

Hemijska svojstva dugotrajno zalivanih livadskih zemljišta doline Belog Drima u području Kline

Miodrag Tolimir², Branka Kresović², Borivoj Pejić³, Katarina Gajić¹, Angelina Tapanarova¹, Zorica Sredojević¹, Boško Gajić^{1*}

¹Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Beograd 11080, Srbija

²Institut za kukuruz „Zemun Polje”, Slobodana Bajića 1, Beograd 11185, Srbija

³Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad 21000, Srbija

*Corresponding author: Boško Gajić Tel: +381-11-44-13-138; Email: bonna@agrif.bg.ac.rs

Izvod

Abstract

Uticaj višegodišnjeg (>100 godina) navodnjavanja na hemijska svojstva zemljišta proučavani su na osam parcela u dolini reke Beli Drim na Kosovu i Metohiji u okolini Kline, Srbija. Za ova istraživanja iz plitkih profila uzorci zemljišta su uzimani samo iz jedne, odnosno dve dubinske zone A_h horizonta; a iz srednje dubokih i dubokih profila, iz dve do tri dubinske zone radi upoređivanja navodnjavanih njivskih i nenavodnjavanih livadskih zemljišta. Za navodnjanje je korišćena voda iz reke Beli Drim i površinski gravitacioni sistemi (zalivne brazde ili zalivne leje). Hemijske varijabile uključivale su određivanje pH-H₂O, ukupne supstitucione kiselosti, sadržaja CaCO₃, humusa, hidrolitičke kiselosti, sume adsorbovanih baznih katjona, kapaciteta adsorpcije katjona i stepena zasićenosti zemljišta razmenljivo adsorbovanim katjonima. Na navodnjavanim zemljištima rezultati hemijski analiza pokazuju u proseku neznatno povećanje pH-H₂O (0.07 pH jedinica), kao i znatno smanjenje sadržaja humusa (2.00–4.75%), sume adsorbovanih baznih katjona (4.98–12.98%) i kapaciteta adsorpcije katjona (12.8%) u poređenju sa nenavodnjavanim zemljištem istraženog područja. Višegodišnje navodnjavanje nije imalo uticaja na hidrolitičku kiselost i stepen zasićenosti zemljišta razmenljivo adsorbovanim katjonima u A_h horizontu. Naime, navedene varijacije u hemijskim svojstvima istraženih zemljišta pokazuju da se u njima događaju blagi procesi dehumizacije (smanjenja sadržaja organske materije) i smanjenja sadržaja baznih katjona. Podaci o hemijskim svojstvima istraženih zemljišta ukazuju na to da se destruktivni procesi dehumizacije i ispiranja baznih katjona moraju kontrolisati da bi se postigao stabilan održiv sistem visoke produktivnosti i sprečilo njihovo dalje pogoršanje. S obzirom na činjenicu da je pretežni deo ispitanih zemljišta u znatnom stepenu antropogenizovan primenom navodnjavanja (irigacije), možda bi im najbolje odgovarao naziv – dolinsko-livadski irigosoli.

Ključne reči: Fluvisol, organski ugljenik, kapacitet adsorpcije razmenljivih katjona, hidrolitička kiselost, suma razmenljivih baznih katjona, stepen zasićenosti baznim katjonima

Uvod

Introduction

Agronomi su se uvek oslanjali na poznavanje fizičkih i hemijskih svojstava zemljišta pri proceni njihovog kapaciteta da podrže produktivnost gajenih useva (Schoenholtz et al., 2000). U poslednje vreme potrebe za procenom svojstava zemljišta povećane su zbog rastućeg interesa javnosti za utvrđivanjem posledica različitih praksi upravljanja na kvalitet zemljišta u odnosu na održivost funkcija agroekosistema. Procena i merenje kvaliteta zemljišnog resursa podstaknuto je povećanjem saznanja da zemljište služi višestrukim funkcijama u održavanju kvaliteta životne okoline širom sveta (Doran and Parkin, 1994).

U današnjim klimatskim uslovima, koji se odlikuju sve većim deficitom padavina u vegetacionom periodu većine gajenih useva kod nas (Kresović et al., 2016), najvažniji faktor koji određuje produktivnost agrocenoza je sadržaj vode u zemljištu. Najefikasniji način regulisanja obezbeđenosti gajenih biljaka vodom je navodnjavanje, koje se najčešće praktikuje na najvrednijim poljoprivrednim zemljištima, među kojim su i livadske crnice (Fluvisoli, po IUSS Working Group WRB, 2007, 2015) koje su obrazovane u rečnim dolinama. Fluvisoli su jedno od najplodnijih zemljišta u Srbiji i na velikim područjima Jugoistočne Evrope. Zauzimaju površinu veću od 500.000 ha, što je oko 13% ukupnih obradivih površina Srbije (Gajić et al., 2010; Gajić, 2013; Tolimir et al., 2020). Više podataka svojstvima istraženih fluvisola u dolini Belog Drima nalazi se u radu Gajić i sar. (2020). Međutim, navodnjavanje koje se primenjuje radi stvaranja optimalne vlažnosti zemljišta za poljoprivredne kulture predstavlja značajno odstupanje od prirodnih uslova pedogeneze, i dovodi do promene svojstava automorfni (Sujundukov, 1998) i hidromorfni zemljišta (Gajić, 1991). Po mišljenju mnogih istraživača, intenzitet i pravac izmena zemljišta pod uticajem navodnjavanja u mnogome je određen njegovim početnim svojstvima. Prema podacima koje je saopštio Sujundukov (1998) višegodišnje navodnjavanje uzrokovalo je povećanje alkalnosti zemljišta, smanjenje sadržaja kalcijuma i preraspodelu humusa po dubini profila u tipičnim černozemima Transuralskog regiona. Za razliku od prethodnog istraživača, Takase et al. (2011) i Adejumobi et al. (2014) navode da višegodišnje navodnjavanje uzrokuje smanjenje pH vrednosti zemljišta. Izučavajući uticaj desetogodišnjeg navodnjavanja kišenjem na promene većeg broja fizičkih i izvesnog broja hemijskih osobina černozema i ritske crnice u Jugoistočnom Sremu pri gajenju ratarskih i povrtarskih kultura Gajić (1991) je utvrdio povećanje zbijenosti, smanjenje vazdušnog kapaciteta, pogoršanje strukturnog sastava zemljišta i smanjenje vodootpornosti strukturnih agregata, kao i pogoršanje fizičko-mehaničkih osobina navodnjavanih zemljišta u poređenju sa nenavodnjavanim. Pored toga, Gajić (1991) saopštava da je u površinskom sloju (0–20–40 cm) navodnjavanih zemljišta utvrđeno izvesno povećanje pH, smanjenje

sadržaja CaCO_3 i zaliha humusa, pri čemu su te promene bile mnogo veće u černozeu nego u ritskoj crnici.

Genetičke karakteristike zemljišta i sadašnje stanje mnogih proizvodnih funkcija zemljišta uslovljeni su humusom. Promenu sadržaja i preraspodelu humusa pod uticajem navodnjavanja izučavali su mnogi istraživači. Neki od njih su ukazivali na povećanje sadržaja humusa, tj. organske materije i organskog ugljenika (Adejumobi et al., 2014) usled aktivizacije biohemijskih procesa i povećanja biološke produktivnosti černozeu (Orlov et al., 1980), a takođe, zahvaljujući i stvaranju u periodu navodnjavanja anaerobnih uslova, koji su usporavali razlaganje organskih ostataka i mineralizaciju humusa. Podaci drugih istraživača (Belogaev et al., 1976) svedoče suprotno, o smanjenju sadržaja humusa u površinskim slojevima zemljišta (Sinkevič and Ganenko, 1983) pri navodnjavanju, naročito u prvim godinama njegove primene (Anikanova et al., 1980). Navodnjavanje može dovesti i do preraspodele humusa po dubini zemljišnog profila (Lisikova and Rževskaja, 1975), što se može objasniti ispiranjem njegovih najpokretnijih komponenti vodama za navodnjavanje (Pankov and Moisev, 1981).

Cilj ovog istraživanja bio je izučavanje uticaja višegodišnjeg (>100 godina) površinskog gravitacionog navodnjavanja na neka odabrana hemijska svojstva livadskih crnica doline Belog Drima u području Klina – Vidanje. Pored toga, podaci o hemijskim svojstvima zemljišta neophodni su za monitoring i evoluciju zemljišta, kao i njihovu klasifikaciju. Prema našim saznanjima na ispitivanom području do sada nisu vršena slična istraživanja. Ostvreni rezultati mogu biti značajni javnosti i širem krugu stručnjaka koji se bave biljnom proizvodnjom, melioracijama poljoprivrednih zemljišta kao i zaštitom životne sredine.

Materijal i metode

Materials and methods

Ova istraživanja su obavljena na dobro dreniranim glinovitim zemljištima (Gajić i sar., 2020) koja prema klasifikaciji IUSS Working Group WRB (2007, 2015) pripadaju fluvisolima, odnosno livadskim crnicama (semiglejima) prema srpskoj klasifikaciji zemljišta (Škorić i sar., 1985). Istražena zemljišta su obrazovana na slabo beskarbonatnim, moćnim, aluvijalnim slojevima nevezanog rečnog peska, šljunka i kamenja reke Belog Drima u području Kline, Kosovo i Metohija, Srbija (42°40'01" severne geografske širine, 20°31'36" istočne geografske dužine, 395 m nadmorske visine). Jedna su od najplodnijih zemljišta u Srbiji i Jugoistočnoj Evropi. Generalno ova zemljišta mogu da zadrže velike količine vode (Gajić i sar., 2020). Pogodna su za proizvodnju žita, i uglavnom se na njima ostvaruju visoki prinosi kukuruza, pšenice, suncokreta i raznog povrća. Međutim, u nekim sušnijim mesecima potrebno je navodnjavanje radi optimalne produktivnosti gajenih biljaka na ovim zemljištima. Za

navodnjavanje istraženih poljoprivrednih zemljišta koriste se vode iz reke Beli Drim više od 100 godina. Voda se po navodnjavanju parcelama raspoređuje gravitacionim sistemima za zalivanje (potapanjem i zalivnim brazdama). Istraženo područje karakteriše umereno kontinentalna (submediteranska) klima. Višegodišnje prosečne mesečne temperature vazduha variraju od $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Prosečne višegodišnje padavine su oko 700 milimetara, a zime se odlikuju velikim snežnim padavinama. U geomorfološkom pogledu istraženo područje predstavlja skoro potpuno ravnu ravnicu sa razvijenim formama mikroreljefa.

Da bi se uporedila hemijska svojstva navodnjavanih njivskih zemljišta sa nenavodnjavanim zemljištem, na terenu je iskopano osam zemljišnih profila različite dubine koju je uslovljavala dubina nalaženja peskovito-šljunkovito-kamenitog sloja rečnog nanosa. Sedam profila (profili od rednog broja 1 do rednog broja 7, tab. 1) iskopano je na oranicama koje se više od 100 godina navodnjavaju vodama iz reke Beli Drim potapanjem ili zalivnim brazdama. Jedan profil (profil broj 8) iskopan je na višegodišnjoj livadi koja se prema izjavi vlasnika nije zalivala poslednjih 50 i više godina. Iz svih iskopanih profila uzeti su uzorci zemljišta u poremećenom i neporemećenom sklopu, u cilju laboratorijskih određivanja njihovih najvažnijih, sa aspekta navodnjavanja, hemijskih i fizičkih svojstava. Komplementaran opis fizičkih svojstava istraživanih zemljišta i njihova sposobnost zadržavanja vode može se naći u radu Gajić i sar. (2020). Za istraživanje fizičkih i hemijskih parametara iz plitkih profila (profili broj 3 i 6) uzeti su uzorci samo iz dve, odnosno jedne dubinske zone oraničnog horizonta (A_{hp}), a iz srednje dubokih i dubokih profila, iz tri do četiri dubinske zone (tab. 1). U laboratoriji su određivani sledeći hemijski parametri zemljišta: pH potenciometrijski u supernatantnoj suspenziji smese zemljište:destilovana voda 1:2.5, pehametrom sa staklenom elektrodom; sadržaj CaCO_3 , volumetrijski Šajblerovim (Scheibler) kalcimetrom; sadržaj organskog ugljenika, bihromatnom metodom, po Tjurinu u modifikaciji Simakova, a pretvaranje % organskog ugljenika u % organske materije, tj. humusa, izvršeno je množenjem empirijskim faktorom 1.724; hidrolitička kiselost (T-S), Ca-acetatom, metodom Kappena; suma razmenljivih adsorbovanih baznih katjona (S), metodom Kappena; kapacitet adsorpcije katjona (T), računskim putem; stepen zasićenosti zemljišta razmenljivo-adsorbovanim katjonima (V), računskim putem, po Hissinku. Hemijske analize rađene su prema opšteprihvaćenim metodama u našim laboratorijama (Bogdanović i sar., 1966). Rezultati laboratorijskih istraživanja statistički su obrađeni korišćenjem statističkog softvera SPSS (IBM Com., Chicago, USA).

Rezultati i diskusija

Results and discussion

Sledeći rezultati dobijeni su iz obavljenih hemijskih analiza zemljišta. Prosečne vrednosti pH- H_2O istraženih zemljišta na navodnjavanju površinama ukazuju na blago povećanje pH u površinskom (0–

30 cm) i prvom potpovršinskom (20–60 cm) sloju, a smanjenje u drugom potpovršinskom (40–70 cm) sloju A_h horizonta u poređenju sa nenavodnjavanim livadskim zemljištem (tab. 1). Povećanje u površinskom sloju je nešto veće nego u prvom potpovršinskom sloju zemljišta. Prema USDA klasifikaciji (Dugalić i Gajić, 2005), pH- H_2O u A_h horizontu navodnjavanih njivskih zemljišta nalazi se u rasponu neutralne i slabo alkalne hemijske reakcije. Prva dva sloja A_h horizonta nenavodnjavanog livadskog zemljišta nalaze se na granici između neutralne i slabo alkalne hemijske reakcije, dok je njihov treći sloj slabo alkalne reakcije.

Naši rezultati su slični rezultatima Mon et al. (2007) koji su utvrdili povećanje prosečnih pH vrednosti u navodnjavanim zemljištima Argentine. Haliru and Japheth (2019) povećanje pH vrednost pri navodnjavanju rečnom vodom objašnjavaju direktnim dodavanjem baznih katjona u zemljište vodom za navodnjavanje. Hailu et al. (2003), Getaneh et al. (2007) i Haliru and Japheth (2019) izvestili su o značajnim promenama pH zemljišta nakon navodnjavanja vodama iz različitih izvora. Sa gledišta mogućnosti ratarske proizvodnje, pH vrednosti zemljišta treba da su između 6.4 i 8.3 pH jedinica (FAO, 1992). Tada pH vrednosti unutar navedenog raspona povećavaju dostupnost hranljivih materija u zemljištu. Previsoki ili preniski pH dovodi do nedostatka mnogih hranljivih materija, smanjenja mikrobiološke aktivnosti i prinosa gajenih biljaka i pogoršanja kvaliteta zemljišta.

Za dobijanje predstave o stepenu acidifikacije istraženih zemljišta koristili smo tzv. prvu titracionu vrednost hidrolitičke kiselosti (y_1). Na bazi veličine brojne vrednosti y_1 podaci tab. 1 pokazuju neznatan uticaj navodnjavanja na kiselost u A_h horizontu istraženih zemljišta. Istražena zemljišta, prema klasifikaciji Gračanina (Bogdanović i sar., 1966), imaju umerenu kiselost.

Što se pak tiče sadržaja $CaCO_3$ njihovo prisustvo nije utvrđeno u površinskom sloju (0–40 cm) nenavodnjavanog livadskog zemljišta (profil broj 8), dok su u njegovom trećem sloju (40–70 cm) prisutni samo u tragovima (tab. 1). U navodnjavanim njivskim zemljištima karbonati su prisutni u pet od sedam istraženih profila. Sadržaj $CaCO_3$ se u njima povećava po dubini profila i u sloju dubine 0–90 cm varira u veoma širokom rasponu, 0.58–28.32%.

Slično našim rezultatima, Amundson and Lund (1987) i Deneff et al. (2008) nisu pronašli značajan uticaj navodnjavanja na sadržaj karbonata u zemljištima semiaridnih područja. S druge strane, Magaritz and Amiel (1981) dokumentovali su gubitak neorganskog ugljenika u zemljištima obrazovanim na karbonatnim matičnim supstratima, usled njihovog rastvaranja i ispiranja navodnjavanjem.

Rezultati naših istraživanja pokazuju da višegodišnje navodnjavanje i obrada ima negativan uticaj na organsku materiju, odnosno sadržaj humusa u zemljištu. Ispoljene razlike osobina zemljišta možda nisu samo posledica navodnjavanja i obrade, već i neujednačenih početnih osobina zemljišta. Najveći sadržaj humusa, utvrđen je u površinskom sloju nenavodnjavanog zemljišta (tab. 1) koje se na terenu koristi kao livada (profil broj 8). Prosečan sadržaj humusa u površinskim slojevima humusnog

horizonta (0–20–25–30 cm), koji se kod navodnjavanih njivskih zemljišta poklapa sa dubinom A_{hp} horizonta, dubokog 20–30 cm (profili broj 1–7), manji je za oko 34% u poređenju sa livadskim zemljištem (4.75% naspram 7.19%) i za 4% manji u prvom potpovršinskom sloju zemljišta (2.83% naspram 2.95%) (tab. 1).

Tabela 1. Hemijska svojstva istraženih zemljišta (livadska crnica, Klina – Vidanje)

Table 1. Chemical properties of the investigated soils (Fluvisol, Klina – Vidanje)

Broj profila	Horizont	Dubina	Humus	CaCO ₃	pH-H ₂ O	y ₁ ^a	T-S ^b	S ^c	T ^d	V ^e
		cm	%	%	–	cm ³	me/100 g zemljišta			%
1	A _{hp}	0–20	5.93	0.00	7.24	2.84	1.85	55.65	57.50	96.78
	A _{hf}	20–40	3.14	0.00	7.30	2.81	1.83	41.72	43.55	95.80
	B _{ca}	40–60	2.38	trag.	7.36	2.03	1.31	36.10	37.41	96.50
2	A _{hp}	0–30	3.73	0.00	7.32	2.55	1.66	36.61	38.27	95.66
	A _h	30–60	2.29	0.00	7.29	2.28	1.48	32.35	33.83	95.62
	A _h G _o	60–90	1.31	0.00	7.32	2.55	1.66	36.62	38.28	95.66
3	A _{hp}	0–25	4.38	6.97	7.42					
	A _h D ₁	25–40	3.83	7.41	7.50					
4	A _{hp}	0–25	4.60	1.02	7.32					
	A _h	25–50	2.15	0.58	7.28					
	A _h B _{ca}	50–65	2.51	2.61	7.32					
	D ₁	65–90	0.80	28.32	7.74					
5	A _{hp}	0–25	4.05	5.01	7.58					
	A _h G _o	25–50	2.53	7.41	7.60					
	A _h G _o	50–70	1.84	7.84	7.60					
	B _{ca} G _o	70–90	–	13.07	7.62					
6	A _{hp}	0–20	5.36	4.79	7.52					
7	A _{hp}	0–25	5.17	3.27	7.44					
	A _h	25–50	3.02	7.41	7.50					
	A _h	50–70	1.98	10.02	7.52					
8	A _{h1}	0–20	7.19	0.00	7.34	2.81	1.83	53.01	54.84	96.66
	A _h	20–40	2.95	0.00	7.38	2.29	1.49	38.72	40.21	96.29
	A _h	40–70	1.88	trag.	7.46	–	–	–	–	–

Napomena: ^ay₁ – prva titraciona vrednost hidrolitičke kiselosti, ^bT–S – hidrolitička kiselost; ^cS – suma baznih katjona; ^dT – kapacitet adsorpcije katjona; ^eV – stepen zasićenosti zemljišta baznim katjonima.

Nasuprot tome, drugi potpovršinski sloj navodnjavanih njivskih zemljišta imao je za oko 6% veći prosečan sadržaj humusa nego u nenavodnjavanoj livadi (2.00% naspram 1.88%). Veliko smanjenje sadržaja humus (za 58.97%) utvrđeno je u nenavodnjavanom livadskom zemljištu od prvog do drugog sloja zemljišta, kao i od drugog do trećeg sloja zemljišta (za 36.27%). Suprotno livadskom zemljištu navodnjavana njivska zemljišta pokazala su homogeniju distribuciju humusa jer su razlike u njegovom sadržaju od prvog do drugog, odnosno od drugog do trećeg analiziranog sloja zemljišta iznosile 40.42%, odnosno 29.32%. Rezultati ovih istraživanja upućuju na to da je višegodišnje navodnjavanje i obrada

doprinela značajnom smanjenju sadržaja humusa u njivskim zemljištima. Razlog ovome je najverovatnije ispiranje najpokretnijih komponenti organskih materija vodama za navodnjavanje (Pankov and Moisev, 1981). Suprotno našim rezultatima, Adejumobi et al. (2014) su utvrdili da navodnjavanje potapanjem ima pozitivan uticaj na organski ugljenik u zemljištu. Naime, navedeni autori navode da je trinaestogodišnje navodnjavanje doprinelo povećanju sadržaja organske materije u zemljištima Nigerije. Sadržaj humusa u A_h horizontu istraženih zemljišta (1.31–7.19%) znatno je veći negu u fluvisolima na području srednjeg toka Dunava, u ataru Čelareva i Kaća (0.58–1.54%) (Pekeč and Katanić, 2019).

Prema Walkley-Black-ovoj skali, idealni sadržaj organske materije (humusa) u zemljištu sa stanovišta kretanja hranljivih materija i plodnosti treba da bude 5–8% (Adejumobi et al., 2014). Naša istraživanja oraničnog horizonta navodnjavanih zemljišta ukazuju na smanjenje sadržaja humusa u poređenju sa površinskim slojem nenavodnjavanog livadskog zemljišta kao što je prikazano u tab. 1. Smanjenje sadržaja humusa dovodi do degradacije zemljišta, negativno deluje na ishranu useva, stabilnost strukturnih agregata, zadržavanje vode, obradu zemljišta i pripremu setvenog sloja, aeraciju, otpornost zemljišta na zbijanje i povećanje biološke raznovrsnosti zemljišta (Adejumobi et al., 2014). Za poboljšanje strukture, nakupljanje humusa i aktivnog kalcijuma u površinskim horizontima navodnjavanih zemljišta neophodno je uvođenje višepoljnog plodoreda sa setvom višegodišnjih trava (Žarenkov, 1983).

Rezultati određivanja kapaciteta adsorpcije baznih katjona (T) u našim istraživanjima, prikazani u tab. 1, pokazuju da je u oraničnom horizontu, tj. površinskom sloju navodnjavanih zemljišta kao i u prvom potpovršinskom (podoraničnom sloju) došlo do smanjenja prosečnog nivoa T za 7 me/100 g zemljišta, odnosno, 1.76 me/100 g u poređenju sa nenavodnjavanim livadskim zemljištem. Međutim, iz podataka prikazanih u tab. 1 vidi se da vrednosti T u prva dva sloja istraženih beskarbonatnih profila navodnjavanih njivskih zemljišta variraju u veoma širokom intervalu, 38.27–57.50 me/100 g, odnosno, 33.83–43.55 me/100 g. Naime, slojevi čiji su teksturne klase uglavnom glinovitije i sa većim sadržajem humusa imaju viši nivo T. Iz tab. 1 se vidi da se prosečne vrednosti T smanjuju sa dubinom navodnjavanog i nenavodnjavanog zemljišta. T je dobar pokazatelj kvaliteta zemljišta i njegove produktivnosti, prema tome, istražena zemljišta spadaju u grupu zemljišta sa visokim i veoma visokim kapacitetom adsorpcije katjona (Dugalić i Gajić, 2005). Pored toga, zemljišta visokog kapaciteta adsorpcije katjona manje su podložna ispiranju i imaju veći kapacitet zadržavanja vode u poređenju sa peskovitim zemljištima nižeg kapaciteta adsorpcije katjona koja imaju veću verovatnoću za nedostatak kalijuma, magnezijuma i drugih katjona.

Suprotno našim istraživanjima, Adejumobi et al. (2014) i Haliru and Japheth (2019) saopštili su da navodnjavanje povećava kapacitet adsorpcije katjona. Veće vrednosti T u navodnjavanim poljoprivrednim zemljištima mogu se pripisati donošenju razmenljivih baznih katjona u zemljište

erozionim procesima (Getaneh et al., 2007) ili povećanju sadržaja organskih materija koje je rezultat neprekidnog navodnjavanja (Denef et al., 2008). U kiselim zemljištima T sam po sebi je mnogo manje važan za obezbeđenost zemljišta hranljivim materijama, nego procentualno zasićenje bazama (V), to jest relativni sadržaj baznih hranljivih katjona u razmenljivom kompleksu.

Kao što pokazuju podaci tab. 1, A_h horizont istraženih profila nenavodnjavanog i navodnjavanog zemljišta se ne razlikuje mnogo po mahom niskim ili veoma niskim vrednostima hidrolitičke kiselosti (T-S), tj. sumi razmenljivo adsorbovanih H⁺ i Al³⁺ jona. Vrednosti T-S u A_h horizontu analiziranih profila bile su manje od 2 me/100 g zemljišta, tj. varirale su u prilično uskom intervalu, 1.31–1.85 me/100 g.

Kada je reč o sadržaju razmenljivih baznih katjona (S) i njihovom rasporedu po dubini profila navodnjavanog zemljišta podaci tab 1. pokazuju da su vrednosti ovog važnog hemijskog pokazatelja stanja adsorptivnog kompleksa zemljišta bile dosta varijabilne, tj. kretale su se u prilično širokom rasponu, 32.35–55.65 me/100 g. Uz to, prosečne vrednosti S navodnjavanih zemljišta bile su nešto manje u poređenju sa nenavodnjavanim zemljištem kojeg karakteriše profil broj 8. Ovi rezultati upućuju na to da višegodišnje navodnjavanje doprinosi laganom ispiranju baznih katjona iz adsorptivnog kompleksa istraženih zemljišta. Naši nalazi su u skladu sa istraživanjima Gajić (1991), Takase et al. (2011) i Adejumobi et al. (2014) koji su izvestili o značajnom smanjenju baznih katjona u navodnjavanim zemljištima.

Među pokazatelje stepena izraženosti dealkalizacije i acidifikacije zemljišta uopšte, spada i stepen zasićenosti zemljišta razmenljivo adsorbovanim baznim katjonima (V vrednost, %), pre svega njihovog humusnog horizonta. Pored toga što spada u grupu najvažnijih pokazatelja hemijskih osobina beskarbonatnih zemljišta, V je istovremeno i jedan od najvažnijih kriterijuma za njihovu klasifikaciju. Stepenu zasićenosti razmenljivo-adsorbovanim baznim katjonima A_h horizonta izučeni beskarbonatnih profila navodnjavanih njivskih zemljišta (profili broj 1 i 2) i nenavodnjavanog profila livadskog zemljišta (profil broj 8) varira u dosta uskom intervalu, 95.62–96.66% (tab. 1). Prema klasifikaciji koju navodi Baize (1993), analizirani beskarbonatni profili po V vrednostima spadaju u grupu (varijetet) bazama skoro potpuno zasićenih zemljišta.

U „tipološkom“ pogledu zemljišta koja reprezentuju svih osam izučeni profila u slabijem ili jačem stepenu razvijenih dolinskih humusno-akumulativnih zemljišta, obrazovanih na karbonatnom glinovitom, aluvijalnom nanosu Belog Drima mogu se, na osnovu njihovih prethodno istraženih morfoloških, fizičkih (Gajić i sar., 2020) i hemijskih svojstava, prema današnjem stepenu razvijenosti naše sistematike zemljišta, uvrstiti u isti genetski tip – dolinsku (aluvijalnu) livadsku crnicu, odnosno Mollic Fluvisol (IUSS Working Group WRB, 2007) ili Fluvic Phaeozem (IUSS Working Group WRB, 2015), u zavisnosti od izdanja WRB sistema, sa dva podtipa, i to:

a) Karbonatni podtip, po osobinama humusnog horizonta u znatnoj meri „černozemoliku“ ili „rendzinoidnu“ crnicu, koju karakterišu profili 3, 5, 6 i 7. To je varijanta (podtip) slabije razvijenih, mahom plitkih do srednje dubokih zemljišta, u čijim profilima se do sloja peska i skeleta (izuzev u profilu 5) ne nailazi na horizont oglejavanja (Gajić i sar., 2020), što inače nije karakteristična pojava za tipične dolinske livadske crnice, koji je ovde svakako prisutan na većoj dubini, u zoni podzemne vode;

b) Izluženi (beskarbonatni), u izvesnom stepenu smoničavi (vertični) podtip, koji karakterišu profili 1, 2 i 8, koji ne sadrže CaCO_3 u mahom prilično dubokom humusnom horizontu, ispod koga se u profilima 1 i 8 nalazi iluvijalno-karbonatni horizont na dubini manjoj od 100 cm, dok je u profilu 2 CaCO_3 ispran dublje od 110 cm, ali već donji deo njegovog humusnog horizonta (A_tG_o), počev od 60 cm, pokazuje tragove slabog oglejavanja, koje sa povećanjem dubine biva sve izraženije (Gajić i sar., 2020).

Od ostalih sedam ispitivanih zemljišnih profila znatno se razlikuje profil 4. On ne sadrži CaCO_3 u svom prilično dubokom (oko 50 cm) humusnom horizontu. Ne pokazuje ni tragove oglejavanja do dubine 90 cm, na kojoj se javlja sa CaCO_3 dobro cementirani sloj kamenitih oblutaka, koji liči na ploču krečne kore, slično kao u nekim mačvanskim černozemolikim zemljištima obrazovanim od lesolike karbonatne ilovače (Tanasijević i Pavićević, 1953), ispod koje se, isto kao i u ovom slučaju, nalazi sloj karbonatnog peska, šljunka i kamenja. Prisustvo tog cementiranog karbonatima sloja onemogućilo je dublje kopanje zemljišta u profilu 4. Po svojoj građi, i prilično povoljnim fizičkim svojstvima do dubine 90 cm, i pored toga što se u njemu, kao i u drugim dubljim profilima ovdašnje livadske crnice zapaža uticaj dugotrajnog navodnjavanja u podorničnom delu humusnog horizonta (Gajić i sar., 2020), profil 4 ukazuje na izluženi černozem, odnosno na duboko izluženu aluvijalnu rendzinu, mada se zadnji naziv nije koristio u zvaničnoj klasifikaciji zemljišta na području bivše Jugoslavije, za zemljišta na najnižim rečnim terasama.

Kada je reč o veoma interesantnoj pojavi „rendzinoidnih“ (karbonatnih i izluženih) zemljišta na plavnoj i na najnižem delu prve suve terase Belog Drima u okolini Kline, napominjemo, kao veome značajno za buduća istraživanja dolinskih zemljišta Srbije, da je na slična zemljišta nailazio naš čuveni pedolog prof. dr Miodrag Živković (usmeno saopštenje) i u nekim drugim rečnim dolinama Srbije, kao, na primer, u dolini Zapadne Morave (u okolini Kraljeva), Nišave (u okolini Bele Palanke), zatim pored Drine (u Mačvi). Iz udžbenika Pedologije Antić i sar. (1980) saznajemo da su oni još 1965. godine (i kasnije – 1967, 1969, 1971. i 1972. godine) deteljnije izučili slična zemljišta obrazovana u centralnim delovima aluvijalnih ravni Drave i Dunava u Baranji, na ilovastom aluvijalnom nanosu, pri čemu su ih opisali kao poseban tip livadskih zemljišta, sa A–C profilom, pod nazivom – aluvijalne pararendzine.

Rendzinoidno zemljište doline Belog Drima, obrazovano pod jednom od najslabije vlaženih varijanti dolinske šume hrasta lužnjaka (*Quercus robur*), poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia*) i brešta (*Ulmus minor*) (koji izumire), čiji ostaci su još prisutni na nekoliko lokaliteta ispitane teritorije,

pripadalo bi, prema Pedologiji Antić i sar. (1980), najsuvljoj varijanti aluvijalne pararendzine – umereno suvoj do umereno vlažnoj aluvijalnoj pararendzini pod šumom hrasta lužnjaka, poljskog jasena i bresta (*Ulmeto – Fraxinetum quercetosum*).

U vezi sa napred rečenim, ističemo potrebu da bi ovom veoma interesantnom rendzinoidnom dolinskom (aluvijalnom) zemljištu Srbije, tj. aluvijalnoj pararendzini navedenih autora, trebalo u budućim istraživanjima zemljišta Srbije posvetiti posebnu pažnju. Tačnije rečeno, ta zemljišta zaslužuju da budu predmet posebnih produbljenih istraživanja s obzirom na njihovu slabu izučenost, kao i okolnost da takvo zemljište na najnižoj rečnoj terasi nije retka pojava u južnoj i jugoistočnoj Srbiji, a možda ga ima i u drugim krajevima naše zemlje, kako bi se tačno utvrdilo mesto takvog zemljišta u nedovoljno razrađenoj sistematici naših dolinskih zemljišta.

S obzirom na činjenicu da je pretežni deo ispitanih zemljišta u znatnom stepenu antropogenizovan dugotrajnim navodnjavanjem (irigacijom) možda bi im najbolje odgovarao naziv – dolinsko-livadski irigosoli.

Zaključci

Conclusions

Na temelju nalaza ovog istraživanja zaključeno je da su hemijska svojstva ispitanih zemljišta prilično povoljna, što se odražava na velikoj produktivnosti dubljih varijeteta tih zemljišta, kao i na nizu njihovih fizičkih osobina. Neplansko i nekontrolisano višegodišnje površinsko navodnjavanje uticalo je na promene određenih hemijskih svojstava u A_h horizontu njivskih zemljišta u poređenju sa nenavodnjavanim livadskim zemljištem. Utvrđeno je neznatno povećanje reakcije zemljišta ($pH-H_2O$) što u budućnosti može predstavljati problem zaslanjenosti ukoliko se ne provede pravilno upravljanje navodnjavanjem. Sadržaj humusa, koji igra važnu ulogu na kvalitet zemljišta značajno je smanjen. Pored toga, navodnjavanje je uticalo na smanjenje kapaciteta adsorpcije katjona (T), i sume adsorbovanih baznih katjona (S), što ne pogoduje visokom potencijalu za zadržavanje biljnih hranljivih materija.

Ovo istraživanje ističe važnost sprovođenja monitoringa navodnjavanih zemljišta radi sprečavanja daljeg pogoršanja. Pored toga treba podsticati pravilno planiranje navodnjavanja, jer je sadržaj vode u zemljištu ključan za obezbeđivanje potrebe useva za vodom i rastvaranje hranljivih materija što ih čini biljkama dostupnim.

Zahvalnica

Acknowledgement

Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja u okviru ugovora o realizaciji i finansiranju naučno-istraživačkog rada u 2020. godini između Poljoprivrednog fakulteta u Beogradu i Ministarstva prosveta, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, evidencioni broj ugovora: 451-03-68/2020-14/200116.

Literatura

References

- Adejumobi MA, Ojediran JO, Olabiyi OO. 2014: Effects of irrigation practices on some soil chemical properties on OMI irrigation scheme. *Journal of Engineering Research and Applications* 4(10): 29–35.
- Amundson RG, Lund LJ. 1987: The stable isotope chemistry of a native and irrigated typic Natrargid in the San-Joaquin Valley of California. *Soil Science Society of America Journal* 51: 761–767.
- Anikanova EM, Markin BA, Nikolaeva SA, i dr. 1980: Osnovne problem orošivanja černozemov juga evropejskoj časti SSSR. Problemi irrigacii počv Černozemnoj zoni. Moskva, Nauka: 5–11.
- Antić M, Jović N, Avdalović V. 1980: *Pedologija*. Naučna knjiga, Beograd.
- Baize, D. 1993: *Soil Science Analyses. A guide to current use*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Belogaev VK, Bobkov VP, Turuleva VA. 1976: Izmenenie himičeskogo sastava i vodno-fizičeskikh svojstv počv Nižnego Dona pri orošenii. Genezis i melioracija počv risovih polej: Bjulleten Počvennogo Instituta im. V.V. Dokučaeva. Vip. XII: 22–27.
- Bogdanović M, Velikonja N, Racz Z. 1966 (urednici): *Priručnik za ispitivanje zemljišta. Knjiga I. Hemijske metode ispitivanja zemljišta*. Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Beograd.
- Denef K., Stewart CE., Brenner J., Paustian K. 2008: Does long-term center-pivot irrigation increase soil carbon stocks in semi-arid agro-ecosystems? *Geoderma* 145:121–129.
doi:10.1016/j.geoderma.2008.03.002
- Doran JW., Parkin TB. 1994: Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdick, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. *Soil Science Society of America*, Special Publication No. 35, pp. 3–21.
- Dugalić G, Gajić B. 2005: *Pedologija. Praktikum*. Agronomski fakultet Čačak, Čačak.
- Gajić B. 1991: Uticaj višegodišnjeg navodnjavanja na promene nekih fizičkih osobina černozema i ritske crnice u jugoistočnom Sremu pri gajenju ratarskih i povrtarskih kultura. *Magistarska teza*. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet. Beograd – Zemun.

- Gajić B, Đurović N, Dugalić G. 2010: Composition and stability of soil aggregates in Fluvisols under forest, meadows, and 100 years of conventional tillage. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 173: 502–509. doi: 10.1002/jpln.200700368
- Gajić B. 2013: Physical properties and organic matter of Fluvisols under forest, grassland, and 100 years of conventional tillage. *Geoderma*, 200–201: 114–119. doi:10.1016/j.geoderma.2013.01.018
- Gajić B, Kresović B, Pejić B, Tapanarova A, Dugalić G, Životić Lj, Sredojević Z, Tolimir M. 2020: Some physical properties of long-term irrigated fluvisols of valley the river Beli Drim in Klina (Serbia). *Zemljište i biljka*, 69(1): 21–35. doi:10.5937/ZemBilj2001021G
- Getaneh F, Deressa A, Negassa W. 2007: Influence of Small scale Irrigation on Selected Soil Chemical Properties. Tropentag, Witzenhausen, Germany.
- Hailu EK, Abate B, Hordofa T. 2003: Effect of blended irrigation water quality on soil physico-chemical properties and cotton yield in Middle Awash Basin Ethiopia. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering* 8(1): 1–10.
- Haliru M, Japheth O. 2019: Soil chemical properties as influenced by irrigation water sources in Sokoto, Nigeria. *East Afrikan Scholars Journal of Agriculture and Life Sciences* 2(10): 476–479. doi: 10.36349/EASJALS.2019.v02i10.006
- IUSS Working Group WRB, 2007: World Reference Base for Soil Resources 2006, First Update 2007. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- IUSS Working Group WRB, 2015: World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- Kercheva M, Sokołowska Z, Hajnos M, Skic K, Shishkov, T. 2017: Physical parameters of Fluvisols on flooded and non-flooded terraces. *International Agrophysics* 31: 73–82, <https://doi:10.1515/intag-2016-0026>
- Kresović B, Tapanarova A, Tomić Z, Životić Lj, Vujović D, Sredojević Z, Gajić B. 2016: Grain yield and water use efficiency of maize as influenced by different irrigation regimes through sprinkler irrigation under temperate climate. *Agricultural Water Management*, 169: 34–43. doi:10.1016/j.agwat.2016.01.023
- Lisikova NN, Rževskaja IV. 1975: K voprosu o vlijanii orošenija na sodržanie i pereraspredelenie gumusa po profilju lugovo-černozemnih počv. Povišenje effektivnosti orošaćemogo zemledelija: Trudy Odesskogo SHI. Odessa: 58–60.
- Magaritz M, Amiel AJ. 1981: Influence of intensive cultivation and irrigation on soil properties in the Jordan Valley, Israel – recrystallization of carbonate minerals. *Soil Science Society of America Journal* 45: 1201–1205.

- Mon R, Irurtia C, Botta GF, Pozzolo O, Melcón FB, Rivero D, Bomben M. 2007: Effects of supplementary irrigation on chemical and physical soil properties in the rolling pampa region of Argentina. *Ciencia e Investigacion Agraria (Cien. Inv. Agr.)* 34(3): 187–194.
- Orlov DS, Anikanova EM, Markin VA. 1980: Osobennosti organičeskogo veščestva orošaemih počv. Problemi irrigacii počv černozemnoj zoni. Moskva, Nauka: 35–61.
- Pankov JA, Moiseev AA. 1981: Vlijanie dlitel'nogo orošenija na izmenenie soderžanija gumusa i nekih fizičeskikh svojstv predkavkazskih karbonatnih černozemov. Progressivnie sposobi, tehnika i tehnologija poliv. Novočerkassk: 81–84.
- Pekeč S, Katanić M. 2019: Properties of the Fluvisol soil in the middle Danube basin. *Zemljište i biljka*, 68(2): 24–32. doi:10.5937/ZemBilj1902024P
- Schoenholtz SH, Van Miegroet H, Burge JA. 2000: A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management* 138: 335–356.
- Sinkevič ZA, Ganenko VP. 1983: Vlianie irrigacii na sovremennye processy v černozeme obyknovennom. Tezisy doklada konferencii „Černozemy Moldavii i ih racional'noe ispol'zovanie“. Kišinev: 51–53.
- Sujundukov JaT. 1998: Vlijanie orošenija na hemičeskie svojstva černozemov obiknovennih Zauralja. *Počvovedenie* 8: 942–947.
- Škorić A, Filipovski G, Ćirić M. 1985: Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Posebna izdanja, Knjiga LXXVII, Odeljenje prirodnih i matematičkih nauka. Knjiga 13, Sarajevo.
- Takase M, Sam-Amoah LK, Owusu-Sekyere JD. 2011: The effects of four sources of irrigation water on soil chemical and physical properties. *Asian Journal of Plant Science* 10(1): 92–96. DOI: 10.3923/ajps.2011.92.96
- Tanasijević Đ, Pavićević N. 1953: Pedološki pokrivač Mačve, Pocerine i Jadra. Beograd.
- Tolimir M, Kresović B, Životić Lj, Dragović S, Dragović R, Sredojević Z, Gajić B. 2020: The conversion of forestland into agricultural land without appropriate measures to conserve SOM leads to the degradation of physical and rheological soil properties. *Scientific Reports* 10, 13668 (2020). doi: 10.1038/s41598-020-70464-6
- Žarenkov VP. 1983: Sostojanie orošaemih počv v nizovjah reki Boljšoj uzen. *Počvovedenie* 7: 120–125.

Chemical properties of long-term irrigated Fluvisols of the Beli Drim river valley in the Klina region (Serbia)

Miodrag Tolimir², Branka Kresović², Borivoj Pejić³, Katarina Gajić¹, Angelina Tapanarova¹, Zorica Sredojević¹, Boško Gajić^{1*}

¹University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Belgrade, Serbia

²Maize Research Institute „Zemun Polje“, Slobodana Bajića 1, 11185 Belgrade, Serbia

³University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: bonna@agrif.bg.ac.rs, +38111 4413 138

Abstract

The impact of long-term (> 100 yr) irrigation on soil chemical properties was studied on eight plots in the Beli Drim river valley in Kosovo and Metohija near Klina, Serbia. For these studies, soil samples from shallow profiles were collected from only one or two depth zones of the A_h horizon; and from moderately deep and deep profiles, from two to three depth zones for the purpose of comparing irrigated field and non-irrigated meadow lands. Water from the Beli Drim River and surface gravity systems (irrigation furrows or border strip irrigation) were used for irrigation. Chemical variables included determination of pH-H₂O, content of CaCO₃, content of humus, hydrolytic acidity, sum of basic cations, cation exchange capacity, and base saturation. On irrigated soils, the results of chemical analysis showed on average a small increase in pH-H₂O (0.07 pH units), as well as a significant decrease in humus content (2.00–4.75%), sum of basic cations (4.98–12.98%) and cation exchange capacity (12.8%) compared to the non-irrigated land of the study area. Long-term irrigation had no effect on hydrolytic acidity and base saturation in the A_h horizon of the investigated lands. Namely, the mentioned variations in the chemical properties of the investigated soils show that slight processes of reduction in the humus content and reduction of the content of base cations occurred. Data on the chemical properties of the investigated soils indicate that the destructive processes of reduction in the humus content and leaching of base cations must be controlled in order to achieve a stable sustainable system of high productivity and prevent their further deterioration.

Keywords: Fluvisols, organic matter, cation-exchange capacity, hydrolytic acidity, sum of basic cations, base saturation

Received 05.12.2020

Revised 18.02.2021

Accepted 23.03.2021