

SADRŽAJ I UV-VIS APSORBANCE FRAKCIJA ORGANSKE MATERIJE
BARSKOG TRESETA (DIVČIBARE, SRBIJA)

**Petar G. Petrović, Svjetlana B. Radmanović*, Aleksandar R. Đorđević,
Ljubomir B. Životić i Blažo T. Lalević**

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet,
Nemanjina 6, 11080 Beograd-Zemun, Srbija

Sažetak: U radu su prikazane karakteristike organske materije tresetišta na Divčibarama (950 m nadmorske visine, planinska klima). Suficitno vlaženje je uzrokovano podzemnom i poplavnom vodom, a biljni ostaci uglavnom potiču od hidrofilnih zeljastih biljaka. Cilj ispitivanja bio je utvrđivanje zavisnosti stanja organske materije (stepena humificiranosti, stabilnosti ili biodostupnosti) od pedogenetskih faktora i najvažnijih fizičkih i hemijskih osobina treseta. Treset je kisele reakcije, veoma slabo zasićen baznim katjonima. Sadržaj organske materije je >60% na dubini 40–80 cm, i >40% na 0–40 i 80–105 cm. Ispitivani treset je imao saprični karakter (stepen razloženosti organske materije >76%). Učešće huminskih kiselina u ukupnoj organskoj materiji pokazuje njen nejednak stepen humificiranosti po dubini profila, srednji do visok na 0–40 cm, nizak na 40–80 cm, a ispod 80 cm veoma nizak. Vrednosti odnosa Ch/Cf ukazuju na visoku stabilnost humusa do dubine od 80 cm gde je on humatnog, a ispod 80 cm humatno-fulvatnog tipa. Nizak sadržaj frakcija izdvojenih hladnom 0,1N H₂SO₄, i hladnom i vrućom H₂O, ukazuje na malu biodostupnost (razgradljivost) organske materije po celoj dubini profila. UV-Vis indeksi su ukazali na niži stepen humificiranosti huminskih (povećavao do dubine 80 cm), i veoma nizak fulvo kiselina (promenljiv, najveći na 60–80 cm). Na osnovu primenjenih metoda istraživanja i statističke analize rezultata bilo je moguće zaključiti da mehanički sastav mineralne faze, reakcija zemljišta i stanje adsorptivnog kompleksa zemljišta nisu značajno uticali na stanje organske materije. Presudan uticaj na stanje organske materije ovog treseta imala je vlažnost zemljišta, odnosno promene oksido-redukcionih uslova po dubini profila.

Ključne reči: huminske kiseline, fulvo kiseline, Ch/Cf, vodorastvorljivi C, C rastvorljiv u hladnoj H₂SO₄, E₂/E₃, E₃/E₅, E₄/E₆, ΔlogK, RF.

*Autor za kontakt: e-mail: scupac@agrif.bg.ac.rs

Uvod

Prema opšte prihvaćenoj definiciji treset nastaje akumulacijom delimično razloženih organskih ostataka u pretežno anaerobnim uslovima (Fitzpatrick, 1971). Fizičke, hemijske i biološke karakteristike treseta zavise od klimatskih, topografskih, hidroloških i geoloških uslova sredine, i botaničkog porekla organskih ostataka (Hobbs, 1986). Mnoge osobine treseta mogu biti objašnjene prisustvom humusnih materija, koje čine najveći deo organske materije (Deport et al., 2006). Obrazovanje i stabilnost humusnih materija su određeni biohemijskim procesima koji zavise od prisustva kiseonika, sadržaja biogenih elemenata, hemijske reakcije, temperature i dr. (Kechavarzi et al., 2010). Ovi biohemijski procesi direktno zavise od mikrobiološke aktivnosti, koja se pojačava u aerobnim uslovima (Katase, 1985). Pristupačnost kiseonika zavisi od vlažnosti zemljišta (Chow et al., 2006), a vlažnost varira sa vodnim potencijalom u zavisnosti od nivoa podzemne vode i evapotranspiracije (Kellner i Halldin, 2002). Nivo podzemne vode, odnosno njegovo kolebanje, Cayci et al., (2011), ističu kao presudan faktor koji utiče na metabolizam ugljenika i razlike u tresetnim zemljištima.

Prema našim saznanjima, u literaturi ima veoma malo podataka o karakteristikama organske materije u tresetima Srbije (Bogdanović et al., 1972; Tešić i Todorović, 1964). Ispitivanjima prikazanim u ovom radu je obuhvaćeno tresetište na Divčibarama, u okolini potoka Žujan, gde je suficitno vlaženje uzrokovano podzemnom i poplavnom vodom, a biljni ostaci potiču najvećim delom od hidrofилnih zeljastih zajednica. Lokalitet se nalazi na 950 m nadmorske visine, sa prosečnom godišnjom temperaturom vazduha 11°C, i 785,7 mm prosečnom godišnjom sumom padavina (meteorološka stanica Valjevo, period 1991–2010) (Republički hidrometeorološki zavod, 2013). Karakterizacija organske materije data je preko sadržaja različitih frakcija (huminskih i fulvo kiselina, frakcija rastvorljivih u hladnoj sumpornoj kiselini i hladnoj i vrućoj vodi), kao i preko UV-Vis apsorbananci huminskih i fulvo kiselina. Ispitivanja su imala za cilj utvrđivanje zavisnosti stanja organske materije (stepena humificiranosti, stabilnosti ili biodostupnosti) od pedogenetskih faktora i najvažnijih fizičkih i hemijskih osobina treseta.

Materijal i metode

Pedološki profil je otvoren u maju 2013. godine na 10 m udaljenosti od potoka Žujan (44°6'11" SGŠ, 19°59'26" IGD). Vlažnost se značajno povećavala na dubini većoj od 40 cm, a podzemna voda se nalazila na dubini od 103 cm. Korenov sistem biljaka je najizraženiji u površinskom sloju (0–20 cm). Ispod 70 cm dubine se pojavljuje krupnije kamenje. Boja zemljišta u vlažnom stanju je

crna i veoma tamno siva (2,5Y 2/0,3/0) u površinskih 0–40 cm, tamno sivo smeđa od 40 do 80 cm (2,5Y 4/2,3/2) i ispod 80 cm (10YR 4/2). Uzorci za laboratorijska ispitivanja su uzeti na dubini od 0–20, 20–40, 40–60, 60–80 i 80–105 cm.

Osnovne karakteristike treseta su određene sledećim metodama: boja zemljišta prema Munsell Soil Color Charts (1954); mehanički sastav – pipet metodom uz prethodnu pripremu: oksidacija organske materije vodonik peroksidom i dezagregacija Na-pirofosfatom (Natural Resources Conservation Service, 2004); specifična gustina zemljišta – Albert-Bogsova metoda sa ksilolom; zapreminska gustina zemljišta – metoda pomoću kocke; poroznost zemljišta – računski; pH u H₂O – elektrometrijskom metodom; hidrolitička kiselost – metodom Kapena; suma adsorbovanih baznih katjona – metodom Kapena; totalni kapacitet adsorpcije i stepen zasićenosti baznim katjonima – računskim putem (JDPZ 1966; 1997).

Sadržaj organske materije je određen žarenjem na 550°C u trajanju od 8 sati. Fizičko frakcionisanje organske materije (stepen razloženosti) određen je prema Natural Resources Conservation Service (2004). Ekstrakcija humusnih kiselina 0,1M NaOH (odnos zemljište/ekstraciono sredstvo = 1/100) i 0,1N H₂SO₄ (odnos zemljište/ekstraciono sredstvo = 1/100) izvršena je prema metodi Kononove i Belčikove, i Ponomarjeve (JDPZ, 1966). Frakcije rastvorljive u hladnoj i vrućoj H₂O dobijene su po metodi Ghani et al. (2003). Sadržaj C u izdvojenim frakcijama određen je dihromatnom metodom. Ocena stanja humusa data je i na osnovu tipa humusa (odnosa huminskih i fulvo kiselina, Ch/Cf) (Орлов, 1985), i stepena humificiranosti organske materije (Орлов, 1985; Sellami et al., 2008), koji se izračunava kao C huminskih kiselina/ukupan C x 100. Kako nismo bili u mogućnosti da pouzdanim eksperimentalnim metodama odredimo sadržaj C u organskoj materiji, ocenu stepena humificiranosti smo dali preko učešća C huminskih kiselina u ukupnom C, gde je ukupan C dobijen deljenjem sadržaja organske materije poznatim faktorom 1,724. Međutim, kako je, prema literaturi (Farmer et al., 2014), odnos organske materije/ukupnog C u tresetnim zemljištima veoma različit, stepen humificiranosti je ocenjivan i preko učešća C huminskih kiselina u ukupnoj organskoj materiji (C huminskih kiselina/ukupna organska materija x 100) što je takođe jedan od pokazatelja koji se koristi za organska zemljišta (Deport et al., 2006).

Apsorbanca svetlosti (A) huminskih i fulvo kiselina snimljene su na UV-Vis spektrofotometru T70 UV-Vis Ltd. Instruments, na talasnim dužinama 250, 350, 400, 465, 550, 600 i 665 nm. Frakcijama huminskih i fulvo kiselina, koje su dobijene gore navedenom metodom, pH je podešen na 12. Karakterizacija optičkih osobina data je preko standardnih odnosa (indeksa): E₂/E₃ (A₂₅₀/A₃₅₀), E₃/E₅ (A₃₅₀/A₅₅₀), E₄/E₆ (A₄₆₅/A₆₆₅), ΔlogK (logA₄₀₀-logA₆₀₀), RF (15xA₆₀₀/c, gde je c = mg C u ml rastvora huminskih i fulvo kiselina).

Rezultati i diskusija

Neke osnovne fizičke i hemijske osobine proučenog treseta prikazane su u tabeli 1. Na dubini 0–20 cm je izrazito male specifične ($1,67 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) i zapreminske gustine ($0,30 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), a izuzetno velike ukupne poroznosti (82,04%). Mineralni deo ispitivanog treseta je glinuša, odnosno praškasta glinuša po celoj dubini profila. Reakcija zemljišta je umereno kisela na dubini 0–40 cm, i slabo kisela na 40–105 cm dubine. Hidrolitička kiselost zemljišta je bila izrazito visoka, povećavala se do 60 cm dubine, a zatim smanjivala po dubini profila. Suma adsorbovanih baznih katjona i totalni kapacitet adsorpcije katjona se povećavaju do 60 cm dubine, a zatim smanjuju od 60 do 80 cm te ponovo povećavaju ispod 80 cm dubine. Zasićenost baznim katjonima se povećavala sa dubinom, do 80 cm dubine zemljište je umereno nezasićeno, a ispod 80 cm umereno zasićeno baznim katjonima. U ispitivanom profilu treseta, sadržaj organske materije je najveći na dubini 40–80 cm, >60%, dok je u površinskih 0–40 i najdubljem ispitivanom sloju 80–105 cm nešto niži, >40%. Stepenn razloženosti organske materije po celoj dubini profila je >76%, što znači da ispitivani treset ima saprični karakter.

Tabela 1. Osnovne karakteristike treseta.

Table 1. General characteristics of peat.

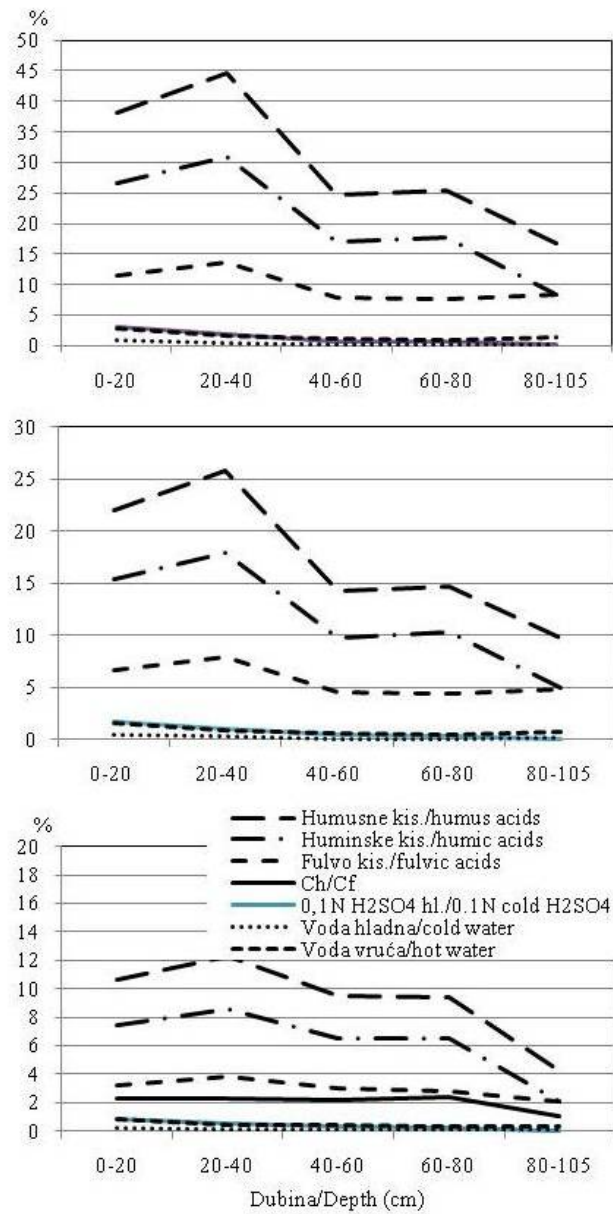
Parametar		Jedin.	Dubina/Depth (cm)				
Parameter		Unit	0-20	20-40	40-60	60-80	80-105
Tekstura Texture	pesak/sand 2–0,02 mm	1 ⁺	5,83	9,33	0,39	1,02	9,04
		2	2,24	5,63	0,18	0,44	5,02
	prah/silt 0,02–0,002 mm	1	33,63	27,68	32,09	29,68	33,61
		2	19,08	16,30	14,52	12,76	18,68
	glina/clay <0,002 mm	1	61,54	62,99	67,52	69,30	57,35
		2	34,99	38,04	30,55	25,49	31,87
pH	u H ₂ O in H ₂ O		5,67	5,53	5,79	6,05	6,43
	u KCl in KCl		4,87	4,71	5,15	5,48	5,89
Hidrolitička kiselost Extractable acidity		m.ekv.	46,34	57,72	58,82	40,79	27,19
Suma baznih katjona Exchangeable bases		m.ekv.	21,84	29,36	45,68	38,98	57,81
Totalni kapacitet adsorpcije Cation exchange capacity		m.ekv.	68,18	87,08	104,50	79,77	85,00
Zasićenost baznim katjonima Base saturation		%	32,03	33,73	43,71	48,86	68,00
Organska materija Organic matter		%	48,09	47,64	66,61	63,60	43,11
Stepenn razloženosti OM OM degree of decomposition		%	80	78	81	76	80

⁺1 - % u odnosu na mineralno zemljište; 2 - % u odnosu na ukupno zemljište.
1 - % of mineral soil; 2 - % of total soil.

Sadržaj izdvojenih frakcija organske materije i odnos Ch/Cf po dubini profila prikazani su na grafikonu 1. Sadržaj humusnih kiselina (humusnih i fulvo) je nizak po celoj dubini profila. Sadržaj huminskih kiselina u ukupnom uzorku zemljišta, kao i njihovo % učešće u ukupnoj organskoj materiji, prati kretanje ukupnih humusnih kiselina po dubini ispitivanog profila ($r=1,00$ i $0,99$; $p<0,01$). Sadržaj fulvo kiselina (kao i njihovo % učešće u organskoj materiji) je bio veoma nizak po celoj dubini profila, i takođe prati kretanje ukupnih humusnih kiselina ($r=0,97$, $p<0,01$; i $r=0,9$, $p<0,05$). Učešće huminskih kiselina u ukupnoj organskoj materiji, pokazuje različit stepen humificiranosti organske materije po dubini profila. Stepent humificiranosti se povećava od površine do 40 cm dubine (od srednjeg prema visokom), da bi se u sledećih 40 cm (40–80 cm) smanjivao (nizak), a u najnižem ispitivanom sloju (ispod 80 cm) bio veoma nizak. Posmatrano preko odnosa C huminskih kiselina i ukupne organske materije, stepent humificiranosti ispitivanog treseta je nizak ili veoma nizak.

Pored % učešća huminskih kiselina u organskom C, odnosno organskoj materiji, odnos Ch/Cf se najčešće koristi kao pokazatelj stepena humificiranosti organske materije, jer odražava povećanje nerastvorljivosti organske materije paralelno sa humifikacijom, budući da su huminske kiseline manje rastvorljive u poređenju sa fulvo kiselinama (Inbar et al., 1990). U ispitivanom tresetu huminske kiseline su dominirale u odnosu na fulvo kiseline, naročito do 80 cm dubine gde je ispitivani treset imao humatni tip, a samo u najnižem ispitivanom sloju humatno-fulvatni tip humusa. Vrednosti odnosa Ch/Cf ukazuju na visoku stabilnost humusa do dubine od 80 cm, dok je u najdubljem ispitivanom sloju stabilnost značajno opadala zahvaljujući pre svega naglom smanjenju sadržaja huminskih kiselina.

Rastvorljivost organske materije u vodi se koristi kao mera potencijalne biodostupnosti organske materije, odnosno kao mera za lako razgradljivi deo C (Marschner i Kalbitz, 2003). Učešće C rastvorljivog u vrućoj vodi se kreće od 1 do 5% od ukupnog C u zemljištima (Davidson et al., 1987; Leinweber et al., 1995). Vrednosti dobijene ovim ispitivanjima ukazuju na veoma malu biodostupnost, odnosno veoma malu razgradljivost organske materije u ispitivanom tresetu po celoj dubini profila. Na stabilnost humusnih materija ispitivanog treseta ukazale su i niske vrednosti frakcije hidrolizovane hladnom sumpornom kiselinom.



Grafikon 1. Sadržaj frakcija organske materije po dubini tresetnog sloja u % u odnosu na (a) ukupan C; (b) organsku materiju; (c) zemljište.
 Graph 1. The content of organic matter fraction in the peat layers in percentage of (a) total C; (b) organic matter; (c) total soil.

Odnos apsorbanca svetlosti humusnih supstanci je generalno tradicionalni parametar za ocenu stepena njihove humificiranosti i/ili veličine molekula. Najčešće se koristi odnos E_4/E_6 kao indikator humifikacije (dekompozicije organske materije), gde se očekuje da se sa povećanjem stepena humificiranosti, odnosno sadržaja i kondenzacije aromatičnih prstenova, i povećanjem molekulske mase, odnos E_4/E_6 smanjuje (Plaza et al., 2007). Veći odnos E_2/E_3 je obično vezan sa manjom molekulskom masom i nižim stepenom aromatičnosti (Peuravuori i Pihlaja, 1997). Takođe, veći odnos E_3/E_5 ukazuje da humusne supstance imaju manju veličinu molekula (Helal et al., 2011). Normalno je da fulvo kiseline imaju šira sva tri navedena odnosa zbog slabije razvijenog aromatičnog jezgra, manje molekulske mase, jače kiselosti i preovlađujuće alifatične strukture. Pored pomenutih indeksa, koriste se i $\Delta\log K$ i RF , gde povećanje RF i smanjenje vrednosti $\Delta\log K$ ukazuje na povećanje stepena humificiranosti (Watanabe et al., 2001). Dobijene vrednosti odnosa E_4/E_6 za huminske i fulvo kiseline (tabela 2) se uklapaju u literaturne podatke (4,2–9,5 huminske i 5,50–22,0 fulvo) za zemljišta umerene klime (Schmitt et al., 1997).

Tabela 2. Indeksi UV-Vis huminskih i fulvo kiselina.

Table 2. UV-Vis indices of humic and fulvic acids.

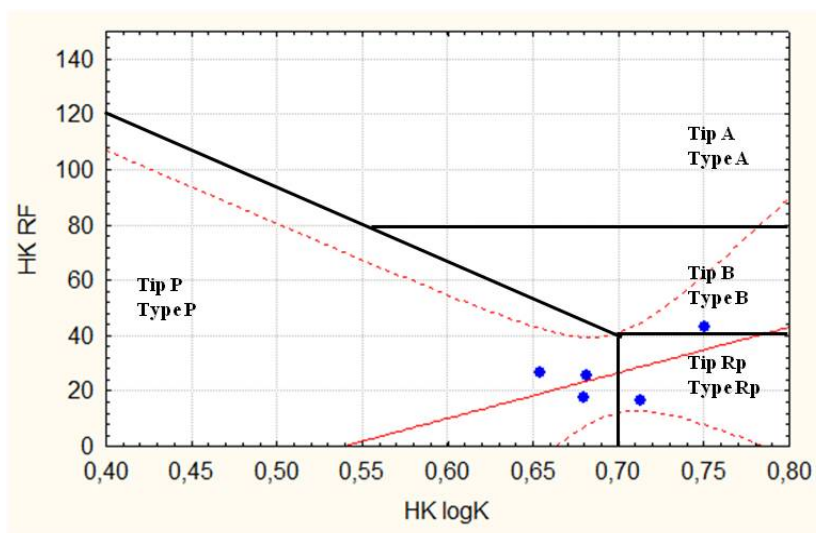
Frakcija <i>Fraction</i>	Parametar <i>Parameter</i>	Dubina/Depth (cm)				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-105
Huminske kiseline <i>Humic acids</i>	E_2/E_3^+	1,196	1,169	1,174	1,184	1,207
	E_3/E_5	3,561	3,052	2,735	2,775	4,856
	E_4/E_6	7,886	7,434	6,649	6,915	7,121
	$\Delta\log K$	0,7129	0,6796	0,6543	0,6818	0,7503
	RF	16,6	17,6	26,5	25,5	43,2
Fulvo kiseline <i>Fulvic acids</i>	E_2/E_3	1,223	1,191	1,223	1,235	1,256
	E_3/E_5	15,960	15,542	19,284	10,59	13,784
	E_4/E_6	17,240	17,840	17,048	14,512	14,321
	$\Delta\log K$	1,3123	1,3010	1,2839	1,1835	1,1576
	RF	2,86	2,49	2,64	5,41	5,14
	Tip	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp

⁺ $E_2/E_3 - A_{250}/A_{350}$; $E_3/E_5 - A_{350}/A_{550}$; $E_4/E_6 - A_{465}/A_{665}$; $\Delta\log K - \log A_{400} - \log A_{600}$; $RF - 15 \times A_{600}/c$, $c = \text{mg C u ml rastvora huminskih i fulvo kiselina}$.

$c = \text{mg of C in ml of humic and fulvic acids solution}$.

U tresetu, Siong Fong i Mohamed (2007) referišu prosečne vrednosti odnosa E_4/E_6 7,69 za huminske i 14,99 za fulvo kiseline. Prema indeksima $\Delta\log K$ i RF (grafikon 2), huminske kiseline pripadaju tipovima A, B i Rp, dakle različitog su stepena humificiranosti. Fulvo kiseline pripadaju tipu Rp i imaju veoma nizak stepen humificiranosti (Watanabe et al., 1996). Indeksi UV-Vis ukazuju na povećanje stepena humificiranosti huminskih kiselina do dubine 80 cm, da bi ispod 80 cm došlo do njegovog smanjenja. Fulvo kiseline pokazuju veoma promenljiv

stepen humificiranosti po dubini profila, ali prema svim indeksima najveći stepen humificiranosti fulvo kiselina je na dubini 60–80 cm. Korelaciona analiza korišćenih indeksa (tabela 3) pokazala je njihovo međusobno veće slaganje kod huminskih u poređenju sa fulvo kiselinama.



Grafikon 2. Klasifikacija huminskih kiselina na osnovu indeksa $\Delta\log K$ i RF .
Graph 2. Classification of humic acids based on $\Delta\log K$ and RF indices.

Tabela 3. Korelaciona zavisnost UV-Vis indeksa (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$).
Table 3. Correlation between UV-Vis indices (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$).

r		E_2/E_3	E_3/E_5	E_4/E_6	$\Delta\log K$
Huminske kiseline <i>Humic acids</i>	E_2/E_3				
	E_3/E_5	0,86			
	E_4/E_6	0,28	0,27		
	$\Delta\log K$	0,92*	0,96*	0,43	
	RF	0,61	0,70	-0,48	-0,57
Fulvo kiseline <i>Fulvic acids</i>	E_2/E_3				
	E_3/E_5	-0,37			
	E_4/E_6	-0,87	0,73		
	$\Delta\log K$	-0,81	0,70	0,98**	
	RF	0,79	-0,83	-0,98**	-0,96**

Korelaciona analiza (tabela 4) nije ukazala na dominantan uticaj ispitivanih fizičkih i hemijskih karakteristika treseta na sadržaj i frakcioni sastav organske materije. Sadržaj organske materije je u značajnoj negativnoj korelaciji sa sadržajem peska, ali s obzirom na njegov nizak sadržaj, mišljenja smo da nije

mogao značajno uticati na povećanje aerisnosti zemljišta, a time i na transformaciju organskih ostataka. S obzirom na to da se radi o organskom zemljištu, glina nije mogla stvaranjem veza sa organskom materijom značajno uticati na smanjenje njene mineralizacije (Grovera i Baldock, 2012). Prema Deport et al. (2006), razlike između slojeva treseta po dubini se mogu objasniti razlikama u pH vrednostima slojeva koji uzrokuju slabiju ili bržu transformaciju organske materije, usled slabije ili izraženije biološke aktivnosti.

Tabela 4. Korelaciona zavisnost frakcija organske materije i nekih osnovnih karakteristika treseta (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$).

Table 4. Correlation between the fractions of organic matter and some general characteristics of peat (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$).

r	pesak/sand		glina/clay		pH	S	V	
	1 ⁺	2	1	2				
Organska materija <i>Organic matter</i>		-0,96**	-0,89*	0,93*	-0,68	-0,13	0,07	-0,13
Humusne kiseline <i>Humus acids</i>	a ⁺⁺	-0,15	-0,14	0,49	0,39	-0,96**	-0,86	-0,96*
	b	0,31	0,29	0,04	0,72	-0,90*	-0,90*	-0,90*
Huminske kiseline <i>Humic acids</i>	a	-0,20	-0,20	0,53	0,33	-0,95*	-0,86	-0,95*
	b	0,19	0,17	0,16	0,64	-0,93*	-0,92*	-0,94*
Fulvo kiseline <i>Fulvic acids</i>	a	0,07	0,09	0,31	0,58	-0,97**	-0,81	-0,92*
	b	0,67	0,64	-0,34	0,90*	-0,70	-0,70	-0,67
Ch/Cf		-0,50	-0,51	0,74	0,01	-0,81	-0,80	-0,87
C – 0,1N H ₂ SO ₄	a	0,09	-0,04	0,00	0,54	-0,79	-0,95*	-0,89*
	b	0,20	0,07	-0,10	0,60	-0,76	-0,93*	-0,85
C – hladnom H ₂ O <i>C – cold H₂O</i>	a	0,26	0,09	-0,29	0,55	-0,54	-0,81	-0,67
	b	0,39	0,22	-0,41	0,62	-0,49	-0,77	-0,60
C – vrućom H ₂ O <i>C – hot H₂O</i>	a	0,06	-0,12	-0,18	0,46	-0,55	-0,74	-0,67
	b	0,35	0,17	-0,45	0,60	-0,43	-0,68	-0,54
HK HA ⁺⁺⁺	E ₂ /E ₃			-0,67	-0,15	0,73	0,35	0,61
	E ₃ /E ₅			-0,91*	0,19	0,67	0,48	0,66
	E ₄ /E ₆			-0,53	0,68	-0,39	-0,72	-0,50
	ΔlogK			-0,86	0,14	0,64	0,30	0,57
	RF			-0,41	-0,39	0,94*	0,95*	0,99**
FK FA ⁺⁺⁺	E ₂ /E ₃			-0,27	-0,62	0,93*	0,71	0,85
	E ₃ /E ₅			-0,05	0,48	-0,49	-0,09	-0,37
	E ₄ /E ₆			0,07	0,74	-0,93*	-0,69	-0,87
	ΔlogK			0,13	0,66	-0,94*	-0,76	-0,92*
	RF			-0,03	-0,72	0,87	0,57	0,79

⁺1 - % u odnosu na mineralno zemljište; 2 - % u odnosu na ukupno zemljište; 1 - % of mineral soil; 2 - % of total soil; ⁺⁺a - % u odnosu na ukupno zemljište; b - % u odnosu na organsku materiju; a - % of total soil; b - % of organic matter mineral soil; ⁺⁺⁺HK - huminske kiseline; FK - fulvo kiseline; HA - humic acids; FA - fulvic acids.

Prema njihovim rezultatima, u kiselim tresetima stepen humificiranosti je pod uticajem kisele reakcije, koja smanjuje biološku aktivnost i time limitira transformaciju organske materije. Rezultati naših ispitivanja ukazali su na sasvim suprotnu pojavu, sa dubinom treseta pH vrednosti i stepen zasićenosti baznim katjonima se povećavaju, a stepen humificiranosti organske materije se značajno smanjuje. Takođe, indeksi UV-Vis nisu ukazali na značajnu zavisnost stepena humificiranosti huminskih kiselina i ispitivanih hemijskih osobina treseta (izuzev *RF*), dok je stepen humificiranosti fulvo kiselina (prema E_4/E_6 i $\Delta\log K$) značajno veći u manje kiselim slojevima treseta.

Osim mehaničkog sastava i reakcije zemljišta, kao najvažniji faktori koji utiču na razlaganje treseta navode se saturacija zemljišta vodom, temperatura i hemijski sastav organskih ostataka (Grovera i Baldock, 2012). Sadržaj vode i kolebanje nivoa podzemne vode su jedni od najvažnijih faktora koji utiču na razlike u tresetnim zemljištima, odnosno kontrolišu metabolizam ugljenika. Visok nivo podzemne vode u donjim slojevima značajno otežava razlaganje organske materije, dok se spuštanjem nivoa vode i evaporacijom u površinskim slojevima stvaraju oksidacioni uslovi koji pospešuju njeno razlaganje (Cayci et al., 2011). U ispitivanom tresetu sa Divčibara stepen humificiranosti organske materije je bio najveći u potpovršinskih 20–40 cm i sa dubinom se kontinuirano smanjivao, da bi ispod 80 cm bio izuzetno nizak što se može dovesti u direktnu vezu sa kolebanjem nivoa podzemne vode u toku godine. Oksidacioni uslovi su se smanjivali od površine prema dubljim slojevima, a najnepovoljniji su ispod 80 cm gde se nivo vode verovatno retko spušta. U površinskih 0–20 cm je najveći priliv svežih biljnih ostataka pa je stepen humificiranosti zato bio najveći u potpovršinskom sloju. Najveći sadržaj svežih organskih ostataka u površinskom sloju imao je za posledicu i najveći sadržaj C izdvojenog hladnom sumpornom kiselinom. Loši oksidacioni uslovi na dubini ispod 40 cm i s tim povezana usporena mineralizacija su uzorak akumulacije organske materije na dubini 40–80 cm.

Razlike između slojeva treseta po dubini se mogu objasniti i starošću slojeva treseta, odnosno, botaničkim poreklom organskih ostataka koji su se nakupljali u različitim periodima prošlosti (Deport et al., 2006; Grovera i Baldock, 2012). Paleobotanička istraživanja nije bilo moguće izvesti u ovoj fazi istraživanja, tako da nemamo saznanja o uticaju kvaliteta supstrata na stanje organske materije ispitivanog treseta.

Zaključak

Ispitivani treset je imao najveći sadržaj organske materije na dubini 40–80 cm, a najveći stepen humificiranosti organske materije na dubini 20–40 cm. Odnos Ch/Cf ukazuje na visoku stabilnost humusa do dubine od 80 cm. Nizak

sadržaj frakcija izdvojenih 0,1N hladnom H_2SO_4 , i hladnom i vrućom H_2O , ukazuje na malu biodostupnost (razgradljivost) organske materije po celoj dubini profila. Indeksi UV-Vis su ukazali na niži stepen humificiranosti huminskih (povećavao se od površine do 80 cm), i veoma nizak stepen humificiranosti fulvo kiselina (najveći na 60–80 cm). Na osnovu primenjenih metoda istraživanja i statističke analize rezultata bilo je moguće zaključiti da mehanički sastav, reakcija zemljišta i stanje adsorptivnog kompleksa zemljišta nisu značajno uticali na stanje organske materije. Presudan uticaj na stanje organske materije ovog treseta imala je zasićenost vodom, odnosno promene oksido-redukcionih uslova po dubini profila.

Literatura

- Bogdanović, M., Gigov, A., Tešić, Ž. (1972): Tresave našeg podunavlja, *Zemljište i biljka* 21:77-86.
- Cayci, G., Baran, A., Ozaytekin, H., Kutuk, C., Karaca, S., Cicek, N. (2011): Morphology, chemical properties, and radiocarbon dating of eutrophic peat in Turkey. *Catena* 85:215-220.
- Chow, A.T., Tanji, K.K., Gao, S., Dahlgren, R.A. (2006): Temperature, water content and wet-dry cycle effects on DOC production and carbon mineralisation in agricultural peat soils. *Soil Biology & Biochemistry* 38:477-488.
- Davidson, E.A., Galloway, L.F., Strand, M.K. (1987): Assessing available carbon: comparison of techniques across selected forest soils. *Communications in Soil Science and Plant Analyses* 18:45-64.
- Deport, C., Lemée, L., Amblés, A. (2006): Comparison between humic substances from soil and peats using TMAH and TEAAc thermochemolysis. *Organic Geochemistry* 37:649-664.
- Farmer, J., Matthews, R., Smith, P., Langan, C., Hergoualc'h, K., Verchot L., Smith U.J. (2014): Comparison of methods for quantifying soil carbon in tropical peats. *Geoderma* 214-215:177-183.
- Fitzpatrick, E.A. (1971): *Pedology: A Systematic Approach to Soil Science*. Oliver and Body Inc, Edinburg.
- Ghani, A., Dexter, M., Perrott, K.W. (2003): Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. *Soil Biology & Biochemistry* 35:1231-1243.
- Grovera, S.P.P., Baldock, J.A. (2012): Carbon chemistry and mineralization of peat soils from the Australian Alps. *European Journal of Soil Science* 63:129-140.
- Helal, A.A., Murad, G.A., Helal, A.A. (2011): Characterization of different humic materials by various analytical techniques. *Arabian Journal of Chemistry* 4:51-54.
- Hobbs, N.B. (1986): Mire morphology and the properties and behavior of some British and foreign peats. *Quarterly Journal of Engineering Geology* 19:7-80.
- Inbar, Y., Chen, Y., Hadar, Y. (1990): Humic substances formed during the composting of organic matter. *Soil Science Society American Journal* 54:1316-1323.
- JDPZ (1966): Hemijske metode ispitivanja zemljišta. Priručnik za ispitivanje zemljišta. Knjiga I. Beograd.
- JDPZ (1997): Metode istraživanja i određivanja fizičkih svojstava zemljišta. Novi Sad.
- Katase, T. (1985): Possible transformation of selected phenolic acids during fractionation of humic substances and their distribution in peat soils. *Organic Geochemistry* 8:41-46.
- Kechavarzi, C., Dawson, Q., Leeds-Harrison, P.B. (2010): Physical properties of low-lying agricultural peat soils in England. *Geoderma* 154:196-202.

- Kellner, E., Halldin, S. (2002): Water budget and surface-layer water storage in a Sphagnum bog in central Sweden. *Hydrology Processing* 16:87-103.
- Leinweber, P., Schultern, H.-R., Körschens, M. (1995): Hot water extracted organic matter: chemical composition and temporal variations in a long-term field experiment. *Biology and Fertility of Soils* 20:17-23.
- Munsell Soil Color Chart (1954): Munsell Color Company, INC, Baltimore.
- Marschner, B., Kalbitz, K. (2003): Controls of bioavailability and biodegradability of dissolved organic matter in soils. *Geoderma* 113:211-235.
- Natural Resources Conservation Service (2004): Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report, No. 42, Version 4.0, U.S. Govt. Print. Office, Washington, DC.
- Орлов, Д.С. (1985): Химия почв. Издательство Московского Университета, Москва, 275-279.
- Peuravori, J., Pihlaja, K. (1997): Molecular size distribution and spectroscopic properties of aquatic humic substances. *Analytica Chimica Acta* 337:133-149.
- Plaza C., Senesi N., Brunetti G., Mondelli D. (2007): Evolution of the fulvic acid fractions during co-composting of olive oil mill wastewater sludge and tree cuttings, *Bioresources Technology* 98:1964-1971.
- Republički hidrometeorološki zavod (2013): Hidrometeorološki podaci. <http://www.hidmet.gov.rs>.
- Schmitt, Ph., Garrison, A. W. Freitag, D., Kettrup, A. (1997): Capillary isoelectric focusing (CIEF) for the characterisation of humic substances. *Water Research* 31:2037-2049.
- Sellami, F., Hachicha, S., Chtourou, M., Medhioub, K., Ammar, E. (2008): Maturity assessment of composted olive mill wastes using UV spectra and humification parameters. *Bioresource Technology* 99:6900-6907.
- Siong Fong, S., Mohamed, M. (2007): Chemical characterization of humic substances occurring in the peat of Sarawak, Malaysia. *Organic Geochemistry* 38:967-976.
- Tešić, Ž., Todorović, M. (1964): Mikrobiološke osobine jugoslovenskih treseta, *Zemljište i biljka*, 3:327-336.
- Watanabe, A., Fujimori, H., Nagai, Y., Miyajima, T., Kuwatsuka, S. (1996): Analysis of the green fraction of humic acids. *European Journal of Soil Science* 47:197-204.
- Watanabe, A., Sarno, Rumbanraja, J., Tsutsuki, K., Kimura, M. (2001): Humus composition of soils under forest, coffee and arable cultivation in hilly areas of south Sumatra, Indonesia. *European Journal of Soil Science* 52:599-606.

Primljeno: 26. novembra 2014.

Odobreno: 26. januara 2015.

THE CONTENT AND UV-VIS ABSORBANCES OF BOG PEAT ORGANIC MATTER FRACTIONS (DIVČIVARE, SERBIA)

**Petar G. Petrović, Svjetlana B. Radmanović*, Aleksandar R. Đorđević,
Ljubomir B. Životić and Blažo T. Lalević**

University of Belgrade, Faculty of Agriculture,
Nemanjina 6, 11080 Belgrade-Zemun, Serbia

A b s t r a c t

This paper presents peat soil organic matter characteristics at Divčibare Mountain (950 m a.s.l, mountain climate). Excessive wetting is caused by groundwater and floods, and plant litter originates from hydrophilic vegetation. An investigation was aimed at determining the correlation between organic matter characteristics (humification degree, stability and bioavailability) with factors of soil formation and the most important physico-chemical characteristics of peat. Peat is mild acid and has a low base saturation. The content of organic matter is higher than 60% at depth of 40–80 cm, and higher than 40% at depths of 0–40 and 80–105 cm, respectively. Investigated peat had sapric characteristics. A content of humic acids in total organic matter indicates its unequal humification degree within profile, moderate to high at depth of 0–40 cm, low at 40–80-cm depth, and very low beneath 80 cm. A value of Ch/Cf ratio indicates high humus stability up to 80 cm where it has humate-type humus, while below 80 cm humus is the humate-fulvate type. A low content of fractions separated with 0.1N cold H₂SO₄, and cold and hot water, points out a low bioavailability of organic matter through whole soil profile. UV-Vis indices indicate a low humification degree of humic acids (increased to 80-cm depth), and a very low humification degree of fulvic acids (variable, the highest at 60–80-cm depth). Overall results indicate that particle size of mineral fraction, soil reaction, and cation exchange capacity had no significant impact on organic matter characteristics. Soil moisture content, that is alterations of oxido-reductive conditions throughout soil profile had the crucial impact on peat organic matter characteristics.

Key words: humic acid, fulvic acid, Ch/Cf ratio, water soluble C, C soluble in cold H₂SO₄, E₂/E₃, E₃/E₅, E₄/E₆, ΔlogK, RF.

Received: November 26, 2014

Accepted: January 26, 2015

*Corresponding author: e-mail: scupac@agrif.bg.ac.rs