koncentracije teških metale registrovane su na lokaciji Bar jer je lokacija uzorkovanja izolovana od saobraćajnica i ostalog antropogenog zagađenja.

Ispitivanjem sadržaja metala u korijenu i nadzemnom dijelu vrste *Plantago lanceolata* L. ukazuju da vrsta posjeduje veliki potencijal u pogledu akumulacije metala i da može da ima značaja u biomonitoringu.

Analiza biokoncentracione sposobnosti (BCF), vrste *Plantago lanceolata* L. pokazuje da BCF korijen/ zemljište ima najveće vrijednosti za Cd, Cu i Zn, dok najmanje za Fe, Mn. . Njaviše akumuliran metal iz zemljišta je Cd, a najmanje Fe.

Translokacioni faktor opada sljedećim redoslijedom: : Ni > Cr > Mn > Cu > Zn > Fe > Cd > Co > Pb > Hg. Najveća translokaciona sposobnost registrovana je za Ni.

Analiza dobijenih vrijednosti enzima gvajakol-peroksidaze (GPX) ukazuje na pravilan trend trasta njene aktivnosti zajedno sa rastom koncentracije teških metala. Tako najveća aktivnost gvajakol-peroksidaze (GPX) registrovana je na lokaciji Kolašin, koja je inače po koncentraciji metala najzagađeniji lokalitet od svih ispitivanih.

Veći sadržaj prolina registrovan je u nadzemnim djelovima izuzev lokaliteta Botun, gdje je veći sadržaj registrovan u korijenu ispitivane vrste. Analize su takođe pokazale da saržaj prolina na većini istraživanih lokaliteta nije pratio rast koncentracije ispitivanih metala.

Korelaciona analiza pokazala je postojanje statistički značajnih pozitivnih korelacija između aktivnosti enzima gvajakol-peroksidaze(GPx) i sadržaja Cd, Zn i Pb u listu i korijenu ispitivane vrste, što sugerije da kada je u pitanju vrsta *Plantago lanceolata* L.enzim gvajakol.peroksidaza (GPx) može poslužiti kao biohemijski pokazatelj stepena kontaminacije zemljišta koje se nalazi pod neposrednim uticajem teških metala.

Zaključak i predlog komisije

Nakon pregledanog master rada i analize predstavljenih rezultata, Komisija konstatuje da master rad Teodore Đurović pod nazivom „**Potencijal bioakumulacije i translokacije teških metala u tkivima vrste *Plantago lanceolata* L. na području Crne Gore**” zadovoljava sve kriterijume naučno-istraživačkog rada. Master rad je dobro struktuiran, tema rada je naučno zasnovana i aktuelna, a ciljevi su jasno definisani.

Na osnovu gore navedenog, Komisija predlaže Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da master rad kandidatkinje Teodore Đurović pod nazivom „**Potencijal bioakumulacije i translokacije teških metala u tkivima vrste *Plantago lanceolata* L. na području Crne Gore**” prihvati i omogući dalju proceduru, odnosno javnu usmenu odbranu.

Podgorica, 2024.

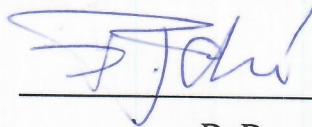
KOMISIJA



Dr Miljan Bigović,
vanredni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta - mentor



Dr Slađana Krivikapić,
redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta - član



Dr Dragana Petrović,
docent Prirodno-matematičkog fakulteta - član