

Снежана Белановић  
Милан Кнежевић  
Богих Миличић  
Мирољуб Ђоровић

UDK: 630\*114.5+6  
Оригинални научни рад

## ОДНОС ТЕШКИХ МЕТАЛА И МИКРОФЛОРЕ У НЕКИМ ЗЕМЉИШТИМА СТАРЕ ПЛАНИНЕ

**Извод:** У раду су приказани садржаји тешких метала (Cu, Zn, Ni, Cr и Pb) у земљиштима под шумским и травном вегетацијом на Старој Планини, локалитету Јавор. Микробиолошким анализом испитиваних земљишта утврђен је укупан број микроорганизама, актиноциста и гљивица, као и појединих физиолошких група микроорганизама значајних за разлагање органских материја и њихову трансформацију у земљишту - асимбиотских фиксатора азота (*Azotobacter* spp, *Clostridium* spp), амонификатора, целулозатора и нитрификатора.

**Кључне речи:** земљиште, шума, пашњак, тешки метали, микроорганизми

### CONTENTS OF HEAVY METALS AND MICRO-FLORA IN SOME SOILS OF MT. STARA PLANINA

**Abstract:** This paper presents the contents of heavy metals (Cu, Zn, Ni, Cr and Pb) under forest and grass cover (pasture) in studied soils of Mt. Stara Planina, locality Javor. Microbiological analysis includes the total contents of microorganisms, actinomycetes and fungi, as well as the content of physiological groups of microorganisms important for the decomposition and transformation of organic matter.

**Key words:** soil, forest, pasture, heavy metals, microorganisms

## 1. УВОД

Тешки метали су присутни у траговима и у незагађеним земљиштима, као резултат распадања матичног супстрата. Микроелементи, иако корисни у малим

*др Снежана Белановић, асистент, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд*  
*др Милан Кнежевић, ред. професор, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд*  
*др Богих Миличић, виши научни сарадник, Институт за земљиште, Београд*  
*др Мирољуб Ђоровић, ред. професор, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд*

количинама, постају штетни уколико земљиште садржи приступачне форме ових елемената у високим концентрацијама. Природне концентрације једног или више елемената, под утицајем антропогеног фактора и даљинског транспорта полутаната, могу се значајно повећати, тако да у појединим фазама деловања могу премашити критичне или токсичне концентрације за одређени екосистем или поједине његове компоненте (Кадовић, Кнежевић, 2002). Земљиште је један од најповољнијих средина за развој микроорганизама. Бројност и квалитативни састав земљишних микроорганизама зависи од количине и карактера органске материје у земљишту хемијске реакције и хидротермичких услова средине. Утицај тешких метала на микрофлору одражава се на интензитет микробиолошких процеса у земљишту (разлагање стеље, минерализацију једињења угљеника, трансформацију азота, ензимске активности, микоризу и раст биљака) и микробиолошку популацију.

Микрорганзми показују изванредан степен толеранције и адаптивности на тешке метале. У земљиштима загађеним тешким металима, за преживљавање неких биљака веома је значајно присуство микоризних гљива. Међу микоризним гљивама велику толерантност према већим концентрацијама тешких метала у земљишту показују гљиве из родова: *Amanita*, *Boletus*, *Laccaria*, *Paxillus*, *Suillus* и *Telephora*. (Кадовић, Кнежевић, 2002). Вәäth (1989) констатује да микоризне гљиве умањују штетан утицај тешких метала (Cd, Ni и Pb) на раст *Quercus rubra*. Такође, Dueck (Вәäth, 1989) наводи да је присуство микориза знатно повећава принос биомасе трава на загађеним земљиштима цинком. У овом раду су приказани садржаји тешких метала (Cu, Zn, Ni, Cr и Pb) у земљиштима под шумским и травним заједницама, као и утицај појединих земљишних својстава и начина коришћења земљишног простора према укупној бројности микроорганизама.

## 2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД

На Старој Планини, локалитет Јавор ( $N=43^{\circ}14'24,7''$ ,  $E=22^{\circ}51'36,8''$  надморска висина од  $1288\pm 6$  m), у оквиру Г.Ј. „Широке Луке“, обављена су проучавања два типа земљишта која се налазе под шумским и травним вегетационим покривачем. На обе површине отворена су по два педолошка профила, а узорци земљишта су узети по фиксним дубинама 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm и 20-40 cm. Поред проучавања основних физичких и хемијских својстава земљишта (Хемијске методе испитивања земљишта, књига 1, ЈДПЗ, 1966, Методе истраживања и одређивања физичких својстава земљишта, ЈДПЗ, 1997), извршена су и интензивна проучавања укупних садржаја тешких метала, а у слоју 0-30 cm и микробиолошке анализе. Садржај тешких метала у земљишту је одређен методом атомске апсорпционе спектрофотометрије, апаратом „Varian AA-10“. Конзервација и припрема узорака за „псеудо“ укупан садржај Cu, Zn, Ni, Cr, и Pb урађена је према УНЕП-УН/ЕЦЕ Method 9190SH (земљиште је третирано мешавином концентроване HCl, HNO<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> у односу 3:1:2).

Микробиолошке анализе земљишта одређене су методом разређења: (10-1-10-5) засејавањем одређене количине разређења суспензије земљишта на чврсте или течне хранљиве подлоге. Укупан број микроорганизама одређен је на агаризованом екстракту земљишта; актиномиците на синтетичком агару по Красиљникову; гљивице на Чапековом агару (Чапек); амонификатори на месопептонском агару; слободни азотофиксатори на подлози Фјодорова; целулолизатори на Waksman-Colegeu подлози и нитрификатори (нитритне бактерије) на подлози Winogradsky (Говдарица, Јарак, 1996).

### 3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

На основу морфолошких, физичких и хемијских својстава земљишта, према класификацији Шкорића и сарадника (1985), дефинисане су следеће систематске јединице:

1. дистрично хумусно-силикатно земљиште, варијетет литичан на хлоритско-серицијским шкриљцима (профили 7 и 8), под травном заједницом;
2. дистрично смеђе земљиште, типично на хлоритско-серицијским шкриљцима и филитима (профили 9 и 11) у шуми букве (табела 1).

Дистрично хумусно-силикатно земљиште, варијетет литичан (профили 7 и 8), према односу гранулометријских фракција припада класи пршкасте иловаче до иловаче. Хемијске особине су карактерисане јако киселом и киселом реакцијом, рН-вредност у води се креће 4,72-4,85 у профили 8, а у профили 7, рН у води 5,02-5,10. Садржај хумуса у површинском слоју је висок, а степен опадања хумуса уједначен са дубином. Однос C:N је узак.

Типично кисело смеђе земљиште, према текстурном саставу припада класи иловаче. Реакција је јако кисела (4,57-5,24 рН у води). Обезбеђеност хумусом је добра. Поред високог садржаја хумуса у А-хоризонту, и камбични хоризонт је, такође, богат хумусом. Обезбеђеност азотом је добра.

Измерени садржаји Cu, Ni и Cr већи су у шумском земљишту, док су концентрације Zn и Pb веће на пашњачким површинама (табела 1).

У земљишту под травном заједницом концентрације мерених елемената крећу се: Cu 27-31  $mg \cdot kg^{-1}$ , Ni 14,5-20  $mg \cdot kg^{-1}$ , Cr 20-37  $mg \cdot kg^{-1}$ , Zn 111,5-128,5  $mg \cdot kg^{-1}$ , Pb 16,0-46  $mg \cdot kg^{-1}$ , а у шумском земљишту: Cu 33-78,5  $mg \cdot kg^{-1}$ , Ni 32,99-48,99  $mg \cdot kg^{-1}$ , Cr 32,5-38  $mg \cdot kg^{-1}$ , Zn 76,98-114,49  $mg \cdot kg^{-1}$ , Pb 18,50-34,49  $mg \cdot kg^{-1}$ . Највећи садржаји Pb измерени су профили 8 под травном заједницом, у слоју 0-5 cm у износу од 46  $mg \cdot kg^{-1}$ .

Садржаји тешких метала у проучаваним земљиштима поређени су у односу на максимално прихватљиве концентрације (МПЦ), које према Кадовићу и Кнежевићу (2002), за шумске екосистеме Србије у минералним слојевима земљишта износе: 39,8  $mg \cdot kg^{-1}$  за Pb, 16,98  $mg \cdot kg^{-1}$  за Cu и 44,69  $mg \cdot kg^{-1}$  за Zn.

**Табела 1.** Хемијска својства, садржаји тешких метала и текстура у проучаваним земљиштима  
**Table 1.** Chemical properties, soil texture and content of heavy metals in studied soils

**Табела 2.** Микробиолошке карактеристике испитиваних земљишта (број микроба у граму земљишта)  
**Table 2.** Microbiological characteristics of studied microorganisms in the study soil (№ in gram of soil)

\* MNP - Most Probable Number

Измерени садржаји Pb су нижи и у односу на МПЦ сем у слоју 0-10 *cm* профила 8, где су концентрације нешто веће. У случају Zn и Cu, садржаји у свим проучаваним земљиштима већи су од МПЦ. Међутим, Белановић и сарадници (2003) наводе да земљишта са проучаваног локалитета иако садрже Zn у већој концентрацији у односу на МПЦ, као и Pb у неким земљишним слојевима, имају низак индекс приступачности.

Измерене концентрације поређене су и у односу на критична ограничења, која важе у земљама Европске уније, а која су сагласна концепту обезбеђења мултифункционалног коришћења земљишта, према de Vries-у и Bakker-у (1998), а изражене у  $mg \cdot kg^{-1}$ , крећу се у следећим границама: за Pb 25-100, за Cu 30-70, за Zn 50-200, за Ni 10-85, за Cr 20-130  $mg \cdot kg^{-1}$ . Такође, Witter (1992, према de Vries, Bakker, 1996) наводи критичне концентрације ( $mg \cdot kg^{-1}$ ) у земљишту за микробиоту у односу на различите ефекте и то за: хумусни слој Pb 500, Cu 20, Zn 300, Cr 30, а минерални слој Cu 60, Zn 170 и Ni 95  $mg \cdot kg^{-1}$ . Ове критичне вредности изведене су из такозваних најнижих осматраних ефеката (LOEC) у пољским и лабораторијским условима.

У проучаваним земљиштима измерене концентрације тешких метала су, према de Vries-у и Bakker-у (1998), ниже од горње границе критичних ограничења за мултифункционално коришћење земљишта и ниже су од критичних за микробиоту (Witter, према de Vries, Bakker, 1996) у минералним слојевима (табела 1).

Наведене критичне вредности за микробиоту веће су од МПЦ за подручје Србије. Караџић (2002), наводи да често нису констатовани негативни ефекти утицаја тешких метала на микробиолошке процесе у земљишту (Кадовић, Кнежевић, 2002). Ово се објашњава тиме да је утврђена концентрација у неком земљишту сувише ниска да би утицала на активност микроорганизама, како у незагађеним тако и у загађеним условима. Земљиште, као природно станиште представља хетероген динамичан систем у коме се одвијају различити процеси физичке, хемијске и биолошке природе. Динамика ових процеса условљена је у знатној мери присуством и активношћу различитих микроорганизама у сложеној асоцијацији у којој су успостављени различити међусобни односи и утицаји. Према томе, микроорганизми имају значајну улогу у генези и одржавању земљишта као и живог света у педосфери. Бројност и састав микрофлоре земљишта у појединим типовима земљишта зависи од текстуре земљишта, садржаја органске материје, влажности, рН земљишта, и низа других абиотичких и биотичких фактора.

Одређене групе и врсте микроорганизама у различитим типовима земљишта могу послужити као индикатори еколошких услова и његове биогености зависно од присуства и природе органске материје у земљишту, као и низа абиотичких и биотичких фактора који узрокују велике разлике у заступљености појединих врста микроорганизама.

У микрофлори земљишта најзаступљеније су бактерије, актиномицете и гљиве, а главна маса микроорганизама налази се на дубини од 10-30 *cm* земљишног

профила (Тодоровић *et al.*, 1985). Микробиолошке анализе проучаваних земљишта приказане су у табели 2.

Укупна количина микроорганизама представља 1-2% од укупне масе органске материје у земљишту, а број организама креће се до неколико десетина милиона у граму земљишта (Ћирић, 1986). У оба проучавана типа земљишта укупан број микроорганизама варира од  $4 \cdot 21 \cdot 10^5$ . Већа бројност микроорганизама у профилима 9 и 8, последица је већег садржаја хумуса и ширег односа C/N у овим профилима у односу на друге у истим микроклиматским условима. Број актиноциета највећи је у профилима 8, где је на дубини 10-20 cm садржај хумуса 11,04% а однос C/N 10,1, док се у осталим профилима на истој дубини садржај хумуса креће се од 2,54-8% а однос C/N 9-7,9. Њихова мала бројност у шумским земљиштима се објашњава њиховом слабом толеранцијом према киселости и карактеристичном размножавању у каснијој фази разлагања биљних остатака.

Гљивице су хетеротрофни ацидофилни микроорганизми са веома развијеним ензиматским системом и играју значајну улогу у свим биолошким трансформацијама у земљишту. Укупна бројност гљивица се у пашњачким земљиштима креће у великом распону од  $1,00-13,33 \cdot 10^4$  док је код шумских тај број уједначенија  $4-5 \cdot 10^4$ , што је, вероватно, последица утицаја микроклиме шуме. Највећа бројност гљивица утврђена је у профилима 8, где је рН-вредност нижа у односу на профил 7. Њихова бројност је у негативној корелацији са рН-вредности земљишта (профил 8).

*Azotobacter* spp. (аеробни индикатор плодности земљишта) није нађен ни у једном узорку, што је уобичајено за високопланинске услове дистричних земљишта. Међутим, анаеробни азотофиксатор *Clostridium* spp. је подједнако заступљен у профилима 9, 11 и 7 док је његова бројност десет пута већа у узорку профила 8.

Амонификатори обухватају велику групу бактерија, гљива и актиноциета који трансформишу протеине и друга органска једињења до једињења амонијака, а њихова бројност је више пута већа у шумским земљиштима, у односу на пашњак.

Разлагање целулозе изазивају бактерије и гљиве, тзв. целулолизатори, што је од значаја за разлагање биљних остатака, јер се велики део биљних остатака састоји од целулозе. Хумус представља комплекс једињења различите сложености која су отпорна на дејство микроорганизама (изузетак су фулво киселине), тако да у испитиваним узорцима није нађено присуство целулолизатора, осим њихове мале бројности у профилима 8, где је садржај азота највећи.

Нитрификатори представљају групу микроорганизама који врше оксидацију  $\text{NH}_4^+$  до  $\text{NO}_2^-$  (нитритних једињења). Активност ових микроорганизама условљена је енергијом мобилизационих процеса у земљишту. Процесом разградње органских остатака издваја се амонијак који је енергетски и хранљиви супстрат за нитрификаторе. Бројност нитрификатора и на пашњаку и у шуми варира је у малом опсегу што је условљено смањењем енергије нитрификационих процеса са повећањем надморске висине.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

На Старој Планини, локалитет Јавор на надморској висини од  $1288 \pm 6$  m, вршена су проучавања два типа земљишта и то: дистричног хумусно-силикатног литичног земљишта на хлоритско-серицијским шкриљцима (профили 7 и 8), под травном заједницом, и типичног дистричног смеђег земљишта, на хлоритско-серицијским шкриљцима и филитима (профили 9 и 11) у шуми. На обе површине отворена су по два педолошка профила, а узорци земљишта су узети по фиксним дубинама 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm и 20-40 cm, у циљу одређивања присуства тешких метала, и у слоју 0-30 cm за одређивање присутних микроорганизама.

Већи садржаји Cu, Ni и Cr измерени су у шумском земљишту, док су веће концентрације Zn и Pb у земљишту под пашњаком. Измерени садржаји су нижи и у односу на МПЦ (Кадовић, Кнежевић, 2002), сем у случају садржаја Pb у слоју 0-10 cm и садржаја Zn и Cu, који су у свим слојевима већи од МПЦ. Измерене концентрације тешких метала у проучаваним земљиштима су према de Vries-у и Bakker-у (1998), ниже од горње границе критичних ограничења за мултифункционално коришћење земљишта. Такође, измерени садржаји тешким метала нижи су од критичних за микробиоту Witter (1992, према de Vries, Bakker, 1996), што указује да тешки метали нису значајно утицали на бројност микроорганизама. Међутим, реакција земљишта и садржај хумуса значајно се одражавају на заступљеност и бројност појединих група микроорганизама.

Поред утицаја особина земљишта на бројност микроорганизама утицали су и микроклиматским условима шуме и пашњака. Ова истраживања представљају основу за даља праћења утицаја тешких метала на састав и активност микроорганизама у земљиштима шумских и пашњачких екосистема Старе Планине.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Bäåth E. (1989): *Effects of Heavy Metals in Soil on Microbial Processes and Populations (a review)*, Water, Air and Soil Pollution 47 (335-379)
- Белановић С., Кнежевић М., Кадовић Р., Кошанин О. (2003): *Ситатиус ацидификације и тешки метали у дистричним земљиштима Старе Планине*, Шумарство 3-4, СИТШИПДС, Београд (31-40)
- Говедарица М., Јарак М. (1996): *Практикум из микробиологије*, Пољопривредни факултет, Нови Сад
- De Vries W., Bakker D.J. (1996): *Manual for calculating critical loads of heavy metals for soils and surface waters*, Preliminary guidelines for critical limits, calculation methods and input data, Report 114, DLO Winand Staring Centre, Wageningen (173)
- De Vries W., Bakker D.J. (1998): *Manual for calculating critical loads of heavy metals for terrestrial ecosystems*, Guidelines for critical limits, calculation methods and input data, Report 166, DLO Winand Staring Centre, Wageningen (144)



- Кадовић Р., Кнежевић М. (2002): *Тешки метали у шумским екосистемима Србије*, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Министарство за заштиту природних богатстава и животне средине Р. Србије, Београд (278)
- Тодоровић М., Симић Д., Стојановић М. (1985): *Микробиологија са праксикумом*, Научна књига, Београд (180-184)
- Ћирић М. (1986): *Педологија*, Свјетлост, Сарајево
- Шкорић А., Филиповски Г., Ћирић М. (1985): *Класификација земљишта Југославије*, АН БиХ, књига LXXVIII, Сарајево

Snežana Belanović  
Milan Knežević  
Miličić B.  
Miroljub Đorović

## CONTENTS OF HEAVY METALS AND MICRO-FLORA IN SOME SOILS OF MT. STARA PLANINA

### Summary

The basic aim of this paper is to present some of the results of the soil quality research in respect to the content of heavy metals (Cu, Zn, Ni, Cr and Pb) and in respect to the presence of microorganisms important for decomposition and transformation of organic matter in soils.

Study location was Javor on Mt. Stara Planina, at the altitude of 1288 m above the sea level, under grass cover (dystric humus-siliceous, lithic soil, profiles № 7 and № 8), and under forest cover, beech stand (acid brown soil, typical, profiles № 9 and № 11).

The evaluated concentrations of heavy metals in studied soils are mainly under critical values (de Vries, Backker, 1998) and under the maximal permissible concentration for the forest soils in Serbia (Kadović, Knežević, 2002), except the contents of Zn and Cu, whose concentration was above the MPC.

In forest soils, the concentrations of Cu, Ni and Cr are higher than in the grassland soil, but the concentration of Zn was found to be higher in the soil under grass cover than under forest.

The largest number of actinomycetes, fungi and *Clostridium* spp. was found in the soil sample under grass cover (profile № 8), probably as the consequence of a higher content of humus, while ammonifiers in forest soil outnumber those in the soil under pasture.

Obviously, the different activity of studied microbes varies with soil pH, content of humus and nitrogen, as well as with microclimatic differences under forest and in the relatively open space of pastures.