

Plodnost i sadržaj potencijalno toksičnih elemenata u zemljištu Mačve

Vesna Mrvić^{1*}, Zoran Dinić¹, Darko Jaramaz¹, Nikola Koković¹, Sonja Tošić Jojević¹,
Vojislav Lazović¹, Biljana Sikirić¹

¹Institut za zemljište, Teodora Drajzera 7, 11000 Beograd, Srbija

*Autor za korespondenciju: V. Mrvić, soils.mrvic@gmail.com

Izvod

Abstract

Ispitivanjem plodnosti zemljišta Mačve (fluvisol, humoglej i euglej, černozem, eutrični kambisol, pseudoglej, luvisol, vertisol) ustanovljeno je da dominiraju zemljišta povoljne reakcije za uspevanje većine kultura, ali oko 25% uzoraka, uglavnom na pseudogleju i luvisolu, ima nepovoljnu, jako kiselu reakciju. Sadržaj humusa je uglavnom srednji i visok, kao i rezerve azota. Utvrđen je nizak sadržaj fosfora u oko polovini uzoraka, a s druge strane u oko 10% uzoraka veoma visok sadržaj fosfora i kalijuma, kao rezultat osobina zemljišta i neodgovarajućeg đubrenja. Sadržaj potencijalno toksičnih elemenata (PTE) i vrednosti prirodnog fona su oko, ili ispod vrednosti za centralnu Srbiju. Ove vrednosti su ispod maksimalno dozvoljenih granica u domaćoj regulativi, sem Ni, čiji je sadržaj povećan u pojedinim uzorcima u aluvijumu reka Drine i Save i u zemljištu u neposrednoj okolini. Lokacije sa vrednostima iznad prirodnog fona i graničnih vrednosti u zakonskoj regulativi zahtevaju dodatnu analizu uticaja na životnu sredinu.

Ključne reči: plodnost zemljišta, potencijalno toksični elementi, Mačva

Uvod

Introduction

Mačvanska ravnica je najveća ravnica u užoj Srbiji, površine je oko 800 km². Prostire se između Save, Drine i Pocerine. Povoljni prirodni uslovi su doprineli da je ovo područje sa veoma razvijenom poljoprivrednom proizvodnjom.

Zemljišta ove oblasti proučavao je veći broj istraživača. Po navodima Tanasijevića i Pavićevića (1953) geološku podlogu Mačve čine deluvijalno-aluvijalni nanosi različitog sastava, nataloženi preko neogenih sedimenata. Nastali su pomeranjem toka Drine ka zapadu (oko 20-30 km), i toka Save ka severu (oko 7- 8 km), gde je Sava usekla svoje sadašnje korito u sremski lesni plato. Nanosi su sastavljeni od gline, ilovače i šljunka. U gornjem delu profila preovlađuje ilovača, a negde i šljunak, odnosno pesak. U središnjoj i severnoj Mačvi je iznad

pomenutih nanosa nataložen sloj karbonatne lesolike ilovače ili lesa, koji je eolskim putem nanet iz Vojvodine, na kome je formiran černoze.

Na osnovnoj pedološkoj karti Srbije (list Šabac 1 i 2, Tanasijević i sar., 1961) vidi se da su u Mačvi formirani gotovo svi tipovi zemljišta karakteristični za ravničarske i brežuljkaste rejone: aluvijalno zemljište (Fluvisol), humoglej i euglej (Gleysol), černoze (Chernozem), eutrični kambisol (Eutric Cambisol), pseudoglej i ilimerizovano zemljište (Stagnosol, Planosol, Luvisol), smonica (Vertisol) (po klasifikaciji Škorić, Ćirić i Filipovski, 1985 i WRB, 2014).

Ispitivanje karakteristika zemljišta i stepena zagađenosti bilo je predmet većeg broja istraživanja (Mrvić i sar. 2009, Čakmak i sar., 2009, Dugonjić i sar., 2012; 2013). Na ovom području osnovni činioci koji utiču na zagađenje zemljišta su: nebezbedna proizvodnja i odlaganje stajnjaka, neregulisana kanalizaciona mreža za otpadne vode, nekontrolisana primena mineralnih đubriva i pesticida, odlaganje otpada, plavljenje i zabarivanje, deponija fabrike mineralnih đubriva „Zorka“ (UNEKO, 2015).

Predmet rada je utvrđivanje osnovnih osobina zemljišta, sadržaja i prirodnog fona potencijalno toksičnih elemenata u Mačvi, radi sagledavanje ograničenja zemljišta za intenzivnu biljnu proizvodnju.

Materijali i metode

Materials and methods

Terenski radovi su obavljani 2013. godine. Uzeto je 96 površinskih uzorka zemljišta (0-25 cm), po grid sistemu na svakih 3,3 x 3,3 km. Pet poduzoraka čini prosečan uzorak. Uzorkovanje je obavljeno uglavnom na oranicama (95% uzoraka).

Laboratorijsko ispitivanje je izvršeno u Laboratoriji Instituta za zemljište. U pripremljenim uzorcima zemljišta utvrđeni su osnovni parametri plodnosti: pH u KCl, humus, lako pristupačni P i K, CaCO₃, standardnim metodama priznatim od strane JDPZ - današnje SDPZ (JDPZ, 1966). Ukupan („pseudo total“) sadržaj potencijalno toksičnih elemenata određen je spektrofotometrijski (ICP-OAS), posle kuvanja sa HNO₃ i H₂O₂, a žive iz istog ekstrakta, nakon pripreme hidridnim tehnikama na AAS.

Statistička analiza podataka je obavljena primenom osnovne deskriptivne statistike i metodom korelacije, na SPSS 10 programu.

Rezultati i diskusija

Results and discussion

Plodnost zemljišta

Soils fertility

Na području Mačve dominiraju zemljišta pogodne reakcije za uspevanje većine kultura (Tabela 1). Aluvijalno zemljište pored Drine i Save i severni deo pod humofluvisolom i černozeom, uglavnom je karbonatno, neutralne i slabo alkalne reakcije. Južnije su nekarbonatna zemljišta, kiselije reakcije - černozeom u ogajnjačavanju (oko Klenja), humofluvisol zapadno od Šapca, eutrični kambisol. Oko 25% uzoraka, međutim, ima nepovoljnu, jako kiselu reakciju. To su najčešće uzorci na pseudogleju i luvisolu. Poznato je da jako kisela zemljišta imaju niz negativnih osobina koje ograničavaju normalno uspevanje biljaka: slabo izražena struktura i nepovoljne vodno-fizičke osobine, lošiji kvalitet humusa, debalans u ishrani biljaka, povećana rastvorljivost i toksičnost Al i većine štetnih elemenata, usporeni mikrobiološki procesi (Sikirić i sar., 2018; Dugalić i sar., 2022; Dugonjić i sar., 2022).

Tabela 1. Osnovni statistički parametri osnovnih hemijskih osobina zemljišta

Table 1. Basic statistical parameters of the basic chemical soil properties

Statistički parametri	pH u KCl	CaCO ₃ %	Humus %	N %	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g
Prosek	5,72	1,95	3,33	0,20	13,34	23,61
Standardna devijacija	1,25	4,52	1,26	0,07	14,64	10,93
Minimum	3,70	0,00	1,26	0,10	0,20	8,38
Maximum	7,49	35,00	8,10	0,43	91,77	86,20
25%	4,53	0,00	2,56	0,15	4,78	13,72
50%	5,67	0,00	2,99	0,18	8,25	20,71
75%	7,04	1,66	3,66	0,22	15,34	35,55

Važan pokazatelj plodnosti zemljišta je sadržaj i kvalitet humusa. U ispitivanim uzorcima sadržaj humusa je od 1,26 do 8,10%. U malom broju uzoraka (oko 4%) sadržaj humusa je ispod 2%. Dominiraju zemljišta sa 2-3%, odnosno 3-5% humusa (48 i 38% uzoraka). Visok sadržaj iznad 5% je u 10% uzoraka, najčešće u aluvijumu oko Save i černozeom. S druge strane, pseudoglej ima od 1,5-3% humusa, u zavisnosti od načina korišćenja, što je povezano i sa sastavom humusnih kiselina (Dugonjić i sar, 2023). Rezerve azota su uglavnom dobre, u skladu sa sadržajem humusa.

Sadržaj pristupačnog fosfora u zemljištu je nizak u oko polovini uzoraka (do 10 mg/100 g). Posebno se izdvajaju uzorci na eutričnom kambisolu, pseudogleju i pojedini uzorci

aluvijuma Drine. Nizak nivo fosfora je inače karakterističan za većinu zemljišta centralne Srbije (Čakmak, 2009). Poznato je da se fosfor, kako u jako kiselim zemljištima, tako i u karbonatnim, lako imobilizuje i da se njegova koncentracija đubrenjem sporo povećava. Međutim, zabeležen je i veoma visok nivo fosfora (iznad 30 mg/100 g) u oko 10% uzoraka, u jako đubrenim baštama i oranicama.

Snabdevenost kalijumom je bolja. Nizak sadržaj (8-12 mg/100 g) je u oko 25% uzoraka, a ostali uzorci su srednje, visoko i vrlo visoko snabdeveni kalijumom, posebno u severnom delu na glinovitijem zemljištu, ili jače đubrenim površinama.

Potencijalno toksični elementi (PTE)

Potentially toxic elements (PTEs)

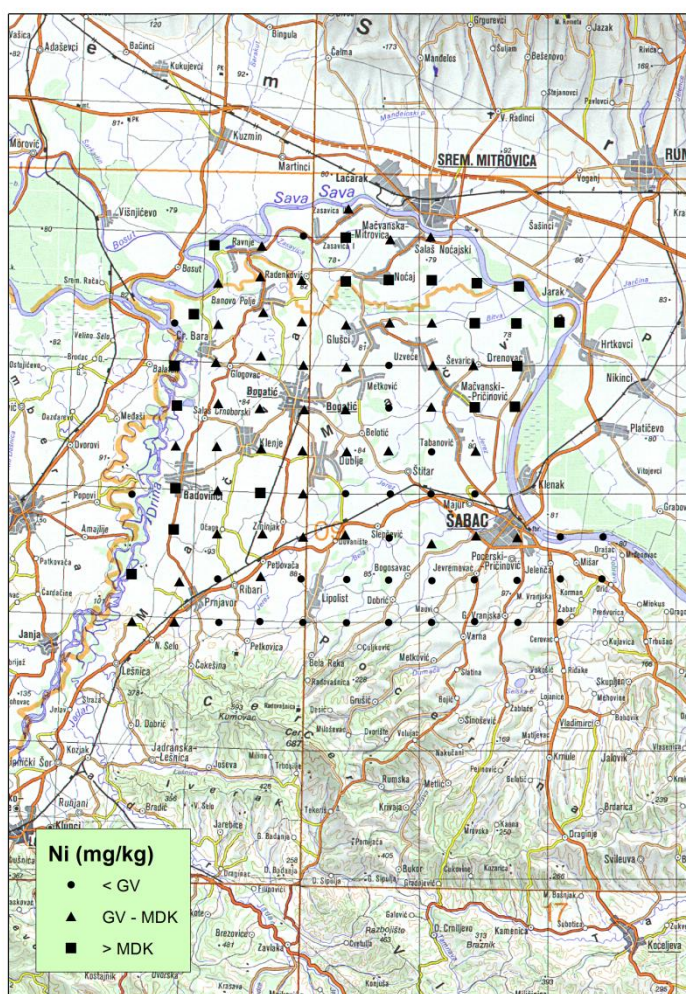
Analiziran je ukupan sadržaj sledećih elemenata: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn (Tabela 2).

Tabela 2. Osnovni statistički parametri sadržaja potencijalno toksičnih elemenata (mg/kg)

Table 2. Basic statistical parameters of the content of potentially toxic elements (mg/kg)

Statistički parametri	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Prosek	6,29	1,52	46,13	23,30	0,01	51,43	24,36	75,61
St. dev.	3,06	0,63	12,60	7,58	0,04	23,45	11,17	27,11
Min	0,93	0,10	18,52	8,70	0,00	11,30	8,07	27,10
Max	14,72	2,73	92,55	43,40	0,35	100,90	70,00	253,20
Koef.varijacije %	48,69	41,29	27,32	32,52	266,50	45,60	45,86	35,85
25%	4,40	1,07	38,48	17,45	0,00	32,50	17,33	62,85
50%	5,73	1,66	43,62	22,90	0,00	43,95	19,75	71,65
75%	7,78	2,02	53,70	29,02	0,02	69,80	28,87	86,50
90%	11,53	2,21	62,34	32,16	0,04	88,40	40,09	100,37
95%	13,51	2,37	69,30	35,93	0,06	94,38	47,05	117,27
98%	14,19	2,66	79,95	41,52	0,08	99,20	66,32	134,70

Prosečne vrednosti PTE su oko ili ispod proseka za centralnu Srbiju (Mrvić, 2009) (Tabela 2). Sadržaj elemenata ne prelazi maksimalno dozvoljene koncentracije koje važe za poljoprivredno zemljište (MDK, Pravilnik, SG RS 23/1994), sem Ni. Sadržaj Ni je u oko 40% uzoraka od 50 - 100 mg/kg. To su uglavnom uzorci u aluvijumu reka Drine i Save i u zemljištu u neposrednoj okolini (eutrični kambisol, černozem) (Karta 1).



Karta 1. Sadržaj Ni u zemljištu na području Mačve

Map 1. Ni content in the soil of Mačva

Poređenjem sa graničnim vrednostima PTE u zemljištu (nekorigovanim, Uredba, SG RS 30/2018), vidi se da sadržaj elemenata u zemljištu Mačve ne prelazi remedijacione vrednosti, dok je u odnosu na granične maksimalne vrednosti (GV) sadržaj Ni i Cd veći u 68 i 80% uzoraka, Cu u 4% uzoraka, a Hg i Zn u po jednom uzorku.

Statistička analiza pokazuje da sadržaj Ni ima visoku korelaciju sa sadržajem Cr (0,861**), a srednju sa As, Cd, Cu, Pb (0,59-0,702**), što ukazuje na delom isto poreklo ovih teških metala (Tabela 3).

Ranija istraživanja pokazuju da se često u aluvijumu nalaze povećane koncentracije potencijalno toksičnih elemenata, a u nekim uzorcima pored naših reka - Velika Morava, Kolubara, Jasenica, posebno povećan sadržaj Ni (u manjoj meri i Cr, Pb i As), koji je pretežno geohemijskog porekla (Jakovljević i sar., 1997; Mrvić i sar., 2009; Antić-Mladenović, 2018).

Pored toga što se elementi geohemijskog porekla uglavnom nalaze u teže pristupačnim oblicima, u fluvijalnim zemljištima je rastvorljivost teških metala smanjena zbog težeg mehaničkog sastava i neutralne reakcije.

Tabela 3. Koralacija sadržaja PTE

Table 3. Correlation of PTE content

	pHuKCl	humus	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb
As	,363**	0,15							
Cd	,278**	,313**	,393**						
Cr	,451**	,320**	,461**	,620**					
Cu	,429**	,428**	,556**	,789**	,642**				
Hg	,351**	0,136	,341**	-0,191	,222*	-0,096			
Ni	,616**	,372**	,680**	,688**	,861**	,702**	,350**		
Pb	,456**	,319**	,733**	0,193	,438**	,415**	,583**	,586**	
Zn	,354**	,414**	,427**	,600**	,431**	,713**	-0,023	,455**	,328**

Radi ocene rizika visokih vrednosti PTE na životnu sredinu i izrade programa rekultivacije, pored poređenja sa graničnim vrednostima u zakonskoj regulativi, treba poznavati i prirodne koncentracije elemenata, jer se time procenjuje stepen antropogenog zagađenja. Postoji veći broj metoda procene granice prirodnog fona elemenata. Jedna od najjednostavnijih je korišćenje procenta, najčešće 95%, za identifikaciju uzoraka koji odstupaju od „normalne varijacije prirodne koncentracije“ (Ander et al., 2013). U literaturi se navodi da su metodama [Mean +2Sdev] i TIF dobijene vrednosti prirodnog fona za različita zemljišta uglavnom na nivou 95-98% (Reinmann, 2018; Mrvić i sar., 2019).

Poređenjem ove granice (95%) za Mačvu (Tabela 2), sa vrednostima za centralnu Srbiju (Mrvić i sar., 2018) vidi se da su u Mačvi vrednosti As, Cr, Cu, Ni, Pb gotovo za polovinu niže, a za Zn slične. Poređenjem sa prirodnim fonom Zapadne Srbije - grafik (Čakmak i sar., 2018) vidi se da su vrednosti u Mačvi znatno niže za As, Cr, Hg, Ni, Pb, a slične za Cd, Cu i Zn. Prirodni fon za Mačvu je niži od MDK, sem Ni, čije se vrednosti približavaju 100 mg/kg. Lokacije sa vrednostima iznad prirodnog fona (5%) i graničnih vrednosti u našoj regulativi zahtevaju dodatnu analizu uticaja na životnu sredinu.

Zaključak

Conclusion

Mačvanska ravnica je jedno od najznačajnijih područja poljoprivredne proizvodnje u Srbiji. Na ovom prostoru formirana su različita zemljišta, boljih bonitetnih klasa - aluvijalno zemljište, humoglej i euglej, černozem, eutrični kambisol, pseudoglej i luvisol, vertisol.

U ovoj oblasti dominiraju zemljišta pogodne reakcije za uspevanje većine kultura, ali oko 25% uzoraka, uglavnom na pseudogleju i luvisolu, ima nepovoljnu, jako kiselu reakciju. Na kiselim zemljištima primena fiziološki alkalnih đubriva, kalcizacija sa humizacijom, uz kontrolu rastvorljivosti mikroelemenata, doprinose poboljšanju proizvodne vrednosti zemljišta.

Sadržaj humusa je uglavnom srednji i visok, kao i rezerve azota. Očuvanje i povećanje humusa, unošenjem organskog đubriva, zaoravanjem biljnih ostataka, promenom plodoreda, neophodno je zbog očuvanja kvaliteta zemljišta i prilagođavanja klimatskim promena, posebno u oblastima sa intenzivnom poljoprivrenom proizvodnjom.

Nizak, odnosno veoma visok sadržaj fosfora i drugih biogenih elemenata treba dovesti do optimalnih koncentracija adekvatnim normama đubriva, primenom sistema kontrole plodnosti zemljišta.

Prosečne vrednosti PTE su oko, ili ispod proseka za centralnu Srbiju. Sadržaj elemenata ne prelazi MDK, sem Ni, gde je u oko 40% uzoraka od 50 - 100 mg/kg. To su uglavnom uzorci u aluvijumu reka Drine i Save, i u zemljištu u neposrednoj okolini.

Prirodni fon elemenata (95%) je niži ili sličan vrednostima za zemljište Zapadne Srbije. Granice su ispod MDK, osim Ni, gde su blizu 100 mg/kg. Lokacije sa vrednostima iznad prirodnog fona i graničnih vrednosti u našoj regulativi zahtevaju dodatnu analizu uticaja na životnu sredinu.

Zahvalnica

Acknowledgements

Ovaj rad je podržalo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (poziv br. 451-03-47/2023-01/ 2000011), kao i Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije - projekat „Kontrola plodnosti i utvrđivanje štetnih i opasnih materija u zemljištu Republike Srbije“.

Literatura

References

- Ander L, Jonson C, Cave M, Palumbo-Roe B, Nathanai P, Murray L. 2013. Methodology for the determination of normal background concentrations of contaminants in English soil. *Science of The Total Environment* 454–455:604–618.
- Antić-Mladenović S, Kresović M, Čakmak D, Perović V, Saljnikov E, Ličina V, Rinklebe J 2019. Impact of a severe flood on large-scale contamination of arable soils by potentially toxic elements (Serbia). *Environmental Geochemistry and Health* 41: 249-266.
- Čakmak D, Martinović Lj, Stevanović D, Mrvić V, Saljnikov E, Sikirić B, Koković N. 2009. Plodnost zemljišta, II poglavlje knjige "Plodnost i sadržaj opasnih i štetnih materija u zemljištima centralne Srbije", Izdavač: Institut za zemljište. Beograd.
- Čakmak, D. i sar 2018. Utvrđivanja prirodnog fona pojedinih štetnih i opasnih materija u zemljištu. Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ Univerzitet u Beogradu (fin. Ministarstvo zaštite životne sredine).
- Dugalić G, Dugalić M, Bošković-Rakočević Lj, Rajičić V, Litvinovich A, Lavrishchev A, Bure V, Grujić T, Saljnikov E. 2022. The values of different types of acidity of pseudogley soils in the Kraljevo basin under forest, meadow and arable land uses. *Zemljište i biljka* 71: 1-10.
- Dugonjić M, Cupać S, Tomić Z, Đorđević A. 2012. Some physico-mechanical characteristics of pseudogley soils of plains and slopes under forest, grassland and arable land. *Zemljište i biljka* 61: 47-56
- Dugonjić M, Cupać S, Đorđević A, Vićentijević M, Knežević M, Tomić Z. 2013. Sadržaj i grupno-frakcioni sastav humusa u ravničarskom i obronačnom pseudogleju južne Mačve i Pocerine. *Glasnik Šumarskog fakulteta* 107: 71-86
- Jakovljević M, Kostić N, Stevanović D, Blagojević S, Wilson M, Martinović Lj 1997. Factors Influencing the Distribution of Heavy Metals in the Alluvial Soils of the Velika Morava River Valley, Serbia. *Applied Geochemistry* 12: 637–642.
- Mrvić V., M. Zdravković, B. Sikirić, D.Čakmak, Kostić-Kravljanac. 2009. Sadržaj štetnih i opasnih elemenata, III poglavlje knjige "Plodnost i sadržaj opasnih i štetnih materija u zemljištima centralne Srbije", Izdavač: Institut za zemljište. Beograd.

- Mrvić V, Sikirić B, Jaramaz D, Koković N, Nikoloski M. 2019. Background and threshold values of potentially toxic elements in soil at Central part of Republic of Serbia. *Ratarstvo i povrtarstvo* 56:1–6.
- Reimann C, Fabian K, Birke M, Filzmoser P, Demetriades A, Négrel P, Orts K, Matschullat J, Caritat P 2018. GEMAS: Establishing geochemical background and threshold for 53 chemical elements in European agricultural soil. *Applied Geochemistry* 88: 302–318.
- SG RS 23/94 Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama za njihovo ispitivanje, Ministarstvo poljoprivrede šumarstva vodoprivrede. Službeni glasnik Republike Srbije 23/94.
- SG RS 30/2018. Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih, štetnih i opasnih materija u zemljištu. Službeni glasnik Republike Srbije 30/2018.
- Sikirić B, Saljnikov E, Stajković-Srbinić O, Jaramaz D., Čakmak D., Mrvić V. 2018. Agrohemijske karakteristike zemljišta na području opštine Prijepolje. *Zemljište i biljka* 67: 36-45.
- Škorić A, Ćirić M, Filipovski G. 1985. Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Sarajevo
- Tanasijević Đ, Pavićević N. 1953. Pedološki pokrivač Mačve, Pocerine i Jadra. *Zemljište i biljka*, II.
- Tanasijević Đ, Antonović G, Aleksić Ž, Pavićević N, Filipović Đ, Spasojević M. 1966. Pedološki pokrivač zapadne i severozapadne Srbije. Institut za proučavanje zemljišta. Beograd.
- Tanasijević Đ, Jeremić M, Filipović Đ, Aleksić Ž., Nikodijević V, Antonović G, Spasojević M. 1961. Osnovna pedološka karta Srbije R=1:50 000, list Šabac 1 i 2, Institut za proučavanje zemljišta, Beograd.
- UNEKO - Zdrava zemlja za zdrav život Mačve 2015. Unija ekologa UNEKO
- JDPZ 1966. Priručnik za ispitivanje zemljišta. Knjiga I, Hemijske metode ispitivanja zemljišta, Beograd.
- WRB - World reference base for soil resources 2014, FAO.

Fertility and content of potentially toxic elements in the soils of Mačva

Vesna Mrvić^{1*}, Zoran Dinić¹, Darko Jaramaz¹, Nikola Koković¹, Sonja Tošić Jojević¹,
Vojislav Lazović¹, Biljana Sikirić¹

¹Institute of Soil Science, Teodora Drajzera 7, 11000 Belgrade, Serbia

*Corresponding author: V. Mrvić, soils.mrvic@gmail.com

Abstract

By examining the fertility of Mačva soil (fluvisol, humogley, eugley, chernozem, eutric cambisol, pseudogley, luvisol, vertisol), it was found that the soils with a reaction which is favourable for growth of most crops dominate, but about 25% of the samples, mainly on Pseudogley and Luvisol, have an unfavourable, highly acidic reaction. Soil organic matter content is generally medium to high, as are the nitrogen reserves. A low content of phosphorous was found in about half of the samples, while in about 10% of soil samples, a very high phosphorous and potassium content was found, as a result of soil properties as well as inappropriate fertilization. The PTE content and natural background values are around or below the values for Central Serbia. These values are below the maximum allowed limits in domestic regulations, except for Ni, whose content increased in some samples in the alluvium of the Drina and Sava rivers and in the soil in close vicinity. Locations with values above the natural background and limit values in the legal regulations require an additional analysis of the impact on the environment.

Keywords: soil fertility, potentially toxic elements, Mačva

Received 17.07.2023

Revised 29.08.2023

Accepted 08.09.2023