

56. HRVATSKI I	56 th CROATIAN AND
16. MEĐUNARODNI	16 th INTERNATIONAL
SIMPOZIJ	SYMPOSIUM ON
AGRONOMA	AGRICULTURE

5. – 10. rujna 2021. | Vodice | Hrvatska

September 5 – 10, 2021 | Vodice | Croatia

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

Vodice, OLYMPIA Sky

Izdavač | Published by **Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**
Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Za izdavača | Publisher **Krunoslav Zmaić**

Glavni urednici | Editors in Chief **Vlatka Rozman**
Zvonko Antunović

Oblikovanje | Design by **Ras Lužaić**

Tisak | Print by **VIN Grafika**

ISSN **2459-5543**

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Agronomski i prehrambeno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Mostaru, Bosna i Hercegovina

Akademija poljoprivrednih znanosti

Association for European Life Science Universities (ICA)

Balkan Environmental Association (B.EN.A)

Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Slovenija

European Hygienic Engineering&Design Group (EHEDG), Germany

European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng)

Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Univerza v Mariboru, Slovenija

Hrvatska agronomska komora

Hrvatsko agronomsko društvo

Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Sveučilište u Slavonskom Brodu

Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

pod pokroviteljstvom

Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske

Ministarstva poljoprivrede Republike Hrvatske

Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske

u suradnji s

Bc Institutom za oplemenjivanje i proizvodnju bilja, Zagreb

Brodsko-posavskom županijom

Društvom agronoma Osijek

Gradom Osijekom

Gradom Požegom

Gradom Slavonskim Brodom

Gradom Vinkovcima

Gradom Vodicama

Hrvatskim lovačkim savezom, Zagreb

Hrvatskom agencijom za poljoprivredu i hranu, Osijek

Hrvatskom gospodarskom komorom, Zagreb

Hrvatskom poljoprivrednom agencijom, Križevci

Institutom za jadranske kulture i melioraciju krša, Split

Institutom za poljoprivredu i turizam, Poreč

Osječko-baranjskom županijom

Poljoprivrednim institutom Osijek

Sveučilištem u Splitu

Turističkom zajednicom Osječko-baranjske županije

Veleučilištem u Požegi

Visokim gospodarskim učilištem u Križevcima

Vukovarsko-srijemskom županijom

organiziraju

56. hrvatski i 16. međunarodni simpozij agronoma

5. do 10. rujna 2021., Vodice, Hrvatska



**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
and**

Faculty of Agriculture University of Zagreb

Academy of Agricultural Sciences

Association for European Life Science Universities (ICA)

Balkan Environmental Association (B.EN.A)

Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Slovenia

Croatian Chamber of Agronomists

Croatian Society of Agronomy

European Hygienic Engineering&Design Group (EHEDG), Germany

European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng)

Faculty of Agriculture and Food Technology, University of Mostar, Bosnia and Herzegovina

Faculty of Agriculture and Life Sciences, University of Maribor, Slovenia

Faculty of Food Technology Osijek, Croatia

Faculty of Veterinary Medicine University of Zagreb

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

University of Slavonski Brod

under the auspices of the

Ministry of Science and Education of the Republic of Croatia

Ministry of Agriculture of the Republic of Croatia

Ministry of Economy and Sustainable Development of the Republic of Croatia

in collaboration with

Agricultural Institute Osijek

Bc Institute for Breeding and Production of Field Crops, Zagreb

Brod-Posavina County

City of Osijek

City of Požega

City of Slavonski Brod

City of Vinkovci

City of Vodice

College of Agriculture in Križevci

College of Slavonski Brod

Croatian Agency for Agriculture and Food, Osijek

Croatian Agricultural Agency, Križevci

Croatian Chamber of Economy

Croatian Hunting Federation

Institute for Adriatic Crops and Karsts Reclamation, Split

Institute of Agriculture and Tourism, Poreč

Osijek-Baranya County

Polytechnic in Požega

Society of Agronomy, Osijek

University of Split

Vukovar-Srijem County

organize

56th Croatian & 16th International Symposium on Agriculture

September 5 - 10, 2021, Vodice, Croatia



Organizacijski odbor **Organizing Committee**

Predsjednik | Chairman
Krunoslav Zmaić, Croatia

Članovi | Members

Zoran Grgić, Croatia
Ivan Ostojić, Bosnia and Herzegovina
Franjo Tomić, Croatia
Arthur Mol, Netherlands
Mariana Golumbeanu, Romania
Nataša Poklar Ulrih, Slovenia
Ludvig Josefsberg, Germany
Peter Groot Koerkamp, Netherlands
Branko Kramberger, Slovenia
Josip Haramija, Croatia
Jurislav Babić, Croatia
Vlado Guberac, Croatia
Ivan Samardžić, Croatia
Nenad Turk, Croatia
Radovan Fuch, Croatia
Marija Vučković, Croatia
Ivica Ikić, Croatia
Danijel Marušić, Croatia
Romeo Jukić, Croatia
Ivan Radić, Croatia
Željko Glavić, Croatia
Mirko Duspara, Croatia
Ivan Bosančić, Croatia
Ante Cukrov, Croatia
Đuro Dečak, Croatia
Darja Sokolić, Croatia
Luka Burilović, Croatia
Katja Žanić, Croatia
Dean Ban, Croatia
Ivan Anušić, Croatia
Zvonimir Zdunić, Croatia
Dragan Ljutić, Croatia
Ivana Jurić, Croatia
Borislav Miličević, Croatia
Marijana Ivanek-Martinčić, Croatia
Damir Dekanić, Croatia

Znanstveni odbor **Scientific Committee**

Predsjednici | Chairmans
Vlatka Rozman, Croatia
Zvonko Antunović, Croatia

Članovi | Members

Nikola Bilandžija, Croatia
Ivica Bošković, Croatia
Anita Bošnjak Mihovilović, Croatia
Mato Drenjančević, Croatia
Jelena Gadže, Croatia
Goran Jukić, Croatia
Željko Jukić, Croatia
Nikolina Kelava Ugarković, Croatia
Dario Iljkić, Croatia
Antonis K. Kokkinakis, Greece
Jelena Kristić, Croatia
Zvezdana Marković, Croatia
Ornella Mikuš, Croatia
Josip Novoselec, Croatia
Aleksandra Perčin, Croatia
Sonja Petrović, Croatia
Maria Popa, Romania
Sanja Radman, Croatia
Irena Rapčan, Croatia
Lidija Svečnjak, Croatia
Tomislav Vinković, Croatia
Vladimir Zebec, Croatia

Tajnik | Secretary
Tihomir Florijančić, Croatia

Utjecaj primjene komunalnog mulja na kemijska svojstva tla i prinos trave *Miscantus x giganteus*

Tomislav Karažija¹, Josip Leto¹, Brigita Vidaković², Nikola Bilandžija¹, Neven Voća¹, Milan Poljak¹

¹Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, Hrvatska
(tkarazija@agr.hr)

²Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, Hrvatska, studentica

Sažetak

Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj primjene Pravilnikom dopuštenih 1,66 t ha⁻¹ suhe tvari mulja na kemijska svojstva tla i prinos miskantusa (*Miscantus x giganteus*). Istraživanje je postavljeno po shemi split plot u 4 ponavljanja i dva tretmana: T 0=0 t ST mulja ha⁻¹ i zakonski dozvoljenih T 1=1,66 t ST mulja ha⁻¹ (5482 kg ha⁻¹). Primjena mulja statistički značajno je povećala u oraničnom (0-30 cm) sloju količinu kadmija (1,008 mg kg⁻¹) i kobalta (21,1 mg kg⁻¹), a u podoraničnom sloju (30-60 cm) nitrata (0,42 mg/100 g). Međutim, na tretmanu s muljem došlo je do relativnog povećanja humusa, nitrata i amonijaka u oraničnom, te humusa i amonijaka u podoraničnom sloju. Nadalje, u oraničnom sloju utvđene su relativno veće količine cinka, mangana, bakra, željeza, olova i nikla, a u podoraničnom cinka, bakra, željeza, olova i kadmija. Nije utvrđen statistički značajan utjecaj na prinos miskantusa.

Ključne riječi: komunalni mulj, *Miscanthus x giganteus*, makroelementi, mikroelementi, teški metali

Uvod

U današnje vrijeme zbrinjavanje muljeva otpadnih voda postaje sve važnije praktično pitanje zbog naglog porasta stanovništva u urbanim sredinama i stalnom porastu životnih standarda što uključuje značajnu potrošnju vode i njezino ispuštanje nakon korištenja (Iticescua i sur., 2018.). Gospodarenje muljem pod postojećim europskim zakonodavstvom određeno je s 3 najvažnije direktive. Republika Hrvatska donijela je vlastite zakone i podzakonske akte koji uređuju politiku gospodarenja muljem. Prema Pravilniku o gospodarenju muljem s uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kada se mulj koristi u poljoprivredi (NN 38/2008) propisana je maksimalna količina od 1,66 t ha⁻¹ suhe tvari mulja koja se može primijeniti na tlo. Mogućnost upotrebe mulja ovisi u velikoj mjeri o njegovom fizikalnom i kemijskom sastavu, a sastav u značajnoj mjeri ovisi o tehnološkom procesu pročišćavanja vode i obrade mulja (EC 2001; Usman i sur., 2012.). Stoga je karakterizacija mulja prije primjene izuzetno važna jer postoji rizik od nakupljanja toksičnih elemenata u tlu (Alvarez i sur., 2002.). Komunalni mulj može povećati produktivnost tla jer sadrži visoku količinu organske tvari i neophodnih makro i mikro elemenata. Međutim, može predstavljati ozbiljnu opasnost za zdravlje ljudi i ekosustav zbog sadržaja teških metala i organskih štetnih tvari (Usman i sur., 2012.). Korištenje komunalnog mulja smanjuje potrebe količine mineralnih gnojiva koje bi se trebale koristiti za osiguravanje rasta biljaka, a također pomaže u smanjenju problema sve većih količina mulja (Iticescua i sur., 2018.). Međutim, veliki problem predstavlja prihvaćenost takvih proizvoda od strane potrošača. Stoga je primjena komunalnog mulja prihvatljiva u šumarstvu, travnjacima i rasadnicima gdje kontaminacija teškim metalima (naročito kadmijem) ne ulazi u prehrambeni lanac (Wang i sur., 2008.), te u tom slučaju predstavlja ekološki prihvatljiv i održivi pristup upravljanju muljem otpadnih voda (Dubis i

sur., 2020.). Slijedom navedenoga zbrinjavanje mulja u uzgoju energetskih kultura predstavlja dobru alternativu sa zdravstvenog i ekološkog aspekta. Prema Christian i sur. (2008.) i Bilandžija (2015.) prirodni sterilni hibrid *Miscanthus x giganteus* iz porodice trava (Poaceae) predstavlja visokovrijednu kulturu za proizvodnju energije iz lignocelulozne biomase. Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj Pravilnikom dopuštenih 1,66 t ha⁻¹ suhe tvari komunalnog mulja na kemijska svojstva tla i prinos miskantusa.

Materijal i metode

Pokus je postavljen u proljeće 2019. na etabliranom nasadu miskantusa (*Miscanthus x giganteus*), na lokaciji Centra za travnjaštvo Agronomskog fakulteta na Medvednici. Istraživanje je postavljeno po shemi split plot u 4 ponavljanja i dva tretmana: T 0=0 t ST mulja ha⁻¹ i zakonski dozvoljenih T 1=1,66 t ST mulja ha⁻¹ (osnovna parcelica površine 10 x 5,25 = 52,5 m²). Razmak između osnovnih parcelica bio je 3 m. Uzorkovanja tla nakon 1. vegetacije miskantusa izvršeno je 25.11.2019, pri čemu su uzeta 2 prosječna uzoraka tla – jedan iz oraničnog sloja (0-30 cm), te jedan iz podoraničnog sloja (30-60 cm). Svaki kompozitni uzorak sastojao se od 15 pojedinačnih uzoraka. Pri analizi tla korištene su sljedeće metode: pH vrijednost (HRN ISO 10390:2005), humus je određen bikromatnom metodom (po Tjurinu) (Škorić, 1982.), ukupni dušik (HRN ISO 11261:2004), NO₃-N (N_{min}) ekstrakcijom s 0,2 M K₂SO₄ fenoldisulfonsom kiselinom (Page i sur., 1982), NH₄-N (N_{min}) ekstrakcijom s 0,2 M K₂SO₄ (Metoda po Nessleru – JDPZ, 1966), fiziološki aktivni fosfor (P₂O₅) i fiziološki aktivni kalij (K₂O) AL-metodom (Egner i sur., 1960), a ukupno željezo, cink, mangan, bakar, krom, nikal, olovo, kadmij, živa ekstrakcija zlatotopkom (HRN ISO 11466:2004). U pokusu je korišten kemijski, fizikalno i biološki stabilizirani komunalni mulj. Predmetni mulj je izrazito alkalne reakcije (pH=12,05), s udjelom suhe tvari od 30,28%. Uzorak mulja je bogato opskrbljen dušikom i fosforom (4,03% N u S.T.; 3,89% P₂O₅ u S.T.), te slabo opskrbljen kalijem (0,61% K₂O u S.T.). Analizom je utvrđena bogata opskrbljenost kalcijem (14,56% Ca u S.T.) i slaba opskrbljenost magnezijem (0,61% Mg u S.T.), te bogata opskrbljenost željezom (18177 mg/kg u S.T.) i manganom (296 mg/kg u S.T.) Prema Pravilniku o gospodarenju muljem sa uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kada se mulj koristi u poljoprivredi (NN 38/2008, Članak 5. i 6.) i Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 9/2014, članak 5. i 8.), koncentracije teških metala i organskih tvari (PAH, PCB i dr.) nalazile su se ispod maksimalno dopuštenih koncentracija (MDK) propisanih navedenim Pravilnicima. Patogene bakterije u predmetnom uzorku nisu izolirane. Žetva miskantusa obavljena je 7. studenog 2019. godine.

Prinos ST utvrđen je ručnim odsjecanjem biljaka (motornom pilom) na obračunskoj podparcelici 1 x 5 m na visinu 5 cm od tla, vaganjem požnjevene mase, uzimanjem poduzoraka *cca* 1000 g sasjeckane mase, sušenjem 48 sati na 60 °C, ponovnim vaganjem i preračunavanjem u t ha⁻¹ i % ST. Statistička obrada podataka pratila je model analize varijance (ANOVA). Korišten je program SAS System for Win. ver 9.1 (SAS Institute Inc.), a za testiranje rezultata korišten je Tukeyev test signifikantnih pragova (SAS, 2002-2003).

Rezultati i rasprava

Kemijska svojstva tla

Primjena mulja od 1,66 t ha⁻¹ suhe tvari nije statistički značajno utjecala na većinu istraživanih kemijskih svojstava tla (Tablice 1, 2, 3 i 4). Statistički značajan utjecaj utvrđen je u oraničnom (0-30 cm) sloju za magnezij, kadmij i kobalt, a u podoraničnom (30-60 cm) za nitrate. Količina humusa u tlu neovisno o tretmanima i dubini uzorkovanja kretala se od 1,51 % (T 0, 0-30 cm) do 2,43 (T 1, 0-30 cm). Ipak, relativno više vrijednosti utvrđene su u

obje dubine na tretmanu s muljem. Količina nitrarnog iona u tlu neovisno o tretmanima i dubini uzorkovanja kretala se od 0,23 mg NO₃/100 g (T 0, 30-60 cm) do 0,42 mg NO₃/100 g (T 1; 0-30 i 30-60 cm). Pri tome je statistički značajno viša količina utvrđena u podoraničnom sloju na T1 (0,42 mg NO₃/100 g). Količina amonijačnog iona u tlu neovisno o tretmanu i dubini uzorkovanja kretala se od 1,22 mg NH₄/100 g (T 0, 0-30 cm) do 1,35 mg NH₄/100 g (T 1, 0-30 cm). Relativno najviše količine utvrđene su u obje dubine na tretmanu s muljem. Količina fiziološki aktivnog magnezija u tlu neovisno o tretmanu i dubini uzorkovanja kretala se od 64,4 mg/kg (T 1, 30-60 cm) do 95,8 mg/kg (T 0, 0-30 cm). Pri tome je statistički značajno veća količina utvrđena u oraničnom sloju na kontrolnom tretmanu.

Tablica 1. Osnovna kemijska svojstva tla po tretmanima na dubini uzorkovanja 0-30 cm

tret.	dubina	pH		hum.	N	NO ₃	NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	C	Mg
		H ₂ O	mKCl								
T 0	0-30 cm	5,81	4,45	2,18	0,19	0,27	1,26	8,48	24,1	1,26	95,8a
T 1	0-30 cm	5,57	4,1	2,43	0,18	0,42	1,35	7,45	21,3	1,41	72,8b

Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Tukeyevom testu, p≤0,05.

Vrijednosti kojima nije pridruženo slovo nisu značajno različite.

Tablica 2. Osnovna kemijska svojstva tla po tretmanima na dubini uzorkovanja (30-60 cm)

tret.	dubina	pH		hum.	N	NO ₃	NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	C	Mg
		H ₂ O	mKCl								
T 0	30-60 cm	5,86	4,58	1,51	0,15	0,23b	1,22	3,15	14,8	0,88	91,1
T 1	30-60 cm	5,71	4,25	1,79	0,14	0,42a	1,34	2,1	14,0	1,04	64,4

Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Tukeyevom testu, p≤0,05.

Vrijednosti kojima nije pridruženo slovo nisu značajno različite.

Relativno veća količina većine teških metala (Tablica 3) u oraničnom sloju (0-30 cm) utvrđena je na tretmanu s muljem u odnosu na kontrolni tretman (Zn-78,05 mg kg⁻¹; Mn-2,111 mg kg⁻¹; Cu-26,2 mg kg⁻¹; Fe- 3,9901 mg kg⁻¹; Pb-31,93 mg kg⁻¹; Ni-45,63 mg kg⁻¹) dok je signifikantno značajno veća količina utvrđena za kadmij (1,008 mg Cd/kg) i kobalt (21,1 mg Co/kg). U podoraničnom sloju (Tablica 4) kod teških metala nisu utvrđene statistički značajne razlike. Međutim, relativno veće količine većine teških metala su utvrđene na tretmanu s muljem u odnosu na kontrolni tretman (Zn-77,88 mg kg⁻¹; Cu-27,1 mg kg⁻¹; Fe-43,404 mg kg⁻¹; Pb- 29,83mg kg⁻¹; Ni-45,68 mg kg⁻¹; Cd-0,648 mg kg⁻¹). Dobiveni rezultati, tj. tendencije većine ispitivanih svojstava u skladu su s dosadašnjim istraživanjima različitih autora. Međutim, treba naglasiti da su količine primjenjenog mulja kod drugih autora višestruko veće, te su rezultati (naročito teških metala) i statistički signifikantniji, pa su tako primjenom velikih količina mulja (0, 40, 80 i 120 i 240 t/ha) u dvogodišnjem pokusu sa kukuruzom Epstein i sur. (1976) utvrdili snižavanje pH vrijednosti za manje od jedne jedinice (primijenjen je mulj s pH 6,5) na svim tretmanima u odnosu na kontrolu. Količina ukupnog dušika je s vremenom padala, ali je signifikantno najveća količina utvrđena na tretmanima sa 160 i 240 t/ha mulja. Količina pristupačnog fosfora rasla je s količinom primjenjenog mulja. Nadalje, primjena komunalnog mulja u količina (0, 20, 40, 60, 80, i 100 t/ha) prema Jamil Khan i sur. (2006) neovisno o tretmanu, lagano je snizila pH tla (0,1 do 0,2 jedinice). Najveća količina dušika (1600 mg kg⁻¹), fosfora (40 mg kg⁻¹) i kalija (213 mg kg⁻¹) u tlu utvrđena je na tretmanu sa najvišom dozom mulja (100 t/ha), isto tako i cinka (16 mg kg⁻¹), bakra (15 mg kg⁻¹), željeza (15,15 mg kg⁻¹) i mangana (15,5 mg kg⁻¹). Vaseghi i sur. (2005) u pokusu s 4 razine primjene komunalnog mulja (0, 50, 100 i 200 t/ha) utvrđuju signifikantno povećanje ukupnog dušika i humusa, pristupačnog fosfora i

kalija, te značajno snižavije pH tla. Prema Tsadilas i sur. (1995) primjenom komunalnog mulja dolazi do povećanja reakcije tla, organske tvari i pristupačnog fosfora. Od teških metala, samo za ukupni bakar i cink su utvđene značajno više vrijednosti. U pokusu s komunalnim muljem u količinama 0, 15, 30, 60, 120 150 t ha⁻¹ u uzgoju trava (*Zoysia japonica* i *Poa annua*) Wang i sur. (2008) utvrđuju značajno povećanje organske tvari u površinskom sloju (0-15 cm). Signifikantno značajno povećanje ukupnog dušika utvrđeno je samo na tretmanu s najvišom dozom mulja (150 t ha⁻¹). Utvđene su više koncentracije cinka, bakra, olova i kadmija.

Tablica 3. Prosječni podaci po tretmanima mikroelemente i teške metale na dubini uzorkovanja(0-30 cm)

tretman	dubina	Zn	Mn	Cu	Fe	Pb	Ni	Cr	Cd	Co	Hg
mg/kg											
T 0	0-30 cm	77,85	1.991	25,73	37957	24,18	43,53	65,7	0,563b	17,27b	<0,1
T 1	0-30 cm	78,05	2.111	26,2	39901	31,93	45,63	65,58	1,008a	21,1 a	<0,1

Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Tukeyevom testu, p≤0,05.

Vrijednosti kojima nije pridruženo slovo nisu značajno različite.

Tablica 4. Prosječni podaci po tretmanima za mikroelemente i teške metale na dubini uzorkovanja(30-60 cm)

tretman	dubina	Zn	Mn	Cu	Fe	Pb	Ni	Cr	Cd	Co	Hg
mg/kg											
T 0	30-60 cm	77,58	1.942	26,25	41.663	23,13	43,63	70,48	0,420	20,63	<0,1
T 1	30-60 cm	77,88	1.785	27,1	43.404	29,83	45,68	45,68	0,648	17,98	<0,1

Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Tukeyevom testu, p≤0,05.

Vrijednosti kojima nije pridruženo slovo nisu značajno različite.

Prinos suhe tvari

Primjena zakonski dozvoljenih 1,66 t ST mulja/ha nije značajno utjecala na prinos suhe tvari u jesenskom roku žetve (Tablica 5). U jesenskom roku žetve prosječni prinos ST iznosio je 39,01 t/ha, a prosječni sadržaj ST u biomasi 40,37%.

Tablica 5. Prinos suhe tvari (PST) i % suhe tvari miskantusa, Medvednica 2019

tretman	PST (t/ha)	ST (%)
T 0	38,26	40,31
T 1	39,75	40,42

Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Tukeyevom testu, p≤0,05.

Vrijednosti kojima nije pridruženo slovo nisu značajno različite.

Prema Dubis i sur. (2020) na prinos suhe tvari miskantusa osim gnojidbe (160 kg N/ha) značajan utjecaj imaju agroekološki čimbenici, naročito oborine i temperatura. Tako su najviši prinosi suhe tvari miskantusa (22,5 t/ha) u petogodišnjem pokusu u uvjetima sjeverno istočne Poljske postignuti 2018. s prosječnim oborinama iznad prosječnim temperaturama. S druge strane, najniži prinosi suhe tvari utvđeni su 2016 i 2017. sa iznad prosječnim oborinama.

Zaključak

Primjena mulja od Pravilnikom dopuštenim 1,66 t ha⁻¹ suhe tvari nije statistički značajno utjecala na većinu istraživanih kemijskih svojstava, osim u oraničnom (0-30 cm) sloju za magnezij, kadmij i kobalt, a u podoraničnom (30-60 cm) za nitrate. Isto tako, nije utvrđen statistički značajan utjecaj na prinos miskantusa.

Napomena

Istraživanja neophodna za ovaj rad dio su projekta IP-2018-01-7472 kojeg financira HRZZ (Hrvatska zaklada za znanost) „Zbrinjavanje mulja kroz proizvodnju energetske kulture“.

Literatura

- Alvarez E. A., Mochon M. C., Sanchez J. C. J. and Rodriguez M. T. (2002). Heavy Metal Extractable Forms in Sludge from Waste Treatment Plants. *Chemosphere*, Vol. 47, No. 7, 2002, pp. 765-775.
- Bilandžija N. (2015). Potencijal vrste *Miscanthus x giganteus* kao energetske kulture u različitim tehnološkim i agroekološkim uvjetima, doktorska disertacija, Agronomski fakultet, Zagreb
- Christian D.G., Riche A.B., Yates N.E. (2008). Growth, yield and mineral content of *Miscanthus x giganteus* grown as a biofuel for 14 successive harvests. *Industrial Crops and Products*. Volume 28, Issue 3, 320-327
- Dubis B., Jankowski K. J., Załuski D., & Sokólski M. (2020). The effect of sewage sludge fertilization on the biomass yield of giant miscanthus and the energy balance of the production process. *Energy*, 206, 118189.
- Egner H., Riehm H., Domingo W. R. (1960). Untersuchung über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden. II, Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor und Kaliumbestimmung - K. Lantbr. Hogsk. Annir. W.R. 1960, 26: 199-215
- Epstein E., Taylor J. M., & Chancy R. L. (1976). Effects of Sewage Sludge and Sludge Compost Applied to Soil on some Soil Physical and Chemical Properties. *Journal of Environment Quality*, 5(4), 422.
- European Commission (2001). Disposal and Recycling Routes of Sewage Sludge Part 3. Scientific and Technical Report, European Commission DG Environment
- HRN ISO 10390 :2005 Soil quality -- Determination of pH. Croatian Standards Institute, Zagreb
- HRN ISO 11261:2004 (2004) Soil quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method (HRN ISO 11261:1995). Kakvoća tla - Određivanje ukupnog dušika - Prilagođena Kjeldahlova metoda (HRN ISO 11261:1995)
- HRN ISO 11466:2004 Kakvoća tla – Ekstrakcija elemenata topljivih u zlatotopci. Soil quality - Extraction of trace elements soluble in aqua regia
- Iticescu C., Georgescu L. P., Murariu G., Circiumaru A., Timofti M. (2018). The characteristics of sewage sludge used on agricultural lands. *AIP Conference Proceedings* 2022
- Jamil Khan M., Qasim M.s, Umar M.(2006). Utilization of Sewage Sludge as Organic Fertiliser in Sustainable Agriculture. *Journal of Applied Sciences* 6(3)
- JDPZ (1966). Kemijske metode istraživanja zemljišta, Beograd Jones M.N., Bryan N.D. (1998). Colloidal properties of humic substances. *Adv. Colloid. Interface Sci.* 78: 1-48
- Pravilnik o gospodarenju muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kada se mulj koristi u poljoprivredi. *Narodne novine* (38/2008).
- Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada. *Narodne novine* (9/2014).
- Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (1982) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy. In Soil Science Society of America, Vol. 1159.
- Škorić, A. (1982). Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.
- Tsadilas C. D., Matsi T., Barbayiannis N., & Dimoyiannis D. (1995). Influence of sewage sludge application on soil properties and on the distribution and availability of heavy metal fractions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 26(15-16), 2603–2619.

- Usman K., Khan S., Ghulam S., Khan M. U., Khan N., Khan M. A., Khalil S. K. (2012). Sewage Sludge: An Important Biological Resource for Sustainable Agriculture and Its Environmental Implications, *American Journal of Plant Sciences*, 3, 1708-1721
- Vaseghi S., Afyuni M., Shariatmadari H., Mobli M. (2005). Effect of Sewage Sludge on Some Macronutrients Concentration and Soil Chemical Properties. *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab (in persian)*, 16(1), pp. 15-22.
- Wang, X., Chen, T., Ge, Y., & Jia, Y. (2008). Studies on land application of sewage sludge and its limiting factors. *Journal of Hazardous Materials*, 160(2-3), 554–558.

The effect of sewage sludge application on soil chemical properties and yield of grass *Miscanthus x giganteus*

Abstract

The aim of this research was to determine the effect of application of the 1.66 t ha⁻¹ dry matter of sewage sludge allowed by the Croatian ordinance on chemical properties of soil and yield of miscanthus. The application of sludge had a statistically significant effect on the higher amount of cadmium (1.008 mg kg⁻¹) and cobalt (21.1 mg kg⁻¹) in the arable (0-30 cm) layer and on a higher amount of nitrate in the subsoil layer (30-60 cm) (0.42 mg/100 g). However, on treatment with sludge there was a relative increase in humus, nitrate and ammonia in the arable, and humus and ammonia in the subsoil. Furthermore, relatively higher amounts of zinc, manganese, copper, iron, lead and nickel were found in the arable layer, and zinc, copper, iron, lead and cadmium in the subsoil layer. No statistically significant effect on miscanthus yield was found.

Key words: sewage sludge, *Miscanthus x giganteus*, macroelements, microelements, heavy metals