

AGROHEMIJSKE I MIKROBIOLOŠKE OSOBINE POŠUMLJENIH DEPOSOLA RUDARSKOG BASENA „KOLUBARA“

NATAŠA RASULIĆ¹, DUŠICA DELIĆ¹, SLOBODAN KUZMANOVIĆ², DRAGANA JOŠIĆ,
DORDE KUZMANOVIĆ¹, SRDAN ANDELOVIĆ³, OLIVERA STAJKOVIĆ-SRBINOVIĆ¹

¹Institut za zemljište, Beograd

²Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Beograd

³Delta Agrar doo Beograd, Serbia

REZIME

Zbog nepovoljne konfiguracije terena, na većini trajno odloženih zemljišta (deposola) rudarskog basena „Kolubara“ rekultivacija je izvedena pošumljavanjem. Izvršeno je ispitivanje osnovnih agrohemijjskih osobina, kao i kvantitativne zastupljenosti pojedinih grupa mikroorganizama u deposolima različite starosti i pod različitim šumskim kulturama. Ispitivani deposoli su pokazali povoljniji pH od kontrolnog zemljišta, niži sadržaj humusa, ukupnog N i lako pristupačnog K₂O, a viši sadržaj lako pristupačnog P₂O₅. Opšta biogenost je bila zadovoljavajuća, s tim što je zastupljenost ukupne mikroflora, gljivica i bakterija iz roda *Clostridium* bila manja nego kod kontrolnog zemljišta, dok je zastupljenost ostalih fizioloških grupa mikroorganizama bila znatno veća.

Ključne reči: biogenost, deposoli, pošumljavanje, rekultivacija

UVOD

Površinska eksploatacija mineralnih sirovina se sve više primenjuje u svetu, a pogotovo u eksploataciji uglja koji predstavlja pogonsko gorivo za rad termoelektrana i dobijanje električne energije. Tehnologija površinske eksploatacije je specifična i zahteva uklanjanje pedosfere i matičnog supstrata sve do slojeva uglja. Materijal koji se mora ukloniti, tzv. „otkrivka“ ili „jalovina“ je često debljine i do 200m. Njenim deponovanjem nastaju zemljišne tvorevine nazvane deposoli ili tehnogena zemljišta (Antonović, 1980) koji predstavljaju posebnu grupu u okviru postojeće sistematike zemljišta.

Rudnik lignita „Kolubara“ je započeo otkopavanje uglja površinskom eksploatacijom 1957. godine i od samog početka pristupio rekultivaciji novonastalih supstrata, odnosno njihovom privođenju kulturi. Postoje tri kategorije rekultivacije: autorekultivacija-bez intervencije čoveka, rekultivacija pošumljavanjem i potpuna, odnosno poljoprivredna rekultivacija (Resulović, 1984). Tako je 1958. godi-

ne pošumljeno 110 ha deposola kulturom bagrema (Kotlajić, 1979). Do danas je rekultivacija izvršena na 1200 ha deposola, od čega se, zbog nepovoljne konfiguracije terena, 875 ha nalazi pod šumom, a svega 375 ha pod poljoprivrednim kulturama (Trbojević i sar., 1990). U toku rekultivacije pošumljavanjem se postiže povećan priliv organske materije u sterilan supstrat jalovine, a samim tim ubrzano oživljavanje supstrata i pokretanje pedoloških procesa. Pored toga, šume u procesu fotosinteze stvaraju velike količine kiseonika koji je neophodan svuda gde je prisutno aerozagađenje.

Za pošumljavanje deposola su korišćene sledeće kulture: bagrem, topola, ariš, jasen, hrast, jova, lipa, duglazija, javor, breza, brest, crni i beli bor.

Na svim površinama su pre početka izvođenja biološke rekultivacije izvršena detaljna fizička, hemijska i mikrobiološka ispitivanja odloženih materijala. Na osnovu hemijskih analiza, istaknut je izraženi nedostatak organske materije, a s tim u vezi i ukupnog azota. Asimilativnog fosfora bilo je samo u tragovima, dok su vrednosti za lako pristupačan ka-

lijum bile promenljive (Antonović i sar., 1984). Sveže odloženi supstrati su bili vrlo male biogenosti (Marković et Veselinović, 1979). Pojavom vegetacije se povećala i brojnost mikroorganizama, odnosno opšta biogenost je rasla (Bogdanović et Kotlajić, 1985). Navedena ispitivanja se i dalje obavljaju u kontinuitetu da bi se ocenio trend stvaranja zemljišta. U tom cilju su u Institutu za zemljište u Beogradu izvršena terenska i laboratorijska ispitivanja agrohemijskih i mikrobioloških osobina deposola rudnika lignita „Kolubara“ pod različitim šumskim kulturama.

MATERIJAL I METODE

Brojnost i enzimatska aktivnost mikroorganizama su najveći u površinskom sloju zemljišta, zbog čega su uzorci zemljišta sa odabranih 19 lokaliteta za agrohemijske i mikrobiološke analize uzeti aseptično sa dubine od 0–25cm.

Za ocenu agrohemijskih osobina deposola određeni su sledeći parametri: pH, odnosno kiselost – potenciometrijskim postupkom; sadržaj humusa – metodom po Kotzmann-u; ukupan azot – metodom po Kjeldahl-u; lako pristupačni fosfor i kalijum Al-metodom Enger-Richm-a

Za ocenu biogenosti određena je kvantitativna zastupljenost sledećih grupa mikroorganizama: ukupna mikroflora na agarizovanom zemljišnom ekstraktu; gljivice na Čapekovom agaru; aktinomicete na sintetičkom agaru sa saharozom po Krasilnjikovu; amonifikatori na tečnoj podlozi sa asparaginom kao izvorom azota; *Azotobacter* spp. metodom fertilnih kapi na bezazotnoj podlozi po Fjodorovu; *Clostridium* spp. metodom nakupljanja u tečnoj podlozi sa rastvorom Vinogradskog; celulolizatori na podlozi Waksman-Carey; nitrifikatori na tečnoj mineralnoj podlozi sa rastvorom Vinogradskog. Brojnost mikroorganizama je utvrđena standardnim mikrobiološkim metodama zasejavanja određene količine suspenzije zemljišta na odgovarajuće hranljive podloge korišćenjem decimalnih razređenja (10^{-1} – 10^{-8}), (Pochon et Tardieux, 1962). Broj mikroorganizama je izražen na gram apsolutno suvog zemljišta.

Pošto je rudarski basen „Kolubara“ lociran u zoni rasprostiranja pseudogleja, rezultati izvršenih analiza su poređeni sa ovim tipom zemljišta kao kontrolom.

REZULTATI I DISKUSIJA

U Tabeli 1 su prikazani rezultati agrohemijskih analiza uzoraka deposola pod različitim šumskim kulturama. Utvrđeno je da su fizič-

ko-hemijske karakteristike zemljišta najvažnije svojstvo koje utiče na broj i aktivnost mikroorganizama, (Milošević i sar., 1997, Marinković i sar., 2007). Na osnovu pH vidimo da su ispitivani deposoli uglavnom slabo kisele reakcije, što znači da imaju povoljniji pH od kontrolnog zemljišta koje je kisele reakcije. Naime, vrednost pH zemljišta direktno utiče na mobilnost hranljivih elemenata, tj. uslovljava njihovu pristupačnost za biljke, ali isto tako uslovljava sastav mikrobne populacije zemljišta, (Tintor i sar., 2009).

Sadržaj humusa u ispitivanim deposolima je u najvećem broju uzoraka bio nizak, kao i nivo ukupnog azota koji je u korelaciji sa procentom humusa.

Nivo lako pristupačnog fosfora je uglavnom bio viši u poređenju sa kontrolnim zemljištem što se može dovesti u vezu sa boljom rastvorljivošću soli fosforne kiseline u uslovima slabo kisele i neutralne reakcije (Popović, 1989).

Obezbeđenost lako pristupačnim kalijumom je bila srednja i u većini slučajeva niža nego u kontrolnom zemljištu.

Na osnovu dobijenih rezultata prikazanih u Tabeli 2, može se reći da je brojnost ukupne mikroflora kod ispitivanih deposola uglavnom niža u poređenju sa pseudoglejem, što je verovatno uslovljeno nižim sadržajem organske materije. Izuzetak predstavljaju uzorci 2, 8, 9, 13 i 14 i 18 kod kojih je zabeležen i nešto veći sadržaj humusa.

Zastupljenost aktinomiceta je, usled povoljnijeg pH, znatno veća nego kod kontrolnog zemljišta što ukazuje na jače procese mineralizacije organske materije.

Gljivice kao acidofilni mikroorganizmi su slabije zastupljene u deposolima nego u pseudogleju koji, usled veće kiselosti, pruža povoljnije uslove za njihov razvoj.

Amonifikatori, kao korisnici organskog azota i razlagači proteina, su jedna od najzastupljenijih grupa mikroorganizama u zemljištu, (Bogdanović, 1990). Brojnost amonifikatora u deposolima je bila višestruko veća nego kod kontrolnog zemljišta.

Kod većine ispitivanih deposola konstatovane su bakterije roda *Azotobacter*, za razliku od kontrolnog zemljišta kod kojeg uopšte nije zabeleženo njihovo prisustvo, verovatno usled nepovoljne reakcije za razvoj ovih najznačajnijih asocijativnih azotofiksatora i male snabdevenosti zemljišta fosforom (Milošević, 2008).

Zastupljenost bakterija roda *Clostridium* u deposolima je uglavnom niža u odnosu na pseudoglej koji spada u teška i slabo aerisana zemljišta, pa samim tim pruža povoljne uslove za razvoj ovog

anaerobnog mikroorganizma.

Brojnost celulozatora je višestruko veća nego u kontrolnom zemljištu, pa se može zaključiti da se razlaganje biljnih ostataka u deposalima odvija intenzivnije nego u prirodnom zemljištu.

Što se tiče nitrifikatora, vidimo da su nitritne

bakterije u deposalima zastupljene u istom ili većem broju nego u pseudogleju, što se ne može reći za predstavnike druge faze nitrifikacije. Na osnovu iznetog, može se zaključiti da se većina korisnih mikrobioloških procesa intenzivnije odvija u deposalima nego u prirodnom, neporemećenom zemljištu.

Tabela 1. Agrohemijske osobine ispitivanih deposola.
Table 1. Agrochemical properties of tested deposols.

Lokalitet Location	Kultura Culture	pH	Humus %	Ukupni N % Total N	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g
1	Crni bor Pine	5,50	1,48	0,10	8,2	15,4
2	Crni bor Pine	6,60	2,97	0,10	2,4	16,6
3	Jova Alder	6,40	1,06	0,10	6,9	18,4
4	Jova Alder	6,10	2,06	0,10	7,5	23,0
5	Jova Alder	6,65	2,06	0,10	8,8	18,4
6	Lipa Lime	6,05	2,11	0,15	6,4	10,8
7	Jova Alder	5,80	1,06	0,15	1,2	9,6
8	Jova Alder	6,10	2,49	0,07	2,0	6,2
9	Duglazija Douglas fir	6,00	2,63	0,08	1,8	20,0
10	Lipa Lime	5,90	1,12	0,06	2,5	15,2
11	Jova Alder	6,80	1,11	0,05	4,7	22,2
12	Jova Alder	5,90	1,41	0,07	10,4	24,8
13	Jova Alder	6,50	2,10	0,05	2,1	13,6
14	Duglazija Douglas fir	5,20	2,34	0,15	2,3	16,2
15	Duglazija Douglas fir	5,75	1,35	0,12	3,7	27,8
16	Lužnjak Oak	6,50	1,26	0,13	6,8	22,6
17	Crni bor Pine	6,10	1,50	0,10	4,5	20,5
18	Ariš Larch	5,90	2,67	0,10	3,6	16,5
Pseudoglej Pseudogley	Crni bor Pine	4,55	3,15	0,16	2,7	23,4

Tabela 2. Broj mikroorganizama po gramu apsolutno suvog zemljišta.
Table 2. Number of microorganisms per gram of absolute dry soil.

Lokalitet Location	Ukupna mikroflora 10 ⁶ Total microflora	Aktino- micete 10 ⁵ Actino- mycetes	Gljive 10 ⁴ Fungi	Amoni- fikatori 10 ⁵ Ammoni- fiers	Azoto- bacter	Clostri- dium	Celulo- lizatori 10 ⁴ Celu- loly-sators	Nitrifikatori NH ₄ ⁺ → NO ₂ ⁻ → NO ₃ ⁻	
								Nitrifiers	
1	10,67	12,00	19,33	140,00	667	45	24,67	950	450
2	23,33	37,67	1,67	110,00	7335	250	7,00	450	95
3	3,67	5,67	6,67	110,00	8000	95	18,67	950	40
4	3,00	23,33	6,00	110,00	0	95	9,33	2500	90
5	15,33	28,33	2,33	45,00	167	95	9,33	250	90
6	13,00	9,67	41,67	110,00	5335	450	9,67	250	90
7	9,67	24,00	10,00	110,00	10335	95	9,33	450	450
8	37,33	48,00	18,67	110,00	0	95	4,33	950	250
9	42,00	38,33	5,00	110,00	1665	450	5,67	450	250
10	8,67	6,00	12,67	110,00	167	25	14,00	450	90
11	20,33	20,33	4,33	110,00	14500	250	6,50	950	250
12	7,33	15,67	12,00	45,00	0	95	3,00	250	40
13	28,00	26,00	15,33	110,00	1000	250	2,33	2500	40
14	33,33	10,67	9,00	110,00	0	45	27,33	90	40
15	1,67	7,33	4,00	110,00	1000	25	10,67	450	40
16	7,00	7,00	10,00	45,00	0	9	6,00	450	450
17	4,00	11,33	3,33	25,00	500	25	20,00	2500	950
18	43,00	58,33	20,67	140,00	0	95	21,33	2500	450
Pseudoglej Pseudogley	22,33	0,67	22,33	9,50	0	450	0,67	250	40

ZAKLJUČAK

Ispitivani deposoli su pokazali povoljniji pH od kontrolnog zemljišta, niži sadržaj humusa i ukupnog azota, znatno viši sadržaj lako pristupačnog fosfora i približno isti sadržaj lako pristupačnog kalijuma.

U pogledu biogenosti, u poređenju sa pseudoglejem pošumljeni deposoli su pokazali manju zastupljenost ukupne mikroflore, gljivica i bakterija

roda *Clostridium*, a s druge strane znatno veću zastupljenost aktinomiceta, amonifikatora, celulolizatora, nitrifikatora i slobodnih aerobnih azotofiksatora iz roda *Azotobacter*.

ZAHVALNICA

Istraživanje je podržano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, Projekat TR 37006.

LITERATURA

- Antonović, G. (1980): Oštećenje zemljišta i problemi njegove zaštite. Zemljište i biljka Vol. 29, N°2: 99-106.
- Antonović, G., Moskovljević S. i Protić N. (1984): Osobine deposola kao supstrata u regionu Kolubare. Zemljište i biljka Vol. 30, N°1: 25-31.
- Bogdanović, V. i Kotlajić M. (1985): Zastupljenost nekih grupa mikroorganizama u jalovini površinskih kopova REIK „Kolubara“. Zemljište i biljka Vol. 24, N°2: 151-157.
- Bogdanović, V. (1990): Zastupljenost mikroorganizama u deponiji pepela. Zemljište i biljka Vol. 39, N°2: 139-145.
- Kotlajić, M. (1979): Rekultivacija odlagališta površinskih kopova REIK „Kolubara“. Zbornik rez. Simpozijuma „Oštećenje zemljišta i problemi njegove zaštite“, 18-20 oktobar 1979, Lazarevac, str.28.
- Marinković, J., N. Milošević, Tintor B. i Vasin J. (2007): Zastupljenost pojedinih grupa mikroorganizama na različitim tipovima zemljišta, Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, vol 43: 319-328.
- Marković, D. i Veselinović N. (1979): fizičko-hemijske i mikrobiološke osobine oštećenih zemljišta površinskim kopovima u REIK „Kolubara“, Zbornik rez. Simpozijuma „Oštećenje zemljišta i problemi njegove zaštite“, 18-20 oktobar 1979, Lazarevac, str.36.
- Milošević, N., Ubavić M., Čuvarđić M. i Vojin S. (1997): Mikrobi zemljišta: značaj i mogućnosti. Unapređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta. Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Novi Sad, 389-397.
- Milošević, N. (2008): Mikroorganizmi-bioindikator zdravlja/kvaliteta zemljišta, Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 45, 505-515.
- Popović, Ž. (1989): Agrohemijska, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Resulović, H. (1984): Rekultivacija, termini i koncepcija, Zemljište i biljka Vol. 33, N°1: 19-24.
- Pochon et Tardieux (1962): Techniques d'analyse en microbiologique du Soil edit de la tourel, P.
- Tintor, B., Milošević N. i Vasin J. (2009): Mikrobiološka svojstva černozema južne Bačke u zavisnosti od načina korišćenja zemljišta, Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, vol.46, br 1, 189-198.
- Trbojević, M., Kotlajić M. i Vuletić D. (1990): Površinska eksploatacija uglja u kolubarskom basenu i rezultati rada na rekultivaciji degradiranih zemljišta. Zbornik rezimeea Simpozijuma „Ekološki problemi Beograda“, 21-23. april 1990, Beograd, str. 52.

(Primljeno: 06. 06. 2013.)

(Prihvaćeno: 30. 07. 2013.)

AGROCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF THE „KOLUBARA“ OPEN CAST MINE DEPOSOLS RECULTIVATED UNDER FOREST CULTURES

NATAŠA RASULIĆ¹, DUŠICA DELIĆ¹, SLOBODAN KUZMANOVIĆ², DRAGANA JOŠIĆ¹,
DORĐE KUZMANOVIĆ¹, SRĐAN ANĐELOVIĆ³, OLIVERA STAJKOVIĆ-SRBINOVIĆ¹

¹*Institute of Soil Science, Belgrade*

²*Institute for Plant Protection and Environment, Belgrade*

³*Delta Agrar doo Belgrade, Serbia*

SUMMARY

Due to unfavorable terrain configuration on the great of deposols of the „Kolubara“ open cast mine, recultivation under forest cultures has been performed. Tests of basic agrochemical properties as well as quantitative abundance of some groups of microorganisms in deposols of different oldness and under different forest cultures have been done. The tested deposols have shown favorable pH, low content of humus and total nitrogen, readily available to phosphorus and potassium. The biogenity shown is satisfactory but the total microflora, fungi and Clostridium abundance is lower compared to the control soil while the other physiological groups of microorganisms are considerably more abundant.

Key words: biogenity, deposols, foresting, recultivation

(Received: 06. 06. 2013.)

(Accepted: 30. 07. 2013.)