



Симпозијум:

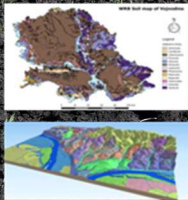
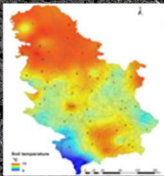
„Земљиште у доба прецизне пољопривреде и информационих технологија”

16-17. јун 2022.
Пољопривредни факултет Нови Сад

Уредници:

Владимир Ђирић
Ксенија Мачкић
Срђан Шеремешић

ЗБОРНИК РАДОВА



Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду
Српско друштво за проучавање земљишта
Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад

Зборник радова

са
Симпозијума

**„Земљиште у доба прецизне пољопривреде и информационих
технологија”**

SoilAgroIT 2022



16-17. јун 2022.
Пољопривредни факултет Нови Сад

Нови Сад, 2022.

Зборник радова

Симпозијум:

„Земљиште у доба прецизне пољопривреде и информационих технологија”

Издавач:

Пољопривредни факултет Нови Сад

Уредници:

Владимир Тирић

Ксенија Мачкић

Срђан Шеремешић

Штампа:

Перинс инжењеринг, Нови Сад

Организатори скупа:

Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду

Српско друштво за проучавање земљишта

Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад

ISBN 978-86-7520-569-2

Скуп су подржали:

- 1. Министарство просвете, науке и технолошког развоја*
- 2. Покрајински секретаријат за високо образовање и научноистраживачку делатност*
- 3. Пољопривредни факултет Нови Сад*
- 4. Институт за низијско шумарство и животну средину*
- 5. Corteva Agriscience SRB d.o.o.*
- 6. Megra d.o.o.*
- 7. d.o.o. BB Minaqua Novi Sad*

Научни одбор

1. Проф. др Бошко Гајић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија – председник Научног одбора
2. Проф. др Владимир Ђирић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
3. Prof. dr Boris Đurđević, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Croatia
4. Проф. др Велибор Спалевић, Биотехнички факултет Црне Горе
5. Доц. др Мирко Кнежевић, Биотехнички факултет Црне Горе
6. Проф. др Миле Маркоски, Факултет за пољопривредно-прехранбене науке у Скопљу, Македонија
7. Проф. др Павел Чермак, Институт за ратарство, Праг, Чешка
8. Prof. dr Simona Vignani, Department of Agricultural Sciences, University of Naples Federico II, Italy
9. Др Тихомир Предић, Универзитет у Бањој Луци, Пољопривредни институт Републике Српске, БиХ
10. Проф. др Михајло Марковић, Универзитет у Бањој Луци, Пољопривредни факултет, БиХ
11. Др Борут Вршцај, Пољопривредни институт Словеније, Љубљана, Словенија
12. Др Драгоја Радановић, Институт за проучавање лековитог биља "Др Јосиф Панчић", Београд, Србија
13. Др Саша Пекеч, Институт за низијско шумарство и животну средину, Нови Сад, Србија
14. Др Зоран Галић, Институт за низијско шумарство и животну средину, Нови Сад, Србија
15. Проф. др Горан Дугалић, Универзитет у Крагујевцу, Аграрски факултет у Чачку, Србија
16. Др Драган Чакмак, Универзитет у Београду, Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“, Србија
17. Др Павле Павловић, Универзитет у Београду, Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“, Србија
18. Проф. др Сара Лукић, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
19. Проф. др Јелена Белоица, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
20. Проф. др Оливера Кошанин, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
21. Др Весна Мрвић, Институт за земљиште, Београд, Србија
22. Др Биљана Сикирић, Институт за земљиште, Београд, Србија
23. Др Владан Угреновић, Институт за земљиште, Београд, Србија
24. Др Бранка Кресовић, Институт Земун поље, Београд, Србија
25. Проф. др Гордана Матовић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
26. Проф. др Невенка Ђуровић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
27. Проф. др Ружица Стричевић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
28. Проф. др Светлана Антић-Младеновић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
29. Проф. др Борђе Крстић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
30. Проф. др Драгана Латковић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
31. Проф. др Александар Седлар, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
32. Проф. др Тимеа Хојнал-Јафари, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
33. Доц. др Драгана Стаменов, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
34. Др Миодраг Толмић, Институт за кукуруз, Земун поље, Београд, Србија
35. Проф. др Гордана Рашић, Универзитет Едуконс, Сремска Каменица, Србија
36. Проф. др Мира Пуцаревић, Универзитет Едуконс, Сремска Каменица, Србија
37. Проф. др Миролуб Аксић, Универзитет у Приштини, Пољопривредни Факултет Лешак, Србија
38. Др Вера Поповић, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
39. Др Станко Милић, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
40. Др Снежана Јакшић, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
41. Др Јелена Маринковић, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
42. Др Драгана Бјелић, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија

Програмски одбор

1. др Јовица Васин, научни саветник, Институт за Ратарство и повртарство - председник одбора
2. Проф. др Маја Манојловић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
3. Проф. др Бориљко Пејић, р Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
4. Проф. др Срђан Шеремешкић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
5. Проф. др Владимир Ђирић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
6. Проф. др Ксенија Мачкић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
7. Проф. др Ранко Чабилоски, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
8. др Јордана Нинков, виши научни сарадник, Институт за Ратарство и повртарство
9. Проф. др Марко Костић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
10. Проф. др Павел Бенка, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
11. Доц. др Љубомир Животић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
12. Проф. др Снежана Белановић, Универзитет у Београду, Шумарски факултет
13. др Оскар Марко, научни сарадник, Универзитет у Новом Саду, Институт БиоСенс
14. др Радмила Пивић, научни саветник, Институт за земљиште, Београд
15. Проф. др Симонида Ђурић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
16. Проф. др Весна Тунгуз, Пољопривредни факултет Истично Сарајево
17. др Марко Јосиповић, научни саветник, Пољопривредни Институт Осиек
18. Проф. др Татјана Миткова, Универзитет светог Ђирила и Методија, Факултет пољопривредних наука и хране, Скопље

Организациони одбор

1. Проф. др Владимир Ђирић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија – председник Организационог одбора
2. Проф. др Срђан Шеремешкић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
3. Проф. др Ксенија Мачкић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
4. Проф. др Бошко Гајић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
5. Проф. др Марија Ћосић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
6. Доц. др Лазар Калуђеровић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
7. Др Предраг Миљковић, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
8. Др Вукашин Милчановић, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
9. Јанко Љубичић, маг. инж. пољ., Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
10. Александар Баумгертел, маг. инж. пољ., Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
11. Др Елмира Саљников, Институт за земљиште, Београд, Србија
12. Др Дарко Јарамаз, Институт за земљиште, Београд, Србија
13. Доц. др Светлана Вујић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
14. Драган Радовановић, маг. инж. пољ., Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
15. Драгана Маринковић, маг. инж. пољ., Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
16. Бојан Војнов, маг. инж. пољ., Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
17. Јелена Богосављевић, маг. инж. пољ., Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
18. Алекса Липовац, маг. инж. пољ., Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
19. Милорад Живанов, маг. инж. пољ., Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
20. Доц. др Клара Петковић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
21. Драган Ковачевић, маг. инж. пољ., Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
22. Др Владимир Вишацки, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
23. Душана Бањац, маг. инж. пољ., Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
24. Надежда Стојанов, маг. инж. пољ., Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
25. Војислав Лазовић, дипл. инж. пољ., Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
26. Катарина Гајић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија

САДРЖАЈ

МОГУЋНОСТИ И ПРОБЛЕМИ ПРИМЕНЕ НАВОДЊАВАЊА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ <i>Наташа Књајић, Зорица Средојевић, Предраг Вуковић</i>	1
ЗАГАЂЕЊЕ ЗЕМЉИШТА МИКРОПЛАСТИКОМ НА ПОДРУЧЈУ ЗАСАВИЦЕ <i>Ивана Микавица, Драгана Ранђеловић, Јовица Стојановић, Јелена Мудић</i>	8
МАПИРАЊЕ И ПРОСТОРНА АНАЛИЗА У ПРОГРАМУ R <i>Милена Лакићевић</i>	15
ИНДУСТРИЈСКИ ГРАДСКИ УГАРИ И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА ЗАГАЂЕЊЕ ЗЕМЉИШТА ТЕШКИМ МЕТАЛИМА – СТУДИЈА СЛУЧАЈА ИНДУСТРИЈЕ МОТОРА РАКОВИЦА <i>Наталија Пандоски, Надежда Стојановић, Милан Кнежевић, Невенка Галечић, Мирјана Тешић, Александар Лисица</i>	21
СЕЛЕКТИВНА ИЗОЛАЦИЈА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ПОЉОПРИВРЕДНО КОРИСНИХ БАКТЕРИЈА ИЗ РИЗОСФЕРНОГ ЗЕМЉИШТА <i>CANNABIS SATIVA L.</i> , ВОЈВОДИНА, СРБИЈА <i>Драгана Стаменов, Симонида Ђурић, Тимеа Хајнал Јафари, Биљана Кипровски, Милица Аћимовић</i>	28
ПЛАНИРАЊЕ И МОНИТОРИНГ АКТИВНОСТИ ЗНАЧАЈНИХ ЗА УПРАВЉАЊЕ ЗЕМЉИШТЕМ У ЗОНИ ЕФТ РУДНИК И ТЕРМОЕЛЕКТРАНА СТАНАРИ <i>Ненад Малић, Михајло Марковић, Миладин Трбић</i>	38
СТРУКТУРА ЗЕМЉИШТА ТИПА ПСЕУДОГЛЕЈА И СМОНИЦЕ НА ПОДРУЧЈУ ЗАПАДНЕ СРБИЈЕ <i>Ксенија Мачкић, Драган Радовановић, Владимир Ђурић, Боривој Пејић, Милан Медојевић</i>	46
САДРЖАЈ ХУМУСА У СТРУКТУРНИМ АГРЕГАТИМА ФЛУВИСОЛА И ХУМОФЛУВИСОЛА <i>Драган Радовановић, Владимир Ђурић, Боривој Пејић, Ксенија Мачкић, Драгана Маринковић, Бојан Војнов</i>	57
УПОТРЕБА ДОПУНСКИХ ПОДАТАКА ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ПРОЦЕСА ПРЕДВИЂАЊА ЗЕМЉИШНИХ СВОЈСТАВА У ПРЕЦИЗНОЈ ПОЉОПРИВРЕДИ <i>Марко Костић, Михајло Новковић</i>	66
ПРЕДНОСТИ ПРИМЕНЕ ПРЕНОСИВОГ ГИС-А ПРИ ТЕРЕНСКИМ ИСТРАЖИВАЊИМА – "ЦЕПНИ ГИС" <i>Павел Бенка, Јасна Грабић</i>	74
ИЗОЛАЦИЈА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА АУТОХТОНИХ ЗЕМЉИШНИХ МИКРОАЛГИ У ВОЈВОДИНИ, СРБИЈА <i>Тимеа Хајнал Јафари, Владимира Жунђић, Симонида Ђурић, Драгана Стаменов</i>	79
ПРИМЕНА ИНХИБИТОРА НИТРИФИКАЦИЈЕ У ПРОИЗВОДЊИ КУКУРУЗА <i>Ранко Чабилевски, Клара Петковић, Маја Манојловић, Драган Ковачевић, Мирна Штрбац, Мирјана Вијук, Срђана Петровић</i>	84
КОРИШЋЕЊЕ СИСТЕМА SOILGRIDS И ПЕДОТРАНСФЕРНИХ ФУНКЦИЈА ЗА ПРОЦЕНУ КАПАЦИТЕТА АДСОРПЦИЈЕ КАТЈОНА <i>Владимир Ђурић, Драгана Маринковић, Павел Бенка, Драган Радовановић, Бојан Војнов</i>	89
ПРОМЕНЕ У ЛАКОЈ ФРАКЦИЈИ ОРГАНСКЕ МАТЕРИЈЕ КАМБИСОЛА У ЗАВИСНОСТИ ОД ЂУБРЕЊА МИНЕРАЛНИМ ЂУБРИВИМА <i>Никола Коковић, Владимир Угреновић, Владимир Миладиновић, Марина Јовковић, Љубомир Животић, Горан Јаћимовић</i>	96
ЕСЕНЦИЈАЛНИ И ТОКСИЧНИ ЕЛЕМЕНТИ У ТРАГОВИМА У ЗЕМЉИШТУ И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА ЛАНАЦ ХРАНЕ <i>Маја Манојловић</i>	103

МОГУЋНОСТИ И ПРОБЛЕМИ ПРИМЕНЕ НАВОДЊАВАЊА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

Наташа Кљајић^{1*}, Зорица Средојевић², Предраг Вуковић³

¹Институт за економику пољопривреде, Београд, Република Србија

²Универзитет у Београду-Пољопривредни факултет, Институт за агрономију, Београд-Земун, Република Србија

³Институт за економику пољопривреде, Београд, Република Србија

*аутор за контакт: natasa_k@iep.bg.ac.rs

САЖЕТАК

Наводњавање има стратегијску улогу у процесу развоја пољопривреде. Као мелиоративна мера, посебно у данашњим климатским условима, представља чинилац стабилне пољопривредне производње. Без његове примене немогуће је постићи високе и економски оправдане приносе. Повољни климатски и земљишни потенцијали за интензивну пољопривредну производњу у Републици Србији још увек нису у правој мери искоришћени. Предмет истраживања у овом раду је анализа важнијих начина наводњавања на одређеним пољопривредним површинама, затим, извори коришћења воде, као и објекти и уређаји за наводњавање. Основни циљ је да се истраже могућности веће примене наводњавања, као и проблеми и потенцијални ризици улагања у системе за наводњавање.

У Републици Србији наводњава се укупно 159.587 ха површина на 186.231 пољопривредних газдинстава (РЗС, 2022). Од тога, наводњавање је доминантно у Војводини, што чини 47% од укупно наводњаваних површина, односно 74.705 ха површина на 20.057 пољопривредних газдинстава. Примена наводњавања у Србији јако заостаје за свим суседним земљама и земљама у свету и не задовољава потребе стабилне и ефикасне пољопривредне производње. Постојећи системи се ни у погледу норми наводњавања не користе у оптималном капацитету. Процењује се да је степен њиховог коришћења око 50-60% од расположивих капацитета. Најчешћи узроци недовољног степена коришћења већ постојећих иригационих система су: неповољни положај пољопривреде у односу на друге делатности привреде, недовољна опремљеност газдинстава, на којима има опрема за наводњавање, додатним средствима за производњу, и уопште, недовољно је улагање финансијских средстава за одржавање уређаја и погон система за наводњавање.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: начини наводњавања, проблеми, могућности, препоруке

УВОД

Утицај климе је изузетно битан у биљној производњи за остваривање приноса. За подручје Републике Србије је карактеристично деловање умерено-континенталне климе. Ако се узме у обзир количина падавина и губици воде у процесу евапотранспирације током вегетационог периода биљака, јавља се дефицит влаге не само у сушним, већ и у умерено влажним годинама. То је разлог због кога се скоро сваке године појављује сушни период (краћи или дужи), без обзира на годишњу суму падавина. Учестале суше последњих година на подручју наше земље, допринеле су да се наводњавање преведе, из статуса допунске мере која се у процесу пољопривредне производње користила потпуно спорадично, до неопходне и незаобилазне мере, без које интензивна пољопривредна производња, праћена високим и стабилним приносима, није могућа (Кљајић и сар., 2013а.). Статистички подаци показују да се суше у Републици Србије јављају у просеку сваке треће до пете године и да могу да оставе веома озбиљан траг на целокупну националну економију (Цвијановић и сар., 2015).

Наводњавање утиче на водне и земљишне услове, али и побољшава физичка и хемијска својства земљишта. Ради обезбеђења воде за наводњавање на рекама, језерима и другим "водним резервоарима" подижу се водозахвати и станице са пумпама. Задатак наводњавања јесте да регулише неопходан водни, ваздушни, топлотни, микробиолошки и минерални режим земљишта,

односно да обезбеди оптималне услове за раст и развитак биљака у различитим временским условима (Кљајић и сар., 2013б).

Наводњавање земљишта доводи до повећања влажности земљишта у току године, промене радијационог биланса и снижења температуре. Влажење земљишта изазива повећање влажности ваздуха, посебно у летњем периоду када је наводњавање и најинтензивније, што доводи до снижења температуре јер се велики део сунчеве енергије троши на евапотранспирацију и не иде на загревање ваздуха (Кљајић и сар. 2021).

При сталном влажењу температура земљишта постаје нижа од температуре ваздуха. На земљишту које се не наводњава релативна влажност је до два метра дубине скоро уједначена, док је код наводњаваног земљишта највећа на површини и са висином опада. Утицај наводњавања на микроклиму зависи од начина наводњавања, од пољопривредне културе и површине која се наводњава (Поповић и сар. 2014).

Један од најбитнијих елемената при пројектовању система за наводњавање је правилно дефинисање потреба усева за водом које одређују меродавни проток воде потребан за димензионисање система за наводњавање. На потребе за водом поред врсте, типа и заступљености усева утичу и хидро-метеоролошки услови на подручју система (Кљајић и сар. 2011).

Наводњавање, посебно у сушном периоду, надокнађује дефицит воде у вегетационом периоду и утиче на факторе важне за раст биљака. Како најчешће падавине нису довољне да задовоље потребе биљака за водом, наводњавањем се успоставља повољан водни режим који омогућава оптималне услове за раст и плодношење биљака. Како је сваки систем за наводњавање значајна инвестиција, при пројектовању система и дефинисању опреме мора се имати поуздана основа, односно треба познавати режим наводњавања (Средојевић и сар, 2006).

С обзиром на све горе наведено а узимајући у обзир значај воде додате наводњавањем за земљиште и биљке на висину и квалитет остварених приноса, основни циљ истраживања у овом раду је анализа стања, потенцијалних ризика и проблема, као и могућности веће примене наводњавања у Републици Србији.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

У раду је прво урађена анализа примене наводњавања у свету, а затим у Републици Србији. Сагледано је стање примене наводњавања у нашој пракси са производно-техничког и економског аспекта могућности његове веће примене. За потребе истраживања коришћени су подаци статистичких публикација Републичког завода за статистику Србије (РЗС) за период 2011-2020. године, подаци Организације Уједињених нација за исхрану и пољопривреду (ФАО), публиковани радови и извештаји појединих институција на регионалном и локалном нивоу у нашој земљи, као и истраживања домаћих и страних аутора у тематској области. Примењене су одговарајуће статистичке и калкулативне методе. Утврђени су различити статистички и производно-економски показатељи о ефикасности примене наводњавања као што су висина приноса, процентуални удео, индекси и др.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Наводњаване површине у водећим земљама у свету

На основу расположивих података Организације Уједињених нација за исхрану и пољопривреду (ФАО, 2019) о наводњаваним површинама у водећим земљама у свету, може се видети да Србија није у завидном положају јер се налази на 29 месту (Табела 1).

Tabela 1.

Наводњаване пољопривредне површине у водећим земљама света, 2019.

Редни број	Држава	Наводњавана површина (ха)	Удео (%)
1	Пакистан	19.320.000	30,60
2	Иран	7.972.120	12,63
3	Мексико	5.797.000	9,18
4	Бангладеш	5.587.000	8,85
5	Турска	5.215.000	8,26
6	Шпанија	3.758.003	5,95
7	Авганистан	2.283.000	3,62
8	Аустралија	1.955.000	3,10
9	Казакстан	1.779.400	2,82
10	Мароко	1.764.500	2,79
11	Азербејџан	1.434.600	2,27
12	Мјанмар	1.388.471	2,20
13	Киргистан	1.004.200	1,59
14	Еквадор	780.000	1,24
15	Таџикистан	568.500	0,90
16	Украина	377.000	
17	Данска	354.000	
18	Румунија	287.000	
19	Израел	286.100	
20	Република Молдавија	222.000	
21	Албанија	179.000	
22	Јерменија	155.200	
23	Мађарска	101.097	
24	Оман	100.920	
25	Уједињени арапски Емирати	90.400	
26	Јордан	80.056	
27	Суринам	63.000	4,00
28	Монголија	47.300	
29	Република Србија	47.000	
30	Белорусија	30.300	
31	Ел Салвадор	25.400	
32	Чешка	25.000	
33	Словачка	20.200	
34	Маурицијус	15.600	
35	Катар	12.000	
36	Малта	3.500	
37	Словенија	3.150	
38	Острва Волис и Футуна	60	
39	Исланд	50	
Укупно		63.132.127	100,00

Извор: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RL>

Према наводњаваним површинама у свету, на првом месту је држава Пакистан, са површином која се наводњава од 19.320.000 ха (приближно 30,6%), а на десетом месту је Мароко са 1.764.500 ха (приближно 2,8%) наводњаваних површина. Република Србија, са 47.000 ха наводњаваних површина, у свету се налази на 29. месту, што чини свега 0,07% укупно наводњаваних површина анализираних 39 земаља у свету.

Наводњаване површине у Републици Србији

На основу података статистичких публикација Републичког завода за статистику Србије (РЗС) за период 2011-2020. сагледане су наводњаване површине у нашој земљи за период 2011-2020. године (Табела 2). Чињеница је да у Србији постоје добри услови за интензивно наводњавање и што се тиче земљишта и расположиве воде, а такође и постоји свест о томе колики је значај

иригације на нашим просторима за све сфере пољопривредне производње. Међутим, и поред тога проценат наводњаваних површина у односу на укупне површине земљишта које су погодне за наводњавање, још увек је незнатан па се тренутно интензивно наводњавања свега око 2,00% обрадивих површина.

Табела 2.

Наводњаване површине под усевима/засадима у Републици Србији, 2011-2020.

Године	Наводњаване површине (ха)	Индекс (2011=100)	Оранице и баште (ха)	Индекс (2011=100)	Воћњаци (ха)	Индекс (2011=100)	Остало (ха)	Индекс (2011=100)
2011	34.175	100,00	32.652	100,00	1.318	100,00	205	100,00
2012	52.986	155,04	50.361	154,24	2.444	185,43	181	88,29
2013	53.086	155,34	49.988	153,09	2.358	178,91	741	361,46
2014	44.882	131,33	42.882	131,33	1.785	135,43	216	105,37
2015	54.696	160,04	52.367	160,38	2.111	160,17	217	105,85
2016	43.486	127,24	41.405	126,81	1.820	138,09	261	127,32
2017	46.823	137,01	46.622	142,78	2.013	152,73	201	98,05
2018	46.937	137,34	44.603	136,60	2.029	153,94	191	93,17
2019	46.863	137,13	44.486	136,24	2.104	159,64	271	132,20
2020	52.440	153,45	48.072	147,22	2.631	199,62	1.720	839,02
Просек	47.637		45.344		2.061		420	

Извор: РЗС, Екобилтен (2011-2019) <https://www.stat.gov.rs/sr-Latn/oblasti/zivotna-sredina>

Посматрајући период 2011-2020, може се закључити да су у 2020. повећане површине под наводњавањем у односу на 2011. годину, за 53,45%. Просек наводњаваних површина за анализирани период износи 47.637 ха. Од тога, просечне наводњаване површине под ораницама и баштама износе 45.344 ха, под воћњацима 2.061 ха, а под осталим пољопривредним културама крећу се око 420 ха. Према статистичким подацима (РЗС, 2021), од укупно коришћене пољопривредне површине у Србији, тј. од 3.437.423 ха, удео наводњаваних површина износи 52.440 ха (1,50%). Највећи удео у укупно наводњаваним површинама је под ораницама и баштама (91,70%), мањи процент под воћњацима (5,00%), а остале површине, чине 3,30%.

Најзаступљенији тип наводњавања пољопривредних површина у Србији је орошавање или вештачка киша (92,50%), затим систем кап по кап (7,30%), а површински свега 0,20% (Табела 3).

Табела 3.

Наводњаване површине и удео начина наводњавања, 2020.

Начин наводњавања	Република Србија	СРБИЈА СЕВЕР	Београдски регион	Регион Војводине	СРБИЈА ЈУГ	Регион Шумадије и Западне Србије	Регион Јужне и Источне Србије
Укупно (ха)	52.440	45.942	2.924	43.018	6.498	121	6.377
Удео (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Површински (ха)	104	77	2	75	28	13	15
Удео (%)	0,20	0,2	0,10	0,20	0,40	10,70	0,20
Кишење (ха)	48.483	43.497	2.883	40.614	4.986	26	4.961
Удео (%)	92,50	94,7	98,60	94,40	76,80	21,50	77,80
Капањем (ха)	3.853	2.369	40	2.329	1.484	82	1.402
Удео (%)	7,30	5,1	1,30	5,40	22,80	67,80	22,00

Извор: <https://data.stat.gov.rs/Home/Result/25010204?languageCode=sr-Cyrl>

Процентуални удео начина наводњавања по регионима сличан је као и на нивоу целе Републике.

Захваћене воде, објекти и уређаји за наводњавање у Републици Србији

Према подацима (РЗС, 2021)¹, захваћено је укупно 69.113 хиљ. м³ воде за наводњавање у 2020. што је за 2,1% више него у претходној години. Највише количине воде црпе се из водотокова (93,2%), а преостале количине захватају се из подземних вода, језера, акумулација и из водоводне мреже. Црпних агрегата има 613, агрегата за орошавање 3.336, канала у укупној дужини од 480 км и цевовода у укупној дужини од 1.351 км (Табела 4).

Табела 4.

Захваћене воде, објекти и уређаји за наводњавање у Републици Србији, 2016-2020.

Показатељ	2016	2017	2018	2019	2020	Индекс (2016=100)
Захваћене воде за наводњавање (хиљ. м³)	45.316	75.265	54.540	67.692	69.112	152,51
Подземне воде	2.094	3.322	3.437	3.466	1.951	93,17
Из водотока	40.381	67.382	48.159	61.020	64.397	159,47
Из акумулације и језера	2.811	4.520	2.918	3.181	2.748	97,76
Остало	30	41	27	25	16	53,33
Објекти и уређаји за наводњавање						
Црпни агрегати	832	928	1.179	618	613	73,68
Агрегати за орошавање	940	927	1.115	1.265	3.336	354,89
Канали-укупно (км)	449	474	479	480	480	106,90
Цевоводи-укупно (км)	1.503	1.338	1.287	1.212	1.351	89,89

Извор: www.stat.gov.rs (Еко-Билтен, 2020., Република Србија, Републички завод за статистику, Београд)

У току 2020. захваћено је око 50% (52,5%) више воде за наводњавање у односу на базну, 2016. годину. Међутим, подземне воде су се мање користиле за наводњавање за око 7,0% (6,8%), коришћење воде из водотокова се повећало за око 60% (59,5%), воде из акумулација и језера за око 2,0% (2,2%), и из осталих извора за око 53,0% (53,3%).

Што се тиче објеката и уређаја за наводњавање, број црпних агрегата се у 2020. у односу на 2016. годину смањило за 26,3%, број агрегата за наводњавање се повећао више пута, док је знатно смањена дужина канала и цевовода у функцији наводњавања.

Према подацима из извештаја Републичког завода за статистику (РЗС, 2021) за наводњавање у 2021. укупно је захваћено 92.574 хиљаде м³ воде, што је за 33,90% више него у претходној години. Највише воде црпи се из водотокова (84,30%), а преостале количине захватају се из подземних вода, језера, акумулација и из водоводне мреже. Најзаступљенији тип наводњавања је орошавањем. Од укупно наводњаваних површина, кишењем се наводњава 91,80%, капањем 8,0%, а површински свега 0,20%.

¹ Истраживањем о наводњавању обухваћени су пословни субјекти и земљорадничке задруге које се баве пољопривредном производњом и услугама у пољопривреди и/или управљају системима за наводњавање.

Могућности и препоруке унапређења наводњавања у Републици Србији

Развој наводњавања повезан је са развојем пољопривреде, али и са водопривредом па је стога битан интердисциплинарни приступ самој проблематици. Развој наводњавања треба да буде усмерен ка унапређењу агрокомплекса у широком обиму, што подразумева ревитализацију постојећих и изградњу нових система за наводњавање у складу са потребама и могућностима датог подручја. Затим, треба извршити реорганизацију пољопривредне производње ради бољег прилагођавања новоствореним приликама на домаћем и страном тржишту. Пажњу треба усмерити на употребу савремене механизације у целокупном процесу пољопривредне производње, увођењу иновација кроз нека од технолошких и техничких решења за оптимизирање потрошње воде и употребу обновљивих извора енергије (најчешће енергије ветра и енергије сунца) у процесу наводњавања, затим изградњу производних, акумулационих капацитета и сл. (Кљајић и сар., 2016., Субић и сар., 2017.).

У нашој земљи постоје добри услови за наводњавање већих површина, пре свега, рационалним коришћењем водних ресурса. Са великих природних водотокова у Србији као што су Дунав, Сава, Тиса и др. као и хидросистем ДТД обезбеђују су највеће количине воде за наводњавање, али је потребно да се обезбеде регионални хидросистеми и један број акумулација. Са друге стране, због загађења природних водотокова, у природи је све мање воде доброг квалитета, уз тенденцију даљег смањења њеног квалитета. У Србији се још увек за потребе наводњавања вода може употребљавати из скоро свих водотока, уз опрез и сталну контролу. Неопходно је спровести детаљан мониторинг био-педо-климатских фактора, прилагодити календар наводњавања и заливне норме елементима дневног модела водног биланса. Практичан проблем може представљати непостојање адекватне радне снаге на газдинставу, примерене техничким карактеристикама система за наводњавање, а такође и цена опреме неопходне за спровођење мониторинга релевантних параметара.

Коришћење подземних вода за наводњавање дозвољено је у случају врло богатих ресурса подземних вода, или у случају да квалитет подземних вода није задовољавајући за људске потребе (мора да задовољи критеријуме квалитета воде за наводњавање). За разлику од земаља где је наводњавање изузетно развијено и у великој је примени, код нас се тренутно доводи у питање проблем потрошње воде за наводњавање. Одсуство ових проблема у овом тренутку не значи да их неће бити у будућем периоду, пропорционално развоју наводњавања, односно повећању површина под системима уза наводњавање. Експлоатација подземних вода је око 30% процењених количина, с тим што се у будућности очекује значајно повећање постојећих изворишта. Количина подземне воде је различита на различитим локалитетима, па је негде има довољно, док је на појединим локалитетима доста оскудна (Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године).

Стратегија наводњавања у Србији подразумева третирање наводњавања не као искључиво меру борбе против суше и допунску меру за стабилизацију пољопривредне производње у њеној садашњој структури, већ као неопходну меру у процесу пољопривредне производње без које је немогуће постићи високе и стабилне приносе. Планирање и развој наводњавања треба усмерити у изградњу великих система за наводњавање, са једне стране на површинама од неколико хиљада хектара, и изградњу мањих система, на површинама до 100 ха, са друге стране (Петковић, 2003., Кљајић и сар., 2021.).

ЗАКЉУЧАК

С обзиром да се наша земља већ дужи низ година суочава са перманентним растом температуре ваздуха а самим тим и све чешћим сушама, интензивније коришћења наводњавања у процесу пољопривредне производње постаје неопходна карика без које није могуће постићи високопродуктивну производњу. Унапређењем система за наводњавање, са једне стране може довести до ефикасног коришћења водних, земљишних и осталих ресурса битних за пољопривреду, а са друге стране до веће отпорности на све израженије климатске промене. Увођењем наводњавања у пољопривредну производњу и његова интензивна примена имају многоструке позитивне ефекте на ублажавање суше: могућност рационалног коришћења воде; спровођење наводњавања по календару појаве водног стреса, са нормама заливања оптимално прилагођеним

гајеној култури; достизање високе ефикасности рада код савременијих система и задовољавајућег радног учинка на системима са застарелом опремом, и друго.

Инвестициона улагања за сваки тип наводњавања су специфична и зависе од много фактора као што су: врста и набавна цена опреме за наводњавање, локација водозахвата, удаљеност извора енергије, природни услови терена на коме се изводи наводњавање терена и друго. Када се планира и изводи техничко решење одређеног система за наводњавање, усваја се оно које захтева најнижа инвестициона улагања. Инвестициона улагања у пољопривредну производњу са применом наводњавања су прилично високе, али повраћај уложених средстава зависни су од повећања приноса у производњи са наводњавањем. Рентабилност инвестиције у различитим условима производње са применом наводњавања, је често неизвесна, и после дужег низа година може да се очекује значајна економска корист у односу на инвестирани капитал.

ЗАХВАЛНИЦА

Ово истраживање је финансијски подржало Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (Уговори бр. 451-03-68/2022-14 и 451-03-68/2022-14/200116).

ЛИТЕРАТУРА

- Цвијановић, Д, Михаиловић, Б., Параушић, В. (2015): "Наводњавање у функцији развоја пољопривредне производње у Србији". XXIX саветовање агронома, ветеринара, технолога и агроекономиста. Вол 21, бр. 1-2, стр. 193-199.
- Kljajić, N., Arsić, S., Vuković, P. (2011): „Land use in agriculture of the Republic of Serbia“. The international symposium: „Agrarian economy and rural development – realities and perspectives for Romania“. September 8th-9th 2011., Bucharest, Romania.
- Kljajić, N., Vuković, P., Arsić, S. (2013a): "Current Situation in Irrigation in the Republic of Serbia". Charperter 7, Sustainable Technologies, Policies, and Constraints in the Green Economy Andrei Jean-Vasile, Adrian Turek, Jonel Subic, Dorel Dusmanescu, pp. 123-139 <http://www.igi-global.com>
- Кљајић, Н., Средојевић, З., Кљајић, Ж. (2013б): "Евалуација примене наводњавања у Србији". Зборник радова-Мелиорације 13, стр. 51-57.
- Kljajić, N., Paraušić, V., Rodić, A. (2016): "Techno-economic feasibility use of portable solar irrigation system". 152nd EAAE SEMINAR: Emerging technologies and the development of agriculture, Thematic Proceedings, August 30th September 1st New Sad, Serbia. Publishers: Serbian Association of Agricultural Economists, Belgrade, Serbia; Faculty of Economics, Subotica, University of Novi Sad, Serbia; Institute of Agricultural Economics, Belgrade, Serbia. pp. 36-57
- Kljajić, N., Sredojević, Z. (2021): "Irrigation as a factor of economic sustainability of agricultural production". Thematic proceeding of International scientific conference, Sustainable agriculture and rural development. Belgrade-Serbia, pp. 249-259
- Петковић, С. (2003): "Стратегија развоја наводњавања у Србији". Водопривреда. Вол. 35, бр. 1-2, стр. 50-60.
- Popović, V., Kljajić, N., Subić, J. (2014): "Negotin lowland irrigation system upgrading". Jurnal Economics of Agriculture. Year 61, No. 3, (553-828), pp. 739-759. Publishers: The Balkan Scientific Association of Agrarian Economists, Institute of Agricultural Economics, Belgrade, Academy of Economic Studies, Bucharest (Romania).
- Субић, Ј., Кљајић, Н., Јелочник, М. (2017): "Обновљиви извори енергије и наводњавање у функцији одрживог развоја пољопривреде-економски аспекти". Монографија, Институт за економику пољопривреде Београд, Број страна 296/300.
- Средојевић, З., Гајић, Б., Живковић, Д. (2006): "Економски параметри оптималне структуре производње у условима наводњавања". Зборник радова са скупа са међународним учешћем II – Перспективе агробизниса Србије и Европске интеграције. Економика пољопривреде, Год./Вол. LIII, Н⁰³ (525–934), Београд, стр. 799–809.
- Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године ("Сл. гласник РС", бр. 3/2017) *** <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RL> (Датум приступа, 17.05.2022.)
- *** <https://www.stat.gov.rs/sr-Latn/oblasti/zivotna-sredina>, РЗС, Екобилтен 2011-2019. (Датум приступа, 19.05.2022.)
- *** www.stat.gov.rs, Еко-Билтен, 2020., Република Србија, Републички завод за статистику, Београд (Датум приступа, 13.06.2022.)

ЗАГАЂЕЊЕ ЗЕМЉИШТА МИКРОПЛАСТИКОМ НА ПОДРУЧЈУ ЗАСАВИЦЕ

Ивана Микавица^{1*}, Драгана Ранђеловић¹, Јовица Стојановић¹, Јелена Мутић²

¹Институт за Технологију Нуклеарних и других Минералних Сировина, Булевар Франше Д'Епера, Београд, Србија

²Универзитет у Београду, Хемијски факултет, Студентски трг 12 - 16, 11158, Београд, Србија

*аутор за контакт: i.mikavica@itnms.ac.rs

САЖЕТАК

УВОД и ЦИЉЕВИ: Услед високих нивоа производње и употребе пластике узрокованих индустријским развојем, копнена околина садржи алармантне количине одбачених отпадних пластичних материјала. Једном када доспеју у природу, они подлежу деградационим процесима, разлажући се на микроскопске фрагменте, познатије као микропластике (МП). МП се дефинишу као пластични остаци мале величине (< 5 mm) који потичу из различитих извора као што су производи за личну негу, хабање гума, различите пољопривредне активности, таложење атмосферских честица, клизишта итд. Земљишна станишта последично постају једно од доминантних басена за депоновање МП. Токсични ефекти присуства МП у животној средини су бројни. Штавише, захваљујући јаком капацитету адсорпције, МП би могле коегзистирати са другим загађивачима као што су тешки метали и органске честице, што представља нови еколошки ризик. Присуство МП је откривено у екосистемима у којима готово да нема људске активности - дивљим областима Северне Америке, планинским шумама Пиринеја, па чак и на врху Монт Евереста. Овај рад је имао за циљ да истражи садржај микропластике у земљишту које окружује Специјални резерват природе Засавица, указујући на значај овог свеprisутног загађивача који негативно утиче на квалитет земљишта, живи свет и ланац исхране.

МАТЕРИЈАЛ и МЕТОД: Узорци земљишта су прикупљани помоћу лопате од нерђајућег челика и текстилних врећа, на травнатој површини у близини Специјалног резервата природе Засавица, на дубини од 0-20 cm. Узорци су сушени на ваздуху две недеље и просејани кроз сито од 2 mm. Након просејавања, узорци су сушени на 60°C у пећи до константне тежине, а затим су мерена три реплика од укупно 15 g узорка за анализу. На почетку је земљиште третирано са 60 ml 30% H₂O₂ како би се разорила органска материја земљишта. Како би се постигла боља екстракција МП, суспензија је подвргнута ултразвучном третману у трајању од 10 минута, имајући у виду да МП имају тенденцију да буду инкорпориране у агрегате земљишта. Након тога, дигестија је настављена на 60°C током 24h. Изолација МП извршена је методом раздвајања по густини. Суви остатак земљишта који је остао након дигестије прекривен је засићеним раствором NaCl. Густина раствора NaCl била је 1,2 g cm⁻¹. Суспензија је стављена у ултразвучно купатило на 15 минута и остављена преко ноћи како би се честице могле редистрибуирати по густини. Горњи слој супернатанта је филтриран кроз Whatman стаклени филтер (величина пора 1,6 μm, пречник 25 mm). МП су посматране и пребројане помоћу поларизационог микроскопа (Carl Zeiss Jena Pol-U).

РЕЗУЛТАТИ и ЗАКЉУЧЦИ: У складу с резултатима, узорци земљишта су садржали 800 честица по kg земљишта, односно у измерених 5 g земљишта у просеку смо нашли 4 честице. Преовлађујући облици МП били су фрагменти, док је величина била у распону од 50-500 μm. Боја честица је била бела/провидна. Претпостављени доминантни извори остатака МП на овом подручју, које се сматра незагађеним, могли би бити производи за свакодневну употребу, као што су амбалажа за храну и пиће, козметички производи, текстил, гуме итд. Претпоставља се да индустрија и пољопривреда не доприносе у значајној мери доказаном присуству МП. Метода која користи засићени раствор NaCl даје информације само о честицама полимера са густином мањом од 1,2 g cm⁻¹. Стога се очекује да ће екстраховане честице бити остаци полимера као што су LDPE и HDPE (полиетилен ниске и високе густине), PP (полипропилен), ABS (акрилонитрил бутадиен стирен), PC (поликарбонат), HIPS (полистирен високог утицаја), или PA (полиамид). Јасан увид у утицај МП на екосистем тек треба да се испита. Будућа истраживања биће усмерена на утицај МП на важна физичко-хемијска својства земљишта и живи свет, одређивање типа и карактеризација МП и њеног главног извора порекла на проучаваном подручју, како би се у будућности примениле одговарајуће мере за смањење загађења пластиком.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: микропластика; честице; земљиште; дигестија; екстракција

УВОД

Савремени свет и живот уопште је готово немогуће замислити без пластике и синтетичких полимера. Захваљујући бројним карактеристикама, као што су хемијска стабилност, лако обликовање и обрада, некорозивност и механичка отпорност, пластика је постала доминантни материјал у индустрији паковања, грађевинарства, аутомобилској, електро и електронској индустрији и пољопривреди. Глобална производња и општа употреба пластике датирају из средине XX века, 1950. (Geyer и сар., 2017). Од тада, потрошња пластике је расла готово експоненцијално. Пропорционално се увећавао и удео пластичног отпада у загађењу животне средине. Производња пластике на глобалном нивоу 2019. године достигла је вредност од 368 милиона тона (Tian и сар., 2022). Особине пластике које су је учиниле пожељном сировином за употребу, истовремено су омогућиле лако доспевање у животну средину, чак и у најудаљеније крајеве планете.

Истраживања су показала да се пластика доспела у животну средину, постепеним разлагањем под утицајем различитих процеса који се дешавају у природи дефрагментираше до микрочестица, тзв. микропластике. Деградација пластике се може догодити као последица изложености високим температурама, фотооксидацији, корозији (хемијска деградација), као и утицајем ерозије, абразије, и рада таласа (механичка деградација) или пак, активношћу микроба (биодеградација) (Lwanga и сар., 2022). Дефинисано је да микропластику представљају честице пластике мање од 5 mm (Zhang и сар., 2022). Од самог открића њеног присуства и акумулације у океанима од стране Томпсона 2004. године, микропластика је у значајној мери скретала пажњу како научне заједнице и регулаторних тела, тако и медија и шире јавности. Данас знамо да се микропластика може пронаћи у живим организмима - глистама (Lahive и сар., 2022), шкољкама (Nap и сар., 2022), и у људској крви (Leslie и сар., 2022), у поднебљима готово без људске активности, као што су Антарктик (Aves и сар., 2022) и Монт Еверест (Napper и сар., 2020), у свим компонентама екосистема, а да је земљиште доминантно подручје за њено депоновање (Wang и сар., 2022).

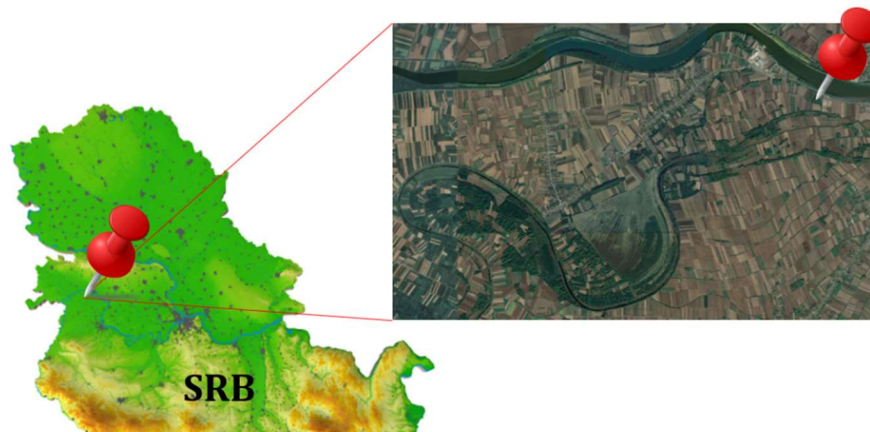
Токсични ефекти микропластике су бројни. До сада је установљено да микропластика утиче на физичко-хемијска својства земљишта – капацитет задржавања воде, специфичну густину, стабилност структурних агрегата, расподелу величине пора, као и на плодност земљишта (Zhang и сар., 2020). Веза између садржаја микропластике и земљишта, механизам деловања и степен утицаја на живи свет захтевају даља истраживања. Захваљујући великој специфичној површини, насталој као резултат деловања спољних утицаја, површину честица микропластике карактерише велики потенцијал адсорпције. Из тог разлога се микропластика сматра висококапацитетним носачем патогених микроорганизама, али и других полутаната – пестицида, тешких метала, органских загађујућих супстанци, итд. (Qian и сар., 2018). Микропластика на тај начин представља потенцијални вектор за патогене и контаминанте присутне у земљишту (Chia и сар., 2021). Земљишни организми имају отворен приступ микропластици у земљишту, те се последично ингестијом омогућава њен транспорт и увођење у ланац исхране, а одређени број честица пластике завршава и у систему подземних вода, представљајући претњу за животну средину, биљни и животињски свет, као и људско здравље.

Спознајом да се у земљиштима акумулира значајна количина микропластике, јавила се потреба за њеном квантификацијом. До сада је развијено више метода за изоловање микропластике из земљишта, од којих је највећу примену нашла екстракција на бази разлике у густини у засићеним растворима соли (He и сар., 2018). Компоненте земљишта поседују већу густину од честица микропластике, те у раствору под утицајем гравитације падају на дно, док честице микропластике као лакше испливавају и задржавају се на површини супернатанта. Поменути метод је оптимизован и коришћен и у нашем истраживању.

Предмет досадашњих испитивања садржаја микропластике у копненим подручјима, претежно су била земљишта под високим антропогеним утицајем, као што су урбана, пољопривредна и индустријска земљишта, у којим се проналазак микропластике може очекивати. Мањи број студија бавио се мање загађеним областима. Предмет нашег испитивања било је субурбано земљиште из околине Специјалног резервата Засавица, лоцираног у северној Мачви. Реч је о 1825 хектара поплавних ливада и шума, уз реку Засавицу; ова територија је под заштитом државе као природно добро од изузетног значаја од 1977. године. Циљ ове студије били су изоловање и квантификација честица микропластике у земљишту из околине резервата природе Засавица, уз преглед истраживања спроведених на ову тему, и осврт на постојеће разлике у коришћеним методама.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Узорци земљишта су прикупљени на травнатој површини, на територији близу обода резервата природе, субурбаној зони Сремске Митровице (Слика 1). Узоркован је и анализиран горњи слој земљишта, дубине 0-20 cm, помоћу ашова од нерђајућег челика, како би се избегла контаминација.



Слика 1. Специјални резерват природе Засавица и место узорковања

Земљиште је сушено 2 недеље на собној температури, просејано кроз сито од 2 mm, а потом сушено поново у сушници на 60°C до константе масе. Одмерено је укупно 15 g земљишта, а анализе су рађене у трипликату. Све наредне етапе протокола вршене су у ламинарној комори. Како је густина органске материје у опсегу густине пластичних материјала (0.85 – 2.30 g cm⁻³), наредни корак је подразумевао дигестију органске материје (ОМ), пре раздвајања на бази густине (Шема 1). Разарање органске материје вршено је водоник пероксидом концентрације 30% у трајању од 24h. Услед бурне реакције оксидације, 30 ml водоник пероксида је додавано најпре у инкрементима од по 1 ml, а потом је суспензији додата преостала количина од 30 ml. Температура је контролисана и одржавана у уском опсегу око 60°C, имајући у виду да се већина гравних полимера пластике под утицајем 30%-тног H₂O₂ разлаже већ на температурама од око 70°C.

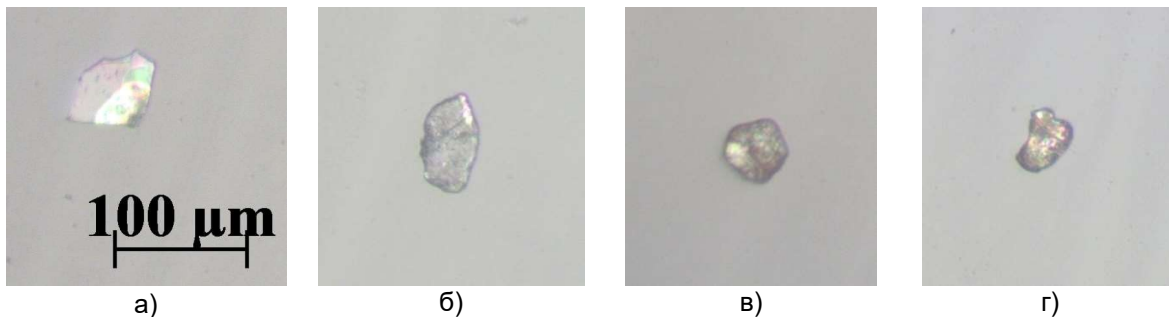


Шема 1. Протокол за изоловање микропластике из земљишта

Како честице микропластике имају тенденцију инкорпорирања у земљишне агрегате, суспензија је подвргнута ултразвучном третману у трајању од 10 минута, у циљу постизања бољих резултата раздвајања. Суви остатак земљишта, остао након дигестије је прекривен zasiћеним раствором NaCl, густине 1.2 g cm⁻³. Добијена суспензија је промешана и постављена у ултразвучно купатило током 15 минута, и остављена преко ноћи у циљу расподеле честица у зависности од густине. Горњи слој супернатанта, око 30 ml, је профилиран кроз стаклени филтер (пречника 25 mm и порозности 1.6 μm, Whatman). Идентификација и квантификација честица микропластике је вршена помоћу поларизационог микроскопа (Carl Zeiss Jena Pol-U).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Локација узорковања налази се у субурбаној зони Сремске Митровице, на граници резервата Засавица. У 5 g узоркованог земљишта, колико је одмерено за анализу по једној проби, изоловане су у просеку 4 честице, тј. детектовано је 800 честица по kg. Све изоловане честице биле су беле до транспаренте боје, величине испод и око 100 μm (Слика 2). Доминантан, тј. готово једини примећени морфолошки облик био је фрагмент. Облик једне честице (Слика 2а) се може посматрати и као филм судећи по површини снимљеној поларизационим микроскопом, док с друге стране, посматрајући ивице, честица има фрагментални облик.

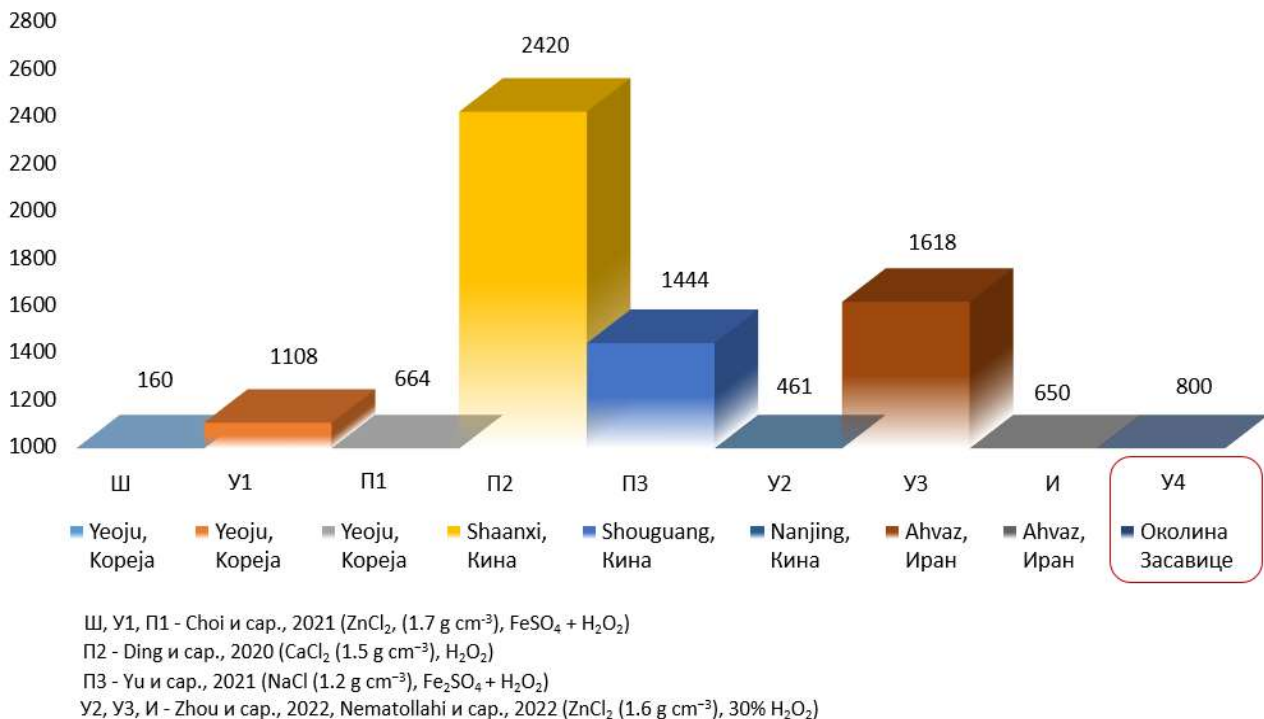


Слика 2. Изоловане честице микропластике, а), в) и г) $< 100 \mu\text{m}$ и б) $\geq 100 \mu\text{m}$

Добијени резултат умногоме одговара опсегу објављених вредности за градска и приградска земљишта. Резултати појединих студија налазе се на Слици 3. Приметно је да концентрације микропластике у различитим областима значајно варирају, што свакако има везе са степеном урбанизације, привредним делатостима саме области, густини насељености становништва и применом регулаторних и превентивних мера.

Коцентрација микропластике у земљишту у околини Засавице је мања од исте у урбаном земљишту града Уеџу, у провинцији Gyeonggi у Јужној Кореји, где је пронађено у просеку 1108 честица по килограму, док је у истом граду шумско земљиште садржало 160 честица kg^{-1} - значајно мање у поређењу са овде одређеном вредношћу. Пољопривредно земљиште у овој области садржало је 664 честице по килограму. Изоловане честице биле су доминантно црни фрагменти, осим шумског земљишта у ком су преовладавале жуте честице пластике. Метод коришћен за изоловање подразумевао је екстракцију засићеним раствором ZnCl_2 , густине 1.7 g cm^{-3} , и дигестију органске материје уз употребу Фентоновог реагенса (Слика 3). Већа густина раствора у овом случају омогућава виши степен екстракције, обухватајући и полимере веће густине. Како је густина засићеног раствора NaCl који је коришћен у овом раду 1.2 g cm^{-3} , честице микропластике веће густине остају неекстраховане, што доводи до нижих резултата од оних које би дала метода с ZnCl_2 чија густина може ићи до 1.9 g cm^{-3} .

Кина је највећи светски произвођач пластике, са уделом од 24.8% од укупне глобалне производње у 2020. години, те су високе концентрације микропластике у земљишту очекиване (Zhou и сар., 2022). У оквиру истраживања спроведених у различитим градовима Кине, пријављен је широк распон концентрација – од 461 честица kg^{-1} , колико је пронађено у зеленим травнатим површинама града Nanjing, у кинеској покрајини Jiangsu, до 22002 честице по kg , детектоване у градском земљишту у Пекингу (Zhou и сар., 2022, Zhang и сар., 2022). Коришћене методе се нису разликовале значајно. Оба аутора су екстракцију честица вршила засићеним раствором ZnCl_2 уз минималне разлике у густини истог (1.5 и 1.6 g cm^{-3}), док је за дигестију органске материје коришћен Фентонов реагенс и H_2O_2 , редоследно (Слика 3). Честице изоловане у поменутих студијама биле су доминантно беле до транспалентне боје, величине испод 500 и $250 \mu\text{m}$. У највећој мери било реч је о влакнима, за разлику од фрагмената пронађених у околини Засавице, тј. близини Сремске Митровице. Концентрације добијене анализом пољопривредних земљишта у провинцији Shaanxi и граду Shouguang (1430-3410, и 1444, редоследно) ниже су од поменутих концентрација у градским областима, а свакако знатно више од концентрације добијене у овом раду. Екстракциона средства коришћена за анализе били су засићен раствор CaCl_2 (1.5 g cm^{-3}) и NaCl (1.2 g cm^{-3}), а средство коришћено за оксидацију органске материје Фентонов реагенс и H_2O_2 (Слика 3). Величина изолованих честица била је испод $500 \mu\text{m}$. Земљиште из провинције Shaanxi претежно је садржало пластична влакна, док су у граду Shouguang у највећој мери били заступљени бели фрагменти.



Слика 3. Литературне вредности концентрације микропластике у различитим категоријама земљишта уз примену различитих метода за изоловање микропластике (Ш – шумско земљиште, У – урбано, П – пољопривредно, И – индустријско)

Nematollahi и сар., (2022) анализирали су земљиште у индустријском граду Ahvaz, у Ирану. Урбано земљиште садржало је 100–3135 честица по килограму, док је концентрација микропластике у узорцима индустријског земљишта била у опсегу 80-1220 честица kg⁻¹ (Слика 3). За екстракцију микропластике коришћен је засићен раствор ZnCl₂ (1.6 g cm⁻³), а за дигестију 30% H₂O₂. ZnCl₂ представља релативно често коришћен реагенс, због високе густине која се може постићи његовим растварањем. Но, ова со је изразито корозивна, те с аспекта заштите животне средине није најподеснија за употребу. Додатни ограничавајући фактор је и цена ове хемикалије, разматрајући економичност методе. Насупрот томе, NaCl је хемикалија безбедна за околину, и уз то и јефтина, те је многи аутори сматрају погодном за анализу, макар као први корак за изоловање фракције полимера ниже густине. Разлика између индустријског и суб(урбаног) земљишта јавила се и у погледу величине честица. Индустријско земљиште садржало је честице 50-100 μm, док су у пољопривредном биле нешто веће – 100-250 μm. У обе категорије земљишта преовладала су бела влакна.

За разлику од претходно поменутих студија, за екстракцију микропластике у земљишту узоркованом у парковима Амстердама је коришћен раствор NaI (1.7 g cm⁻³). Циљ је била екстракције полимера мале густине, те је као први корак екстракције коришћена и дестилована вода. Просечна вредност садржаја микропластике била је 4825 честица kg⁻¹, што је знатно мање од концентрације у Пекингу (Zhang и сар., 2022), али више од одговарајућих вредности за суб(урбана) земљишта у граду Ahvaz, у Ирану, и Yeoju, у Кореји, а вишеструко више у односу на град Nanjing, у Кини, и области у околини Засавице и Сремске Митровице, коју смо у овом раду анализирали. Величина честица била је у опсегу 190-400 μm. Важно је нагласити, да је униформна метода за изоловање неопходна за могућност адекватног поређења резултата, те је један од круцијалних праваца даљих истраживања, увођење стандардне методе за екстракцију микропластике из земљишта различитих матрикса.

Разноврсност у дистрибуцији, морфолошким облицима, а у неким случајевима и у величини указује на комплексност порекла микропластике у земљишту. Извори микропластике уско су везани

с антропогеним делатностима, било да је реч о привреди, или свакодневним активностима. Третман отпадних вода и употреба муљева у циљу побољшања квалитета земљишта сматрају се примарним извором загађења у агроекосистемима. Микропластика пронађена у индустријским подручјима може потицати од коришћене амбалаже за паковање и електронског отпада. Субурбана земљишта, какво је анализирано земљиште из околине Засавице, обилују честицама прашине од гума, услед близине путева, као и деловима пластичних материјала одложених на градским депонијама и на локалним местима за скупљање отпада (производи за личну употребу, паковања хране и пића, текстил, итд.). Карактеризација честица, тј. одређивање структуре градивног полимера пластике може дати значајне информације о пореклу честица, што је уједно и наредни корак планиран за даља истраживања.

ЗАКЉУЧАК

Микропластика је свеprisутни загађивач пронађен чак и у ненасељеним областима, чији негативан утицај оставља дуготрајне последице по животну средину и здравље људи и других живих организама. Показало се да је земљиште једно од примарних подручја у којима се честице микропластике депонују. Концентрација од 800 честица по kg земљишта из околине специјалног резервата природе Засавица, установљена методом изоловања на бази густине уз засићени раствор NaCl, налази се у опсегу концентрација до сада евидентираних у литератури за субурбана земљишта. Одговарајуће вредности за пољопривредна и индустријска земљишта су знатно изнад добијене. Већина аутора за екстракцију користи засићен раствор ZnCl₂, услед могућности постизања веће густине, а последично и виши степен екстракције. Могуће порекло микропластике у земљишту посматране области су највероватније производи за свакодневну употребу - паковања пића и хране, текстил, амбалажа производа за личну хигијену, и сл. У идентификацији потенцијалних извора загађења важну улогу игра тип полимера од ког су честице изграђене, те је планирана следећа фаза испитивања карактеризација изолованих честица.

ЗАХВАЛНИЦА

Ово истраживање финансирано је од стране Министарства процвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (Бројеви уговора 451-03-68/2022-14/200023 и 451-03-68/2022-14/200168).

ЛИТЕРАТУРА

- Aves, A. R., Revell, L.E., Gaw, S., Ruffell, H., Schuddeboom, A., Wotherspoon, N. E., LaRue, M., & McDonald, A. J. (2022). First evidence of microplastics in Antarctic snow. *The Cryosphere*, 16(6), 2127–2145. <https://doi.org/10.5194/tc-16-2127-2022>
- Chia, R. W., Lee, J., Kim, H., & Jang, J. (2021). Microplastic pollution in soil and groundwater: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 4211–4224. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01297-6>
- Choi, Y. R., Kim, Y., Yoon, J., Dickinson, N., & Kim, K. (2021). Plastic contamination of forest, urban, and agricultural soils: a case study of Yeosu City in the Republic of Korea. *Journal of Soils and Sediments*, 21, pages1962–1973. <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02759-0>
- Cohen, Q., Glaese, M., Meng, K., Geissen, V., & Huerta-Lwanga, E. (2021). Parks and Recreational Areas as Sinks of Plastic Debris in Urban Sites: The Case of Light-Density Microplastics in the City of Amsterdam, The Netherlands. *Environments* 2022, 9(1), 5. <https://doi.org/10.3390/environments9010005>
- Ding, L., Zhang, S., Wang, X., Yang, C., Zhang, C., Qi, Y., & Guo, X. (2020). The occurrence and distribution characteristics of microplastics in the agricultural soils of Shaanxi Province, in north-western China. *Science of The Total Environment*, 720, Article 137525. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137525>
- Geyer, R., Jambeck, J., & Law, K.L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Han, Z., Jiang, T., Xie, L., Zhang, R. (2022). Microplastics impact shell and pearl biomineralization of the

- pearl oyster *Pinctada fucata*. Environmental Pollution, 293, Article 118522. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118522>.
- He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. (2018). Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 109, 163-172. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.006>
- Lahive, E., Cross, R., Saarloos, I., Horton, A. A., Svendsen, C., Hufenus, R., & Mitrano, D. (2022). Earthworms ingest microplastic fibres and nanoplastics with effects on egestion rate and long-term retention. Science of The Total Environment, 807(3), Article 151022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151022>
- Leslie, H. A., Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., & Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International, 163, Article 107199. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>
- Lwanga, E. H., Beriot, N., Corradini, F., Silva, V., Yang, X., Baartman, J., Rezaei, M., Schaik, L., Riksen, M., & Geissen, V. (2022). Review of microplastic sources, transport pathways and correlations with other soil stressors: a journey from agricultural sites into the environment. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 9, Article 20. <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00278-9>
- Napper, I. E., Davies, B. F. R., Clifford, H., Elvin, S., Koldewey, H., Mayewski, P. A., Miner, K. R., Potocki, M., Elmore, A. C., Gajurel, A. P., & Tompson, R. C. (2020). Reaching New Heights in Plastic Pollution—Preliminary Findings of Microplastics on Mount Everest. One Earth, 3(5), 621-630. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.10.020>
- Nematollahi, M. J., Keshavarzi, B., Mohit, F., Moore, F., & Busquets, R. (2022). Microplastic occurrence in urban and industrial soils of Ahvaz metropolis: A city with a sustained record of air pollution. Science of The Total Environment, 819, Article 152051, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152051>
- Qian, H., Zhang, M., Liu, G., Lu, T., Qu, Q., Du, B., & Pan, X. (2018). Effects of Soil Residual Plastic Film on Soil Microbial Community Structure and Fertility. Water, Air, & Soil Pollution, 229, Article 261. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3916-9>
- Tian, L., Jinjin, C., Ji, R., & Ma, Y. (2022). Microplastics in agricultural soils: sources, effects, and their fate. Current Opinion in Environmental Science & Health, 25, Article 100311. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100311>
- Wang, F., Wang, Q., Adams, C. A., Sun, Y., & Zhang, S. (2022). Effects of microplastics on soil properties: Current knowledge and future perspectives. Journal of Hazardous Materials, 424(C), Article 127531. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127531>.
- Yeoju City in the Republic of Korea. Journal of Soils and Sediments, 21, 1962-1973. <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02759-0>
- Yu, L., Zhang, J., Chen, L., Tao, S., & Liu, W., (2021). Distribution characteristics of microplastics in agricultural soils from the largest vegetable production base in China. Science of The Total Environment, 756, Article 143860, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143860>
- Zhang, B., Yang, X., Chen, L., Chao, J., Teng, J., & Wang, Q. (2020). Microplastics in soils: a review of possible sources, analytical methods and ecological impacts. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 95(8), 2052-2068. <https://doi.org/10.1002/jctb.6334>
- Zhang, M., Liu, L., Xu, D., Zhang, B., Li, J., & Gao, B. (2022). Small-sized microplastics (< 500 µm) in roadside soils of Beijing, China: Accumulation, stability, and human exposure risk. Environmental Pollution, 304, Article 11911, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119121>
- Zhou, Y., Wang, J., Zou, M., Yin, Q., Qiu, Y., Li, C., Ye, B., Guo, T., Jia, Z., Li, Y., Wang, C., & Zhou, S. (2022). Microplastics in urban soils of Nanjing in eastern China: Occurrence, relationships, and sources. Chemosphere, 303, Article 134999, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134999>

МАПИРАЊЕ И ПРОСТОРНА АНАЛИЗА У ПРОГРАМУ R

Милена Лакићевић^{1*}

¹Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за воћарство, виноградарство, хортикултуру и пејзажну архитектуру, Нови Сад, Србија

*аутор за контакт: milena.lakicevic@polj.edu.rs

САЖЕТАК

УВОД и ЦИЉЕВИ: У данашње време, програм R и његов интерфејс RStudio се често примењују у мапирању и просторним анализама у пољопривреди. Циљ овог рада је приказ и анализа најкориснијих R пакета за потребе креирања различитих типова мапа (статичких и интерактивних), као и за обављање основне просторне метрике предеоних елемената (шуме, обрадиво земљиште, итд.).

МАТЕРИЈАЛ и МЕТОД: Поступак мапирања ће бити приказан на неколико студија случаја у области пољопривреде, на територији Србије, и добијене мапе биће допуњене анализом просторне метрике различитих просторних елемената (површина, дужина граница, надморска висина, итд.). Програм коришћен за анализу је R (верзија 3.5.3), његов интерфејс RStudio (верзија 1.2.1335) и R пакети “dplyr”, “shiny”, “ggplot2”, “leaflet”, “tmaps” и “ggmap”.

РЕЗУЛТАТИ и ЗАКЉУЧЦИ: Резултати су приказани у форми статичких и интерактивних мапа које приказују шуме и обрадиво земљиште на одабраним локалитетима у Србији, као и у форми графикона и табела помоћу којих се анализирају и квантификују неке од најзначајнијих просторних информација у вези са одабраним предеоним елементима. R програм се оцењује као прикладан и професионални алат за обављање различитих типова анализа у пољопривреди и ово се односи и на обраду нумеричких просторних података и на креирање мапа високог квалитета.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: пољопривреда; RStudio; мапе; предеони елементи

УВОД

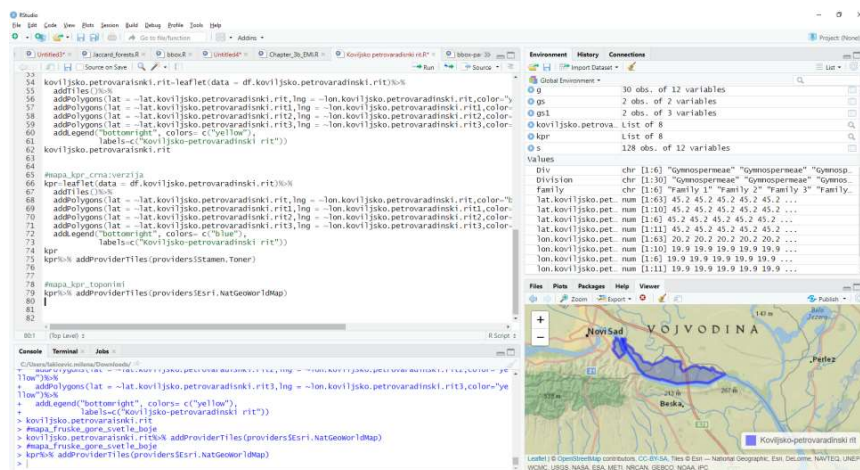
Картирање се може обавити коришћењем бројних савремених програма. У новије време, поред ГИС алата велику примену има програмски језик R и његов интерфејс RStudio. Предност програма R је у томе што је нуди могућност обраде и нумеричких и просторних података, а поред тога, његово коришћење је бесплатно (Lakićević, 2020).

У раду ће бити приказана примена програмског језика R на неколико задатака из области управљања пределима. Сличан поступак може да се користи и за задатке у сродним областима пољопривреде, посебно у задацима који се односе на картирање и добијање мапа високог квалитета. Иако је фокус овог рада мапирање и просторна анализа, важно је напоменути да R програм нуди могућност статистичке анализе и због тога може имати примену и у педолошким истраживањима, истраживањима у хортикултури која се односе на испитивање толеранције различитих биљних врста на одређене абиотичке чиниоце у лабораторијским условима или на огледним пољима и сл. (Lakićević, 2021). Осим тога, програм има велики значај у поступцима управљања заштићеним природним добрима.

У овом раду креиране су карте у различитим размерама. Најпре су приказане карте заштићеног природног добра – Специјалног резервата природе „Ковиљско-петроварадинског рита“, коришћењем различитих R пакета, а затим и карте са приказом заштићених примерака дендрофлоре у Сремским Карловцима. Идеја рада је да се прикаже поступак и изглед карти које су означавају границе заштићеног природног добра, а затим и добијање детаљнијих приказа – појединачних биљака које су заштићене као споменици природе ботаничког карактера. У раду су креиране основне и тематске карте и више о њима ће више бити речено у даљем тексту.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

У раду је коришћен програм *R*, његов интерфејс *RStudio*, као и *R* пакети: *leaflet*, *ggplot2* и *ggmap*. Интерфејс *RStudio* је приказан на Сlici 1. Као што се може уочити на слици, интерфејс је подељен на четири поља, у горњем левом пољу се уписују команде, а у доњем левом пољу се добијају резултати, а поред тога у овом пољу се могу наћи и описи и „упозорења“ уколико команде нису добро написане (програм сугерише у ком реду је направљена грешка и сл.). У горњем десном пољу се учитавају подаци из, на пример, Excel табела, SPSS-а и сл., а осим тога програм у овом пољу креира сопствене базе које ће бити сачуване у његовој меморији. У доњем десном углу се добијају карте, графикони и други графички прикази.



Слика 1. Кориснички интерфејс *Rstudio*

У раду су посебно разматрана два задатка: картирање граница СРП „Ковилско-петроварадинског“ рита и картирање заштићених стабала у Сремским Карловцима. За картирање граница „Ковилско-петроварадинског“ рита као улазни подаци биле су потребне географске координате свих тачака које одређују границу, док су за картирање заштићених стабала у Сремским Карловцима, осим географских координата, били потребни и подаци о називима врста, заштићеној површини и типу стабла (лишћар/четинар). Ови подаци су преузети из документационог материјала Покрајинског завода за заштиту природе и рада (Лакићевић и сар., 2020). Улазни подаци за картирање заштићене дендрофлоре у Сремским Карловцима дати су на Сlici 2.

	Vrsta	lat	lon	Povrsina	tip
1	Aesculus hippocastanum L.	45.19914	19.94025	7.5	лишћар
2	Morus nigra L.	45.19667	19.94696	2.3	лишћар
3	Platanus x acerifolia (Aiton) Willd.	45.20214	19.93598	16.2	лишћар
4	Pterocarya fraxinifolia (Poiret) Spach	45.20424	19.93176	3.5	лишћар
5	Taxus baccata L. (a, b)	45.20222	19.93369	7.8	четинар
6	Taxus baccata L. (c)	45.20361	19.93433	5.7	четинар

Слика 2. Улазни подаци за картирање заштићене дендрофлоре у Сремским Карловцима

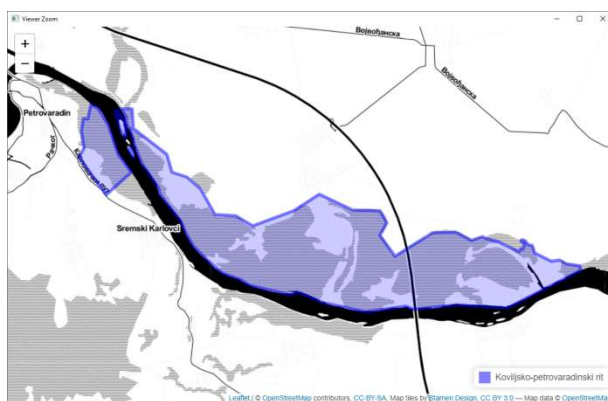
РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Прва креирана карта односи се на приказ СРП „Ковилско-петроварадинског рита“ на карти Србије. Карта је креирана коришћењем пакета *leaflet* (Cheng et al., 2022).



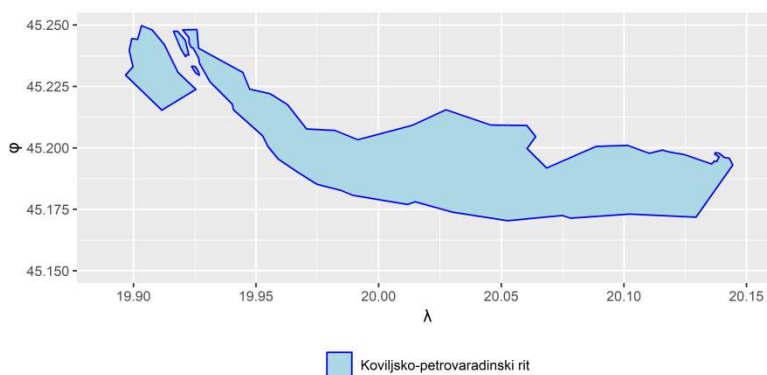
Слика 3. СРП „Ковилјско-петроварадински рит“, шири просторни контекст

Осим приказа у ширем просторном контексту нацртане су и карте које приказују тачне границе овог заштићеног природног добра (Слика 4). За креирање ове карте такође је коришћен пакет *leaflet*.



Слика 4. СРП „Ковилјско-петроварадински рит“, *leaflet* пакет

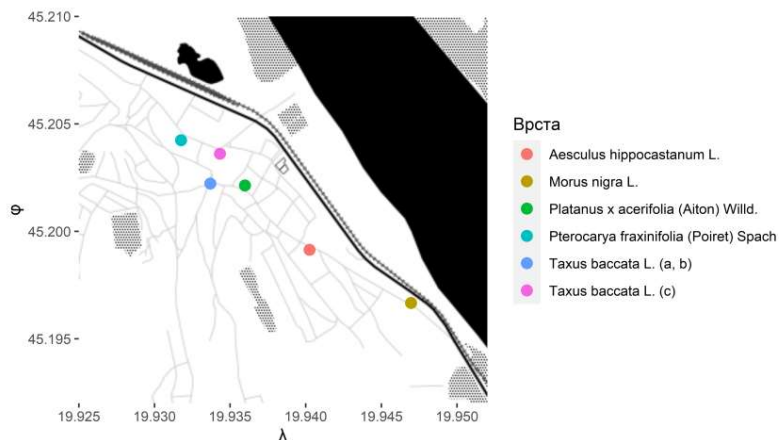
Осим приказаног пакета, за креирање карти могу се користити и други. На пример, користан *R* пакет је *ggplot2* (Wickham, 2016) и изглед карте креиране коришћењем овог пакета је приказан на Сlici 5.



Слика 5. СРП „Ковилјско-петроварадински рит“, *ggplot2* пакет

За разлику од карте приказане на Слици 4, ова карта не нуди приказ околних топонима, рељефа и слично. Концепт овог пакета је учртавање граница у оквиру мреже са географским координатама. Овај пакет се обично користи за приказ појединачних зона или карирање мањег броја локалитета.

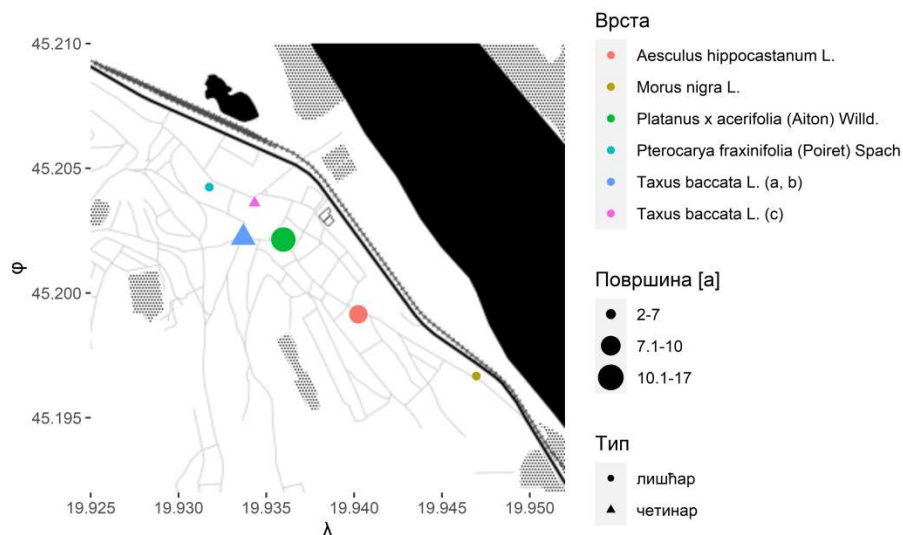
Следећи задатак се односио на картирање заштићене дендрофлоре – споменика природе ботаничког карактера у Сремским Карловцима. Укупан број заштићених стабала је седам, али се два примерка тисе (*Taxus baccata* L.) налазе на малом међусобном растојању и штите заједно. Прва карта је креирана коришћењем пакета *ggmap* (Kahle & Wickham, 2013). Коришћење овог пакета је условно бесплатно. Наиме, пакет захтева регистрацију (и остављање броја кредитне картице) и након креирања одређеног броја мапа, даље мапирање се наплаћује.



Слика 6. Заштићена дендрофлора у Сремским Карловцима, *ggmap* пакет

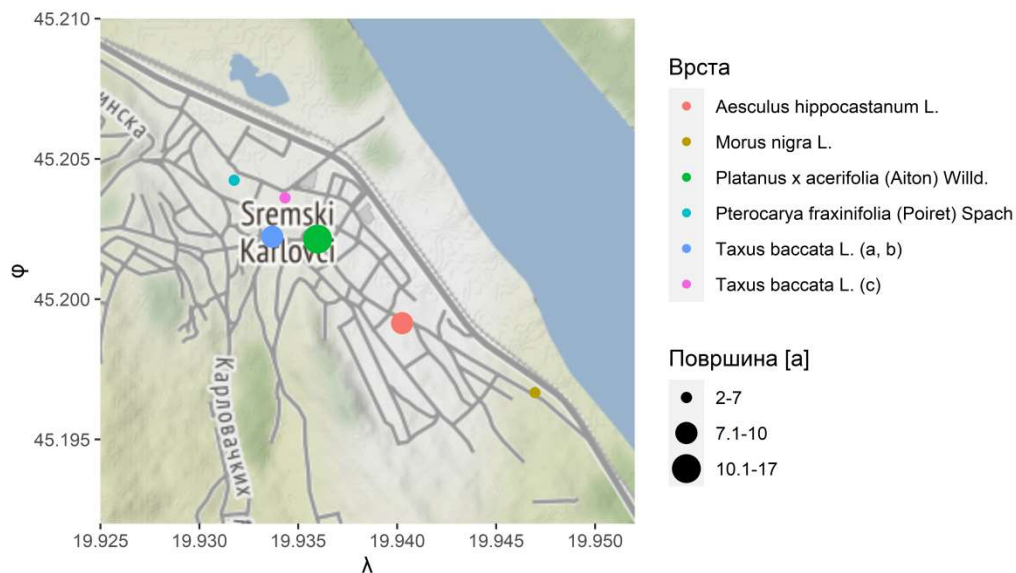
Слика 6 приказује основну карту – називе врста и њихову просторну диспозицију. Као основа коришћена је тзв. „toneg“ мапа, али се у оквиру пакета могу бирати и друге основе, на пример, сателитска мапа.

Поред основне карте, програм *R* нуди могућност креирања бројних тематских. У циљу њиховог креирања користе се допунски подаци, на пример подаци приказани на Слици 2. Карти се могу додати и подаци у вези са површином заштићене зоне – станишта биљног примерка, као и подаци о типу стабла (лишћар или четинар). Додавање допунских информација се врши коришћењем одговарајућих боја, облика и величине симбола, ознака и слично. Пошто су врсте означене различитим бојама, за допунске приказе могу да се користе различити облици и величине симбола. У овом примеру, четинари су означени симболом троугла, лишћари симболом круга, а заштићена површина је сврстана у три категорије и обележена различитим величинама симбола. Добијена карта је приказана на Слици 7.



Слика 7. Заштићена дендрофлора у Сремским Карловцима, *ggmap* пакет

Могуће је креирати карту која приказује називе врста и заштићени простор, а као основа се може одабрати „stamen“ мапа. Добијена карта је приказана на Слици 8.



Слика 8. Заштићена дендрофлора у Сремским Карловцима, *ggmap* пакет

Упоредо са картирањем, у програму се може вршити и нумеричка анализа нпр. морфометријских карактеристика заштићених биљних примерака (висина стабла, ширина крошње и сл.). Програм *R* нуди могућност креирања база података (нумеричких и просторних) које вишеструко скраћују и олакшавају процес праћења стања и планирања мера управљања заштићеним подручјима и заштићеним биљним индивидуама. Могућност обраде великог броја различитих типова података је највећа предност програма *R* и наредна истраживања би требало да истраже могућност његове примене у сродним областима.

ЗАКЉУЧАК

Просторна анализа и картирање су неизоставни део процеса планирања предела. У раду је приказана примена програма *R* за поступак картирања Специјалног резервата природе „Ковиљско-петроварадинског рита“, као и заштићених примерака дендрофлоре у Сремским Карловцима.

За поступак картирања коришћени су следећи *R* пакети: *leaflet*, *ggplot2* и *ggmap*. Пакети *leaflet* и *ggplot2* су отвореног кода и могу се користити бесплатно, док је пакет *ggmap* условно бесплатан, јер захтева регистрацију, добијање API кључа и подразумева наплаћивање коришћења након добијања одређеног броја мапа. Наплаћивање се врши по свакој произведеној карти (не везује се за временски период). У раду је приказан изглед карти које се добијају коришћењем сваког пакета, а избор одређеног пакета зависи од корисника и његових захтева у погледу коначног изгледа мапе.

Предност програма *R* се односи на могућност синтезе великог броја нумеричких и просторних података, тако да је овај програм драгоцен у поступцима праћења стања (мониторинга) у заштићеним и другим природним пределима. Осим у поступцима управљања пределима, програм има могућност коришћења у другим областима пољопривреде, као и у области шумарства.

ЗАХВАЛНИЦА

Истраживање је резултат рада на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја РС, број уговора: 451-03-68/2022-14/200117.

ЛИТЕРАТУРА

Cheng, J., Karambelkar, B. & Xie, Y. (2022). *leaflet: Create Interactive Web Maps with the JavaScript 'Leaflet' Library*. R package version 2.1.1, <https://CRAN.R-project.org/package=leaflet>

Kahle, D. & Wickham, H. (2013). ggmap: Spatial Visualization with ggplot2. *The R Journal*, 5(1), 144-161.

Lakićević, M. (2020). Program R in mapping of protected natural assets in Serbia. *Journal for Natural Sciences Matica srpska*, 139, 111-118.

Lakićević, M. (2021). Creating maps in R (Case study: National park “Fruška gora”). *Contemporary Agriculture*, 70(1-2), 41-45. <https://doi.org/10.2478/contagri-2021-0008>

Wickham, H. (2016). ggplot2: *Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.

Лакићевић, М., Орловић, С., Младеновић, Е., Павловић, Л., Млађеновић, М., Павловић, Б. (2020). Картирање заштићене дендрофлоре у Сремским Карловцима. *Летопис научних радова Пољопривредног факултета*, 44(1), 26-31.

ИНДУСТРИЈСКИ ГРАДСКИ УГАРИ И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА ЗАГАЂЕЊЕ ЗЕМЉИШТА ТЕШКИМ МЕТАЛИМА – СТУДИЈА СЛУЧАЈА ИНДУСТРИЈЕ МОТОРА РАКОВИЦА

Наталија Пандоски¹, Надежда Стојановић¹, Милан Кнежевић², Невенка Галечић¹,
Мирјана Тешић^{1*}, Александар Лисица¹

¹Универзитет у Београду – Шумарски факултет, Одсек за пејзажну архитектуру и хортикултуру, Београд, Србија

²Универзитет у Београду – Шумарски факултет, Одсек за шумарство, Београд, Србија

*аутор за контакт: mirjana.mesicek@sfb.bg.ac.rs

САЖЕТАК

УВОД и ЦИЉЕВИ: Престанком рада и затварањем Индустије мотора Раковица (ИМП), као и многих других индустријских комплекса на подручју општине Раковице у Београду дошло је до формирања нових еколошки и социјално сиромашних простора града - индустријских градских угара. Ови простори представљају градске просторе који су претходно коришћени за потребе индустријске производње и које је неопходно ревитализовати првенствено због еколошких и социјалних разлога, али и самог даљег урбаног развоја. Еколошка и социјална ревитализација индустријских градских угара је један од неопходних процеса, с обзиром да могу бити извори различитих врста загађења градске средине и извори многих социјалних проблема у локалној заједници. Могућности њихове ревитализације зависе пре свега од врсте и степена загађења (контаминације) самог индустријског подручја услед претходне употребе, као и предвиђене будуће намене ових простора. Присуство тешких метала сматра се једним од најзначајнијих и најчешћих видова загађења земљишта на просторима индустријских градских угара. Овај рад представља приказ истраживања карактеристика и степена загађености земљишта тешким металима на подручју индустријског комплекса некадашње Индустије мотора Раковица (ИМП), највећег и најзначајнијег индустријског комплекса на овом простору.

МАТЕРИЈАЛ и МЕТОД: Некадашњи гигант ИМП заузима простор од 188 885 m², који је данас напуштен и који са еколошког становишта представља типича индустријски градски угар. У циљу добијања полазне основе за потребе еколошке ревитализације напуштеног простора индустријског комплекса ИМП-а, на терену извршена су педолошка истраживања физичких и хемијских карактеристика земљишта, као и концентрације тешких метала у земљишту. Узорци земљишта узорковани су у нарушеном стању из површинског слоја земљишта од 0-10 cm, при чему је узорковано укупно три узорка.

РЕЗУЛТАТИ и ЗАКЉУЧЦИ: Резултати показују да је земљиште индустријског градског угара ИМП-а, средње богато до богато хумусом, неутралне и слабо алкалне реакције, добро обезбеђено N и приступачним обликом K и слабо обезбеђено приступачним обликом P. Према текстураном саставу креће се у распону од пескуше до лаке глинуше. Земљиште на подручју ИМП-а оптерећено је тешким металима. Утврђено је да су концентрације Pb, Zn, Ni и Cr веће од максимално дозвољене концентрације, док је концентрација Cd испод дозвољених вредности. Резултати рада дају полазну основу за потребе израде еколошке ревитализације овог индустријског градског угара и унапређења стања животне средине на подручју општине Раковица (Београд). Такође, резултати овог рада представљају и допринос истраживању степена загађености урбаних земљишта Београда тешким металима. Еколошка и социјална ревитализација индустријских градских угара је са једне стране и неопходан процес јер они често могу бити извори различитих врста загађења градске средине и извори многих социјалних проблема у локалној заједници.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: индустријски градски угари; деградација земљишта; тешки метали; урбана земљишта.

УВОД

Крајем прошлог и почетком XXI века, као последица смањења индустријске активности, престали су са радом многи индустријски субјекти. Индустријски објекти у градовима често заузимају велике површине. Престанком рада и затварањем ових привредних субјеката долази до форирања нових еколошки и социјално сиромашних простора града - индустријских градских угара (Hollander et al., 2010; Tešić et al., 2018). У стручној јавности данас се могу наћи разне дефиниције индустријских градских угара, али оно заједничко што их карактерише јесте да су то градски простори који су претходно коришћени за потребе индустријске производње и које је неопходно ревитализовати првенствено због еколошких и социјалних разлога, али и самог даљег урбаног развоја (Thornton et al., 2007; Atkinson et al., 2014; Osman et al., 2015).

Еколошка и социјална ревитализација индустријских градских угара је са једне стране и неопходан процес јер они често могу бити извори различитих врста загађења градске средине и извори многих социјалних проблема у локалној заједници: ризик за здравље и непосредну животну средину; представљају *in situ* загађење земљишта, извор загађења подземних или површинских вода, небезбедне објекте и постројења; утичу на смањење вредности имовине у непосредној околини; чине просторе подложне вандализмима и криминалним активностима и др. (Atkinson et al., 2014; Pandoski, 2018). Могућности ревитализације градских индустријских угара зависе пре свега од врсте и степена загађења (контаминације) самог индустријског подручја услед претходне употребе, као и предвиђене будуће намене ових простора (Osman et al., 2015; Bartsch, 2005). Присуство тешких метала сматра се једним од најзначајнијих и најчешћих видова загађења земљишта на просторима индустријских градских угара. Тешки метали се у земљишту задржавају знатно дуже него у осталим компонентама биосфере, што њихово санирање и уклањање из земљишта чини посебно сложеним и дуготрајним процесом (Kadović & Кнежевић, 2002). Поред загађења земљишта тешким металима на просторима индустријских градских угара присутно је и значајно нарушавање и физичких и хемијских особина земљишта. Због потребе производње многе индустријске површине биле су прекривене бетоном, што је директно утицало на смањење квалитета земљишта. Разне површине одвода отпадних вода (базени, реке или канали) из индустријских производних постројења као и присуство и лагероване отпадног материјала (делови контејнера, жица, каблова, напуштених машина и сл.), такође су утицале на промене у физичким и хемијским особинама индустријских земљишта (Hollander et al., 2010).

Већи број напуштених индустријских постројења на подручју Београда налази се у општини Раковица, која је некада била главна индустријска зона Београда. На овом простору лоцирани су некадашњи гиганти југословенске металске индустрије (Индустрија мотора Раковица - ИМР, Ливница, Фригострој, Фабрика гума *Рекорд* и Фабрика двадесет први мај – ДМБ). Данас је неким од њих извршена пренамена, а нека и даље стоје запуштена и напуштена (Петровић 2012), све више добијајући статус индустријских градских угара.

Овај рад представља приказ истраживања карактеристика и степена загађености земљишта тешким металима на подручју индустријског комплекса некадашње Индустрије мотора Раковица (ИМР), као највећег и најзначајнијег индустријског комплекса на овом простору. Резултати рада дају полазну основу за потребе израде еколошке ревитализације овог индустријског градског угара и унапређења стања животне средине на подручју општине Раковица (Београд). Такође, резултати овог рада представљају и допринос истраживању (Vratuša, 1990, 2001; Vratuša & Anastasijević, 2002; Stankovic et al., 2012; Pavlović et al., 2018) степена загађености урбаних земљишта Београда тешким металима.

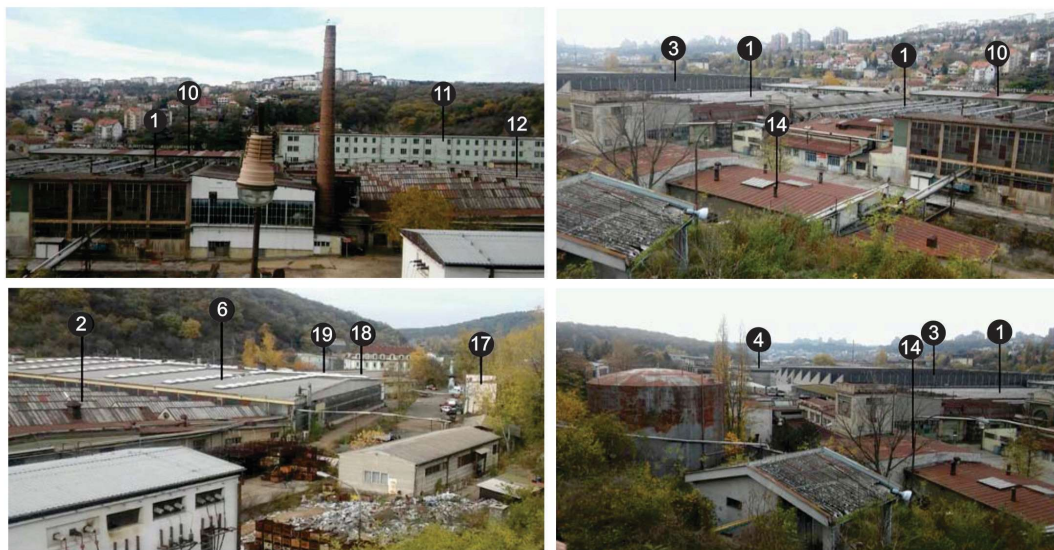
МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Некада највећи индустријски гиганат општине Раковица - Индустрија мотора Раковица - ИМР (површине од 188.885 m²) данас представља напуштен индустријски комплекс који је са еколошког становишта, типичан индустријски градски угар. Међутим, због своје специфичне локације у самом центру општине Раковица, близине Топчидерске реке и парк-шуме Кошутњак, овај простор има значајан потенцијал за еколошко унапређење и ревитализацију.

Постојеће стање објеката индустријског комплекса ИМП-а, њихов распоред и намена, као и граница и непосредна околина приказани су на Слици 1. Вертикални приказ најзначајнијих објеката индустријског комплекса ИМП у средишњем делу, иза фабрике и у близини Миљаковачке пијаце приказани су на Слици 2. Простор индустријског комплекса ИМП-а веома је девестиран и запуштен. Поред дивље депоније која је формирана на овом простору, на целој површини индустријског комплекса су разбацани и различити производни отпадни материјали. Већи део површине ИМП-а је у бетону. Бетонске површине обрасле су коровским биљкама и непроходне су. Највећи део земљишта ИМП-а заузима сама фабрика са халама и анексима као и помоћним зградама.



Слика 1. Објекти у склопу индустријског комплекса ИМП-а



Слика 2. Вертикални приказ објеката комплекса ИМП-а

У циљу добијања полазне основе за потребе еколошке ревитализације напуштеног простора индустријског комплекса ИМП-а, на терену урађена су педолошка истраживања физичких и хемијских карактеристика земљишта. Утврђена је и укупна концентрација тешких метала у земљишту. Узорци за лабораторијска проучавања физичких и хемијских карактеристика и укупних концентрација тешких метала узорковани су у нарушеном стању из површинског слоја земљишта од 0 до 10 см. Узорковано је укупно три узорка, 14. маја 2018. године. Лабораторијска истраживања обухватила су сет стандардних физичко-хемијских анализа: проценат хигроскопске воде одређен је

сушењем у сушници на температури од 105 °C у трајању 6 до 8 часова, гранулометријски састав одређен је третирањем узорака са натријум-пирофосфатом, фракционисање земљишта извршено је комбиновањем пипет методе и методе елутрације помоћу сита по Atterbergu, уз одређивање процентуалног садржаја фракција од: 2-0,2 mm, 0,2-0,06 mm, 0,06-0,02 mm, 0,02-0,006 mm, 0,006-0,002 mm и мањих од 0,002 mm; за одређивање текстурних класа земљишта коришћен је троугао америчког педолошког друштва; активна киселост (pH у H₂O) одређена је електрометријски помоћу pH-метра; супституциона киселост (pH у 0,01M CaCl₂) одређена је електрометријским путем помоћу апарата пехаметра; хидролитичка киселост одређена је по методу Карпен-а; сума адсорбованих базних катјона (S у $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$) одређена је по методу Карпен-а; тотални капацитет адсорпције за катјоне (T у $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$) одређен је рачунским путем; одређивање суме киселих катјона (T-S у $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$) одређена је рачунским путем преко хидролитичке киселости; степен засићености земљишта базама израчунат је по Hissinku (%); укупан азот у земљишту одређен је по методу Kjeldahlа (%); однос угљеника према азоту (C:N) одређен је рачунским путем; лакоприступачни P₂O₅ и K₂O (mg/100g) одређени су Al методом. Аналитички поступци наведених метода по којима су обављена лабораториска испитивања земљишта су описана у приручницима за испитивање земљишта ЈДПЗ-а. Теренска проучавања извршена су према Филиповском и сар. (1967); механички састав земљишта одређен је према Бошњак & Ковач (1997); док је за проучавање хемијских карактеристика земљишта коришћена методологија према Богдановићу и сар. (1966).

У нарушеном стању из површинског слоја земљишта од 0-10 cm поред стандардних педолошких анализа вршено је и испитивање укупног садржаја тешких метала (Cd, Pb, Ni, Cr, Zn и Cu): методом AAS, на апарату ThermoMSeries AA инструмент (USA), одређен је садржај микроелемената; дигестијом са царском водом (SRPS-ISO 14870, 2005) вршена је припрема узорака; а поређење садржаја микроелемената у земљишту са максималним граничним вредностима вршена је према Уредби о програму системског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологији за израду ремедијационих програма Републике Србије Србије (УГВЗМ, 2019) (mg·kg⁻¹: Zn-140; Cu - 36, Cd - 0,8, Pb - 85, Cr – 100, Ni – 35).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Педолошке карактеристике индустријског комплекса ИМП-а, истраживане су на основу стандардне педолошке анализе земљишта и испитивања присуства укупних концентрација тешких метала у земљишту. Анализиране тачке се налазе испод Раковичког моста, у јужном делу, и поред Топчидерске реке, у северном делу фабрике ИМП-а. Узорци су узети на позицијама где је највише присутно отпада као што су старе гуме, зарђали контејнери и остаци од производње (Слика 1). Резултати физичких и хемијских карактеристика земљишта индустријског градског угара, као и укупна концентрација тешких метала у земљишту ИМП-а приказани су у Табели 1.

Узорак земљишта бр. 1 репрезентује површину поред Топчидерске реке у близини објекта за сервис (ред. бр. 17) фабрике ИМП-а. Земљиште текстурно припада класи лаке глинуше. Према утврђеној pH вредности земљиште припада класи слабо алкалних земљишта. Обезбеђеност хумусом је средња (2.91 %). Земљиште је добро обезбеђено азотом и лако приступачним облицима калијума, док је обезбеђеност лако приступачним фосфором слаба. Утврђени концентрациони садржаји цинка (Zn), бакра (Cu), олова (Pb), никла (Ni) и кадмијума (Cd) су веће, а хрома (Cr) мање од граничних вредности. Највеће прекорачење граничних вредности имају Pb и Ni. Концентрације Pb и Ni су готово двоструко веће од максималних граничних вредности. Концентрација Pb је већа за 91,16 mg/kg од граничних вредности, а никла за 60,84 mg/kg. Концентрација Zn је већа за 15,08 mg/kg, а Cu за 10,07 mg/kg од граничних максималних вредности.

Узорак земљишта бр. 2 репрезентује површину у делу испод Раковичког моста ближе Топчидерској реци. Земљиште текстурно припада класи средње иловаче. Реакција земљишта је неутрална. Према утврђеном процентуалном садржају хумуса, који износи 7,70 %, сврстава се у класу јако хумусних земљишта. Земљиште је добро обезбеђено азотом, а слабо обезбеђено лако приступачним облицима фосфора и калијума. Концентрациони садржаји Zn, Cu, Ni и Cr су знатно већи од максималних граничних вредности. Концентрациони садржај Zn је већи за 139,06 mg/kg, од граничних максималних вредности, а Cr за 411,55 mg/kg. Изузетно високо прекорачење граничних вредности имају Cu и Ni. Концентрација Cu је већа за 1.789,3 mg/kg, а Ni 587,89 mg/kg од

максималних граничних вредности. Концентрације Pb и Cd су мање од максималних граничних вредности.

Табела 1. Физичке, хемијске карактеристике земљишта и укупна концентрација тешких метала у земљиштима Индустијског комплекса ИМП

Физичке карактеристике земљишта													
Р, бр,	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав земљишта (%)						Глина					
		Груби песак	Фини песак	Груби прах	Фини прах 1	Фини прах 2							
		2,0-0,2 mm	0,2-0,06 mm	0,06-0,02 mm	0,02-0,006 mm	0,006-0,002 mm	< 0,002 mm						
1	3,13	1,80	17,70	15,40	26,70	10,50	27,90						
2	5,79	11,60	31,70	20,30	21,20	7,70	7,50						
3	3,02	53,80	24,80	6,30	9,40	3,50	2,20						
Хемијске карактеристике земљишта													
N	pH		Y ₁	Адсорптивни комплекс (cmol/kg)			V (%)	Хумус(%)	C (%)	N (%)	C/N (%)	Доступни (mg/100g)	
	H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T						P ₂ O ₅	K ₂ O
1	7,69	6,96	1,00	0,65	36,75	37,40	98,26	2,91	1,69	0,18	9,38	6,33	29,26
2	7,00	6,49	1,75	1,14	48,15	49,29	97,69	7,70	4,47	0,24	18,61	-	3,50
3	7,33	6,29	1,00	0,65	48,20	48,85	98,67	7,36	4,27	0,11	38,81	-	16,24
Укупна концентрација тешких метала у земљишту (mg/kg)													
N	Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni							
1	155,0765	46,06644	0,906334	176,1554	51,52777	95,83819							
2	279,0562	1789,297	0,00333	11,55921	411,5359	622,8853							
3	99,45341	888,5149	0,00333	12,29836	455,5093	299,3268							

Узорак земљишта бр. 3 репрезентује површину у делу испод Раковичког моста ближе улици Патријарха Димитрија. Земљиште текстурно припада класи пескуше. Хемијска реакција је слабо алкална. pH вредност у води износи 7,33 јединице. Према садржају хумуса сврстава се у класу јако хумозних земишта. Земљиште је добро обезбеђено азотом, средње обезбеђено лако приступачним облицима калијума, лако приступачни облици фосфора су испод границе детекције методе. Концентрациони садржаји Cu, Ni и Cr су већи од максималних граничних вредности. Утврђени концентрациони садржаји Cu је већи за 825,51 mg/kg, Ni за 264,32 mg/kg а Cr за 455,51 mg/kg. Концентрациони садржаји Zn, Pb и Cd су мањи од максималних граничних вредности.

ЗАКЉУЧАК

На основу резултата испитивања особина земљишта и садржаја тешких метала у земљишту на подручју индустријског градског угара ИМП-а могу се извести следећи закључци:

- Текстурни састав земљишта је веома варијабилна особина, налази се у распону од пескуше до лаке глинуше.
- Хемијска реакција земљишта је неутрална до слабо алкална.
- Према обезбеђености хумусом истаживано земљиште припада класама умерено хумусног и јако хумусног земљишта. Добро је обезбеђено азотом и лако приступачним облицима калијума, а слабо обезбеђено лако приступачним облицима фосфора.
- Евидентирано је присуство више тешких метала чије концентрације прелазе максималне граничне вредности.
- У земљишту дуж Топчидерске реке (Узорак 1) највеће прекорачење максималних граничних вредности утврђено је за Pb и Ni. Такође, утврђено је да је концентрација Pb овде већа за 91,16 mg/kg од максималне граничне вредности, а Ni за 60,84 mg/kg. Концентрација Zn је већа за 15,08 mg/kg, а Cu за 10,07 mg/kg од њихових максималних граничних вредности.
- На простору испод Раковичког моста, ближе Топчидерској реци (Узорак 2) укупна концентрација Zn, Cu, Cr и Ni је изнад њихових максималних граничних вредности. Утврђено је изузетно високо прекорачење максималних граничних вредности Cu и Ni. Концентрација Cu је већа за 1789,3 mg/kg, а Ni 587,89 mg/kg од њихових максималних граничних вредности. Укупна концентрација Zn је већа за 139,06 mg/kg, од максималне граничне вредности, а Cr за 411,55 mg/kg, док је утврђено да су укупне концентрације Pb и Cd ниже од њихових максималних граничних вредности.
- На простору испод Раковичког моста ближе улици Патријарха Димитрија (Узорак 3) утврђено је да су укупне концентрације Cu, Cr и Ni у земљишту већи од њихових максималних граничних вредности. Укупна концентрација Cu, Cr и Ni од њихових максималних граничних вредности веће су за 825,51 mg/kg, 455,51 mg/kg и 264,32 mg/kg. Укупна концентрација Zn, Cd, Pb биле су ниже од њихових максималних граничних вредности.
- У узорцима 2. и 3. укупна концентрација Cd је била нижа од његове максималне граничне вредности, док је у узорку 1. била нешто виша.

Еколошка ревитализација индустријских градских угара, уз примену адекватних техника санације и тачно утврђених и евидентираних загађења земљишта, првенствено тешким металима, представља једну од кључних компоненти у трансформацији небезбедних, запуштених делова града у здравија и сигурнија места за живљење, укупном унапређују стања градске животне средине, оживљавању амбијенталних вредности таквих простора, као и њиховог историјског наслеђа.

ЗАХВАЛНИЦА

Министарство просвете, науке и технолошког развоја финансира научноистраживачки рад Универзитета у Београду Шумарског факултета у 2022. години на основу Уговора о реализацији евиденциони број: 451-03-9/2022-14/200169.

ЛИТЕРАТУРА

Atkinson, G., Doick, K.J., Bueningham, K. & France C. (2014). Brownfield regeneration to greenspace: Delivery of project objectives for social and environmental gain. *Urban Forestry & Urban Greening* 13(3), 586-594. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.04.002>.

Bartsch, C. (2005). *Unlocking Brownfields: Keys to Community Revitalization*. National Association of Local Government Environmental Professionals, Washington.

Бошњак, Ђ. & Ковач, М. (1997). Методе истраживања и одређивања физичких својстава земљишта. Приручник за испитивање земљишта, књ. 5. ЈДПЗ, Београд.

Богдановић, М., Велкоња, Н. & Рацз, З. (1966). Приручник за испитивање земљишта. Књига 1, Хемијске методе испитивања земљишта. ЈДПЗ, Београд.

Филиповски, Г., Шкорић, А. & Ћирић, М. (1967). Методика теренског испитивања земљишта и израда педолошких карата. Приручник за испитивање земљишта, књига 4, ЈДПЗ, Београд.

Hollander, J.B., Kirkwood, N.G. & Gold J.L. (2010). Principles of Brownfield Regeneration - Cleanup, Design, and Reuse of Derelict Land. Island Press, London.

Kadović, R. & Knežević, M. (2002). Teški metali u šumskim ekosistemima Srbije. Naučna monografija, Beograd: Šumarski fakultet Univerziteta U Beogradu, Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine Republike Srbije, str. 279. ISBN 86-7299-079-X.

Osman, R., Frantal, B., Klusacek, P. & Martinat, J.K. (2015). Factors affecting brownfield regeneration in post-socialist space: The case of the Czech Republic. Land Use Policy 48, 309-316. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.06.003>.

Pandoski, N. (2018). Ревитализација фабричког комплекса ИМР Раковица у Београду, Мастер рад. Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, Србија.

Pavlović D., Pavlović M., Čakmak D., Kostić O., Jarić S., Sakan S., Đorđević D., Mitrović M., Gržetić I. & Pavlović P. (2018). Fractionation, Mobility and Contamination Assessment of Potentially Toxic Metals in Urban Soils in Four Industrial Serbian Cities. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 75, 335-350. <https://doi.org/10.1007/s00244-018-0518-x>.

Петровић, М. (2012): Трећи век Раковице, ЈП пословни центар - Раковица, Србија, Београд.

Stankovic, D., Krstic, B., Knezevic, M., Sijacic-Nikolic, M. & Bjelanovic, I. (2012). Concentrations of Heavy Metals in Soil in the Area of the Protected Natural Resource "Avala" in Belgrade. Fresenius Environmental Bulletin 21(2A), 495-502.

Tešić M., Knežević M., Stojanović N., Lisica A. (2018). Uticaj urbanizacije na zemljišta. Zbornik radova Zemljište 2018 sa Integrisanog skupa IV Međunarodnog savetovanja Održiva poljoprivreda, korišćenje i zaštita zemljišta i VII Konferencije sa međunarodnim učešćem Remedijacija 2018, 15-16. maj. 2018. godine, Vrnjačka Banja, str. 31-41, ISBN 978-86-919905-1-0, COBISS:RS-ID 263292684.

Thornton, G., Franz, M., Edwards, D., Pahlen, G. & Nathanail, P. (2007). The challenge of sustainability: incentives for brownfield regeneration in Europe. Environmental Science & Policy 10(2), 116-134. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2006.08.008>.

УГВЗМ (2019): Уредба о граничним вредностима загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту. Службени гласник Републике Србије, број 30/2018; 64/2019. <https://www.paragraf.rs/propisi/uredba-granicnim-vrednostima-zagadjujucih-stetnih-opasnih-materija-zemljistu.html>.

Vratuša, V. (1990). Uloga gradskih zemljišta u zaštiti životne sredine, Savremena dostignuća i rešenja u oblasti šumarstva: simpozijum povodom 70. godišnjice rada 1920-1990. 170. Šumarski fakultet, Beograd.

Vratuša, V. (2001). Lead, cadmium and zinc in soils of Belgrade parks. Third Balkan Scientific Conference "Study, Conservation and Utilisation of Forest Resources", Sofia, 2-6 October 2001. International Union of Forestry Research Organizations (IUFRO) Sofia: Academic Publishers, ISBN 954-90896-4-9. str. 387-393.

Vratuša, V. & Anastasijević, N. (2002). Zemljište zelenih površina Beograda kao prečistač zagađene gradske atmosfere. 7th Symposium on Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions, Proceedings, Dimitrovgrad (Yugoslavia) 5-9. June 2002. p. 153-157.

СЕЛЕКТИВНА ИЗОЛАЦИЈА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ПОЉОПРИВРЕДНО КОРИСНИХ БАКТЕРИЈА ИЗ РИЗОСФЕРНОГ ЗЕМЉИШТА *CANNABIS SATIVA L.*, ВОЈВОДИНА, СРБИЈА

Драгана Стаменов^{1*}, Симонида Ђурић¹, Тимеа Хајнал Јафари¹,
Биљана Кипровски², Милица Аћимовић³

¹Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија

²Институт за ратарство и повртарство, Лабораторија за нутритивни квалитет, Нови Сад, Србија

³Институт за ратарство и повртарство, Одељење за повртарство и алтернативне културе, Нови Сад, Србија

*аутор за контакт: dragana.stamenov@polj.uns.ac.rs

САЖЕТАК

УВОД и ЦИЉЕВИ: Биљке, укључујући и конопљу (*Cannabis sativa L.*), су домаћини различитих корисних микробних заједница. Ови микроорганизми се могу наћи у ризосферном земљишту, на биљци или унутар биљних ткива, и сви заједно чине биљну микробну заједницу. Микроорганизми означени као биљна микробна заједница се систематски проучавају дуги низ година, и велика већина научне литературе се слаже око њихове централне улоге у подржавању раста, развоја и општег здравља биљке. Циљ овог истраживања био је да се из ризосферног земљишта конопље (*Cannabis sativa L.*) изолују бактерије рода *Pseudomonas*, *Bacillus* и *Azotobacter* и испита њихов биостимулаторни (PGP од plant growth-promoting) и биоконтролни потенцијал.

МАТЕРИЈАЛ и МЕТОД: На основу морфолошких карактеристика колонија и ћелија изабрани су изолати сваког рода. Изолати *Pseudomonas* су означени као П37, П38, П39, изолати *Bacillus* као Б73, Б74, Б75, а изолати *Azotobacter* означени су као А9 и А10. Студија је укључивала физиолошку и биохемијску карактеризацију изолата и *in vitro* скрининг бактеријских изолата на њихове биостимулаторне и биоконтролне активности.

РЕЗУЛТАТИ и ЗАКЉУЧЦИ: Ова студија је потврдила да аутохтоне ризосферне бактерије конопље имају различите способности толеранције на абиотичке факторе и више различитих својстава којима могу подстаћи раст биљака. Изолати рода *Pseudomonas* су показали способност да живе на ниским (10°C) и високим (37 °C) температурама. Сви изолати су имали минималан раст на рН 9. Два изолата означена као П37 и П39 су толерисала високе концентрације NaCl. Изолати су имали способност да користе различите изворе угљеника. Сви *Pseudomonas* изолати продуковали су липазу, уреазу, сидерофор, цијановодоник и разлагали једињења органског и неорганског фосфора. Изолати рода *Bacillus* су имали оптималан раст на 37 °C и могли су расти на температури од 45 °C. Изолати рода *Bacillus* су имали способност раста на подлози која садржи NaCl 5 и 7% и на рН 9. Два изолата (Б74 и Б75) су имала минималан раст на рН 4. Сви изолати рода *Bacillus* су продуковали целулазу, желатиназу, протеазу, уреазу, индол сирћетну киселину, сидерофор, цијановодоник, АЦЦ деаминазу, и имали су способност минерализације органских једињења фосфора. Изолати рода *Azotobacter* имали су оптималан раст на 37°C и минималан раст на медијуму са рН 6 и 9. Сви *Azotobacter* изолати користили су угљене хидрате као извор угљеника, осим лактозе. Ови изолати су продуковали липазу, амилазу, цијановодоник, АЦЦ деаминазу и користили органски и неоргански извор фосфора. Примена изолата рода *Bacillus* довела је до супресије раста патогених гљива *Sclerotinium sclerotiorum* и *Fusarium oxysporum*. Изолати рода *Pseudomonas* и *Azotobacter* нису показали супресивне ефекте на раст ових гљива.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: биостимулатори, биоконтрола, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azotobacter*, конопља

УВОД

Билјке су домаћини различитих врста корисних микроорганизама. Микроорганизми се могу наћи у ризосферном земљишту, на биљци и/или унутар биљних ткива, и сви заједно чине биљну микробну заједницу (Comrant et al., 2019). Микроорганизми означени као биљна микробна заједница се систематски проучавају дуги низ година, и већина научне литературе се слаже око њихове централне улоге у подржавању раста, развоја и општег здравља биљке (Backer et al., 2018). Из тог разлога, ови микроорганизми су означени термином микроорганизми стимулатори биљног раста, односно ПГПМ (од Plant Growth Promoting Microorganisms). Приликом инокулације ови микроорганизми побољшавају снабдевеност биљака хранљивим материјама, помажу биљци у одбрани од фитопатогена и појачавају њену отпорност на неповољне абиотичке факторе и стрес (Lyu et al., 2020; Shah et al., 2021). Штавише, показало се да микроорганизми подстичу раст и здравље биљака тако што продукују фитохормоне (Wei et al., 2019), антимикробна једињења (Urquhart and Punja, 2002), различите ензиме (Pidwirny, 2006; Beneduzi et al., 2012), сидерофоре (Gupta et al., 2007), цијановодоник (Datta et al., 2011). Микроорганизми који спадају у ову групу корисних бактерија су: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Arthrobacter*, *Alcaligenes*, *Serratia*, *Rhizobium*, *Enterobacter*, *Beijerinckia*, *Klebsiella*, *Clostridium*, *Streptomyces*, *Trichoderma Variovorax*, *Xanthomonas*, *Phyllobacterium* и друге (Berg, 2009).

Бактерије које се највише проучавају и које се већ дуги низ година користе у виду микробиолошких ђубрива и биопестицида, укључују врсте флуоресцентних псеудомонаса, бацилуса и азотобактера (Adesemoie et al., 2008).

Бактерије рода *Pseudomonas* поседују многе особине које им омогућавају да делују као биоконтролни агенси за фитопатогене врсте микроорганизама и да промовишу раст биљака. У биљној ризосфери производе широк спектар биоактивних метаболита, укључујући антибиотике, сидерофоре, испарљиве супстанце и материје које подстичу раст биљака. Осим тога, у земљишту се псеудомонаси агресивно такмиче са другим микроорганизмима за супстрат и имају способност да се прилагоде неповољним условима средине (Lata et al., 2002). Ова особина је веома важна приликом примене инокуланата у срединама где се природно не налазе, а где треба да се изборе са аутохтоним врстама микроорганизама. Поред свега наведеног, псеудомонаси су одговорни и за супресију неких фитопатогених гљива у земљишту (Frapolli et al., 2007).

Род *Bacillus* је најзаступљенији род у ризосферном земљишту. Различити метаболити продуковани од стране ових бактерија снажно утичу на раст, развој и здравље биљака (Barriso and Solano, 2008). Утврђено је да бактерије рода *Bacillus* поред тога што помажу биљци да донесе већи принос, имају и потенцијал да повећају његов нутритивни квалитет (Orhan et al., 2006; Adesemoie et al., 2008).

Врсте рода *Azotobacter* производе многе витамине, фитохормоне као што су индол-3- сирћетна киселина и гиберелинска киселина, антибиотике, цијановодоник и сидерофоре (Myresiotis et al., 2012). Азотобактери производе антимикробна једињења за која је познато да инхибирају раст многих биљних патогена као што су *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, итд. (Bhosale et al., 2013).

Производња канабиса привлачи велику пажњу јер се може користити као храна, влакно али и као лек (Jiang et al., 2006). На принос канабиса утичу интензитет светлости и густина биљака (Backer et al., 2019). Међутим, мало је истраживања спроведено у вези са одговором нивоа приноса и канабиноида на примену ПГП бактерија, иако су истраживања већ показала утицај ових микроорганизама у производњи многих других врста (Smith et al., 2015). Из тог разлога је неопходно боље разумети састав и разноврсност микробне заједнице ризосфере конопље.

Циљ овог истраживања био је да се из ризосферног земљишта конопље (*Cannabis sativa* L.) изолују бактерије рода *Pseudomonas*, *Bacillus* и *Azotobacter* и испита њихов биостимулативни и биоконтролни потенцијал.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Узорци ризосферног земљишта конопље (*Cannabis sativa* L.) узети су на локалитету Римски Шанчеви (45°19'59.88" N, 19°51'0" E), Нови Сад, Србија.

За изолацију бактерија рода *Pseudomonas*, кориштена је King-B подлога (King et al. 1954), а бирани су колоније које продукују пигмент флуоресцин. Приликом изолације бактерија рода *Bacillus*, кориштен је хранљиви агар (Јарак и Ђурић, 2006), а бирани су изолати који се састоје од каталаза позитивних, грам-позитивних, штапићастих ћелија које формирају ендоспоре. Присуство каталазе

детектовано је на основу ослобађања мехурића кисеоника у контакту колонија са разблаженим раствором водоник пероксида. За изолацију бактерија из рода *Azotobacter*, кориштена је селективна подлога без азота, Фјодорова подлога (F-подлога) (Јарак и Ђурић, 2006), а биране су млечно-беле, слузаве колоније за које је утврђено да су им ћелије Грам-негативне, кокоидне, са слузавом капсулом.

Раст на температурама (3°C, 10°C, 37°C, 45°C,), на подлогама различите киселости (pH 4, 6, 9) и на подлогама са различитим концентрацијама NaCl (5%, 7%) праћен је на одговарајућим хранљивим подлогама: *Bacillus* на хранљивом агару, *Azotobacter* на F-подлози, а *Pseudomonas* на Кинг-Б агару. Приликом испитивања утицаја pH и NaCl, инкубација је вршена у термостату на 28°C. Након 48 часова инкубације, праћен је квалитативан раст изолата и упоређиван са контролом. Потпуно одсуство раста обележено је са -, минималан раст са +, оптималан са ++, обилан раст са +++.

За одређивање односа према извору угљеника кориштена је HL-подлога (пептон 2 g L⁻¹, K₂HPO₄ 0,3 g L⁻¹, NaCl 5 g L⁻¹, шећер 10 g L⁻¹, бром-тимол плаво 0,03 g L⁻¹, агар 3 g L⁻¹) (Hugh and Leifson, 1953). У овим истраживањима кориштени су следећи шећери: лактоза, фруктоза, глукоза, сахароза и галактоза. У случају позитивне реакције примећује се око колонија промена боје из зеленкасте у жуту.

Продукција липазе испитивана је на подлози (пептон 10 g L⁻¹, NaCl 5 g L⁻¹, CaCl₂ ·H₂O 0,1 g L⁻¹, агар 15 g L⁻¹) којој је додат Tween 80 (Lanui, 1987). Период инкубације је седам дана на 26°C. Замућене зоне око колоније доказ су липолитичке активности.

За одређивање способности микроорганизма да хидролизује скроб коришћена је метода агарних плоча на скробном агару (скроб у праху 10 g L⁻¹, KH₂PO₄ 0,5 g L⁻¹, K₂HPO₄ 0,5 g L⁻¹, MgSO₄ x 7H₂O 0,2 g L⁻¹, агар 15 g) (Rodina, 1972). Инкубација се врши на 28°C током 48 сати. Колоније се затим прелију раствором лугола. Скроб се у присуству јода боји плаво. Ако микроорганизам врши хидролизу скроба, око његових колонија појавиће се необојена зона (зона хидролизе), која не садржи скроб, док ће се остали део подлоге на коме није дошло до хидролизе обојити плаво. Ако не разлаже скроб, подлога ће бити равномерно плаво обојена.

Способност продукције пектиназе испитивана је методом агарних плоча на пектинозном агару (K₂HPO₄ 2 g L⁻¹, NaH₂PO₄ 1 g L⁻¹, MgSO₄ x 7H₂O 0,5 g L⁻¹, NH₄NO₃ 2 g L⁻¹, екстракт квасца 1g L⁻¹, пектин 10 g L⁻¹, агар 16 g L⁻¹). Инкубација траје 24 h на 37°C, након чега се израсле колоније прелију луголом. Појава необојених зона око колоније доказ су пектиназне активности (Soares et al., 2001).

За доказивање способности продукције протеазе, коришћен је пептон-гвожђе дубоки агар (пептон 15 g L⁻¹, фериамонијум цитрат 0,5 g L⁻¹, Na₂S₂O₃ 0,08 g L⁻¹, агар 15 g L⁻¹), у који се убодом засејава микроорганизам. У реакцији са јонима гвожђа, H₂S, ослобођен из разложеног протеина, формира нерастворљиви талог- FeS. Инкубација траје 48 h на 30°C, након чега се посматра да ли је дошло до промене подлоге у црно.

Продукција целулазе испитивана је на СМС агару (карбокси-метил-целулозни агар). Период инкубације је седам дана на 28°C. Након инкубације, петри кутије су преливане раствором Конго-ред (1mg/cm³ воде). После 15 минута, Конго-ред је одливен а петри кутије су преливане са 1M раствором NaCl. Обезбојене зоне око колонија доказ су целулазне активности микроорганизма.

Хидролиза желатина је испитивана методом примене хранљивог желатина (Говедарица и Јарак, 1999). Инокулисана епрувета и неинокулисана контролна епрувета су инкубирани на 28°C током 4 дана. Након инкубације, епрувете су изложене ниској температури. Хидролизоване желатин је детектован у виду течне стања.

Способност продукције ензима уреазе, испитивана је на подлози по Кристенсен (Говедарица и Јарак, 1999). Период инкубације износи 24 сата на 37°C. Појава црвене боје индикатора у хранљивој подлози доказ је разградње уреје.

За испитивање способности продукције индол-3-сирћетне киселине (IAA) бактеријских изолата коришћена је метода по Etesami et al. (2015).

Способност изолата да производе сидерофоре испитивана је на медијуму хром-азурол С (CAS-агар) (Milagres et al., 1999).

Продукција цијановодоника испитивана је на подлози следећег састава: Триптон из соје 30 g L⁻¹, глицин 4,4 g L⁻¹, агар 15 g L⁻¹ (Frei-Klett et al., 2005).

Продукција 1-аминоциклопропан-1-карбоксилат деаминазе (ACC-деаминазе) је одређивана према протоколу Pastor et al. (2016).

Способност минерализације органских једињења фосфора испитивана је на подлози Менкина, модификованој по Родиной. Способност изолата да солубилизују неорганске фосфате испитивана је на подлози по Píkovskaya (Стаменов, 2014). Инкубација на 28°C је трајала 5 дана и након тога појава провидних зона око колонија доказ је способности микроорганизама да раствара фосфате.

Супресивни утицај изолата на раст патогених гљива *Sclerotinia sclerotiorum* и *Fusarium oxysporum* (обе из збирке Лабораторије за микробиологију, Департман за ратарство и повртарство, Пољопривредни факултет Нови Сад) испитан је методом Toure et al. (2004). Испитивани изолати засејани су уз ивицу петри-кутије, на једној страни на PDA (кромпиров декстрозни агар) подлози. На супротној страни, постављени су дискови гљива. Инкубација је вршена на температури од 28°C. У контролној петри кутији постављени су само дискови гљива, такође уз ивицу петри кутије. Након 5-7 дана, у контролној и огледној петри кутији мерен је раст мицелије гљива. Инхибиторни утицај изолата на гљиву израчунат је према формули: $I (\%) = (C-T) / C \times 100$, где је I- инхибиција; C-дужина мицелије гљиве у контролној петри кутији; T- дужина мицелије гљиве у огледној петри кутији.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

У овом истраживању из ризосфере канабиса издвојено је осам изолата, од којих три припадају роду *Pseudomonas* (P37, P38, P39), три роду *Bacillus* (B73, B74, B75), и два роду *Azotobacter* (A9, A10). Колоније су издвојене на основу морфолошких карактеристика саме колоније и ћелија, а потом неколико пута рекултивисане на одговарајућим подлогама да би се добиле чисте културе.

Резултати испитивања утицаја температуре, концентрације водоникових јона, NaCl на раст и преживљавање изолата, као и однос изолованих бактерија према различитим изворима угљеника (лактоза, фруктоза, глукоза, сахароза, галактоза) приказани су у табели 1.

Табела 1

Физиолошке особине одабраних изолата рода *Pseudomonas*, *Bacillus* и *Azotobacter*

Изолат	Температура (°C)				pH			NaCl (%)			Извор угљеника			
	3	10	37	45	4	6	9	5	7	L ^b	F	G	S	Ga
P37	- ^a	+	+	-	-	++	+	-	+	-	+	+	-	+
P38	-	+	+	-	-	++	+	-	-	-	-	+	-	+
P39	-	+	+	-	-	++	+	-	+	-	-	+	-	+
B73	-	-	++	++	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-
B74	-	-	++	++	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
B75	-	-	++	++	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
A9	-	-	++	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+
A10	-	-	++	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+

^a потпуно одсуство раста -; минималан раст +; оптималан ++; обилан раст +++

^b L- лактоза; F- фруктоза; G- глукоза; S- сахароза; Ga- галактоза;

На температури од 3°C и 45°C запажено потпуно одсуство раста свих изолата, изузев изолата рода *Bacillus* који су на температури од 45°C имали оптималан пораст. На температури од 10°C минималан раст утврђен је само код изолата рода *Pseudomonas*. На температури 37°C изолати рода *Bacillus* и *Azotobacter* имали су оптималан раст, док је код псеудомонаса утврђен минималан раст.

На подлогама чија је pH вредност 6 и 9 забележен је минималан раст код свих изолата, изузев код изолата рода *Pseudomonas* који су имали оптималан раст на подлози pH 6. На подлози са pH 4, изолати B74 и B75 су имали минималан раст, док остали изолати нису могли расти. Ово указује на одсуство способности прилагођавања ниским вредностима pH већине испитиваних изолата.

На подлогама са додатком 5% и 7% NaCl, изолати рода *Bacillus* и P37 и P39 имали су минималан раст. Остали изолати нису расли на подлогама са додатком NaCl.

Испитивани изолати су показали велику хетерогеност у способности коришћења различитих извора шећера. Ниједан од изолата није користио лактозу, а сви су користили глукозу.

Слично овим истраживањима, Joo et al. (2007) су утврдили да изолати рода *Bacillus* имају оптималан раст на подлогама рН 6-9, при температури 37°C. Исти аутори су утврдили да је од седам изолата само један изолат користио галактозу и ксилозу, свих седам су користили глукозу. У истраживањима Karagoz et al. (2012), изолати овог рода имали су оптималан раст на подлогама где је концентрација NaCl износила 5% и 7 %.

Резултати наших истраживања на изолатима рода *Pseudomonas* су у складу са резултатима устраживања Gangwar and Kaur (2009), где изолати *P. fluorescens* нису оксидовали лактозу, али је зато позитивна реакција утврђена код глукозе. Karnwal (2009) је испитивао тридесет изолата и наводи да су сви изолати као извор угљеника користили глукозу, манитол, фруктозу, арабинозу, трехалозу, ксилозу и скроб. За разлику од наших истраживања, Nathan et al. (2011) су утврдили да је од 14 испитиваних изолата рода *Pseudomonas*, половина расла на температури од 41°C, а сви су имали оптималан раст на 4°C. Mehnaz et al. (2009) су утврдили да је од седам испитиваних изолата, 3 имало оптималан раст на рН 3. Такође, ови аутори су утврдили да је од седам испитиваних изолата, шест изолата расло на подлози са 5 % NaCl, за разлику од наших изолата, који нису расли на оваквој подлози.

Многи аутори наводе да је заступљеност рода *Azotobacter* у киселом земљишту јако слаба, а често се његова присутност не може ни утврдити (Миличић, 2009). За интензивнији развој азотобактера најповољнија је неутрална средина, довољна количина влаге, органске материје и довољна количина физиолошки активних материја, нарочито фосфора (Aquilanti et al., 2004). Ово је у складу са резултатима које смо добили у нашим истраживањима, где су изолати азотобактера имали минималан раст на благо киселој подлози, а потпуно одсуство раста на киселој подлози.

Хидролитички ензими које продукују микроорганизми имају кључну улогу у одржавању плодности земљишта. Ови ензими хидролизују комплексна једињења, као што су полисахариди, протеини и уреа у једноставније облике, побољшавајући на тај начин плодност земљишта (Pidwirny, 2006). Осим тога добро је познато да хидролитички ензими могу изазвати парализу и угинуће патогених микроорганизма, посебно гљива (Beneduzi et al., 2012). На тај начин, микроорганизми који имају способност да продукују хидролитичке ензиме, један или више, могу имати примену у борби против низа биљних патогених гљива и бактерија, као и за побољшање раста биљака (Gomes et al., 2001). У овим истраживањима, изолати су продуковали више од два од испитиваних ензима, што указује да се ови изолати могу даље испитивати као потенцијални биоагенси за контролу фитопатогена (Табела 2).

Табела 2
Ензиматска активност одабраних изолата

Изолат	Литички ензими ^а						
	Липаза	Амилаза	Пектиназа	Целулаза	Желатиназа	Протеаза	Уреаза
P37	+	-	+	-	-	-	+
P38	+	-	+	-	+	-	+
P39	+	-	-	-	-	+	+
V73	+	-	+	+	+	+	+
V74	+	+	-	+	+	+	+
V75	-	-	+	+	+	+	+
A9	+	+	+	-	-	-	-
A10	+	+	-	-	-	-	+
%	87,5	25,0	75,0	37,5	50,0	37,5	87,5
ПОЗИТИВНИХ							

^а (+) позитивна реакција / продукује; (-) негативна реакција / не продукује

Изолати рода *Bacillus* показали су се као продуценти највећег броја ензима, при чему су B73 и B74 продуковали чак шест ензима. Најмањи број ензима продуковали су изолати рода *Azotobacter* и изолат P37, сваки по три ензима.

Једна од најважнијих PGP особина је способност продуковања IAA, хормона из групе ауксина, који код биљака контролише бројне физиолошке процесе, укључујући издуживање и деобу ћелије, диференцијацију ткива и одговор на светло, гравитацију и стресне услове спољашње средине (Gupta et al., 2015). У овом истраживању продукција IAA забележена је код свих изолата рода *Bacillus* и изолата P38. Код осталих изолата није утврђена способност продукције овог хормона (Табела 3).

Табела 3
Продукција IAA, сидерофора, цијановодоника, минерализација и солубилизација фосфорних једињења

Изолат	IAA ^a	Сидерофоре	HCN	ACC- деаминаза	Фосфати	
					органски	неоргански
P37	-	+	+	-	++	+
P38	+	+	+	-	++	++
P39	-	+	+	-	++	++
B73	+	+	+	+	+	-
B74	+	+	+	+	+	-
B75	+	+	+	+	++	-
A9	-	-	+	+	++	+
A10	-	-	+	+	++	+
%	50,0	75,0	100,0	62,5	100,0	62,5

позитивних

^a (+) позитивна реакција / продукује/ врши разлагање; (-) негативна реакција / не продукује/ не врши разлагање

Један од начина којима се биљке и бактерије снабдевају гвожђем је продукција молекула мале молекулске масе и високог афинитета према Fe^{+3} тј. сидерофора (Souza et al., 2015). Од укупног броја испитиваних изолата продукција сидерофора забележена је код шест изолата, и то три из рода *Bacillus* и три из рода *Pseudomonas*. Изолати рода *Azotobacter* нису имали способност продукције сидерофора. Слично овим резултатима, у истраживањима Stamenov et al. (2021a), где је такође испитивана способност продукције сидерофора код бактерија рода *Bacillus* и *Azotobacter*, азотобактери нису а сви изолати рода *Bacillus* су продуковали сидерофоре,.

Продукција HCN као секундарног метаболита који инхибира синтезу АТФ-а и доводи до угинућа патогених микроорганизама, забележена је код свих изолата који су испитивани у овом истраживању. Према истраживањима Datta et al. (2011), продукција HCN од стране микроорганизама има за биљку повољан утицај. У овим истраживањима, сви изолати су продуковали HCN.

Danish et al. (2019) извештава да је главни механизам преко којег ПГП микроорганизми помажу биљци да преживи сушу активност ACC-деаминазе. ACC-деаминаза, коју производи ПГП микроорганизми, цепа ACC на амонијак и α -кетобутират, што на крају инхибира производњу етилена и побољшава издуживање корена. Способност производње ACC-деаминазе могла би да објасни зашто препарати на бази корисних ACC- продукујућих бактерија има добар утицај на раст биљака у условима суше. У овим истраживањима, изолати рода *Bacillus* и *Azotobacter* имали су способност продукције ACC-деаминазе.

Фосфор је есенцијални нутријент за биљке, улази у састав нуклеинских киселина, фосфолипида и АТФ-а и кључни је елемент многих метаболичких и биохемјских путева (Khan et al., 2007). Способност минерализације органских једињења фосфора, и тиме снабдевање биљака овим есенцијалним нутријентом, у овом истраживању забележена је код свих испитиваних изолата. Способност изолата да солубилизују неорганске фосфате једино није утврђена код изолата бацилуса. За разлику од ових резултата, у истраживањима Stamenov et al. (2021b), утврђена је

способност минерализације и солубилизације фосфорних једињења изолата бактерија рода *Bacillus*.

Примена изолата рода *Bacillus* довела је до супресије раста патогених гљива *Sclerotinia sclerotiorum* и *Fusarium oxysporum*. Раст *Fusarium* sp. био је за 66,6% слабији у огледној петри кутији са изолатима В73, В74, и В75, у односу на раст гљиве у контролној петри-кутији. У односу на контролну петри-кутију, раст гљиве *Sclerotinia sclerotiorum* био је слабији и то за 55,5 % у петри-кутијама са изолатима В73 и В74, и за 51,1 % у петри-кутији са изолатом В74. Овде добијени резултати су у складу са онима које су објавили други аутори (Matar et al., 2009; Jayaprakashvel et al., 2019; Stamenov et al., 2021a). Изолати рода *Pseudomonas* и *Azotobacter* нису показали супресивни итицај на раст ових гљива.

ЗАКЉУЧАК

Ова истраживања су потврдила да аутохтоне ризосферне бактерије конопље имају различите способности толеранције на абиотичке факторе и више различитих својстава којима могу подстаћи раст биљака.

Изолати рода *Pseudomonas* су показали способност да расту на ниским (10°C) и високим (37 °C) температурама, на рН 6 и 9, и толерисали су високе концентрације NaCl. Сви *Pseudomonas* изолати продуковали су липазу, уреазу, сидерофор, цијановодоник и разлагали једињења органског и неорганског фосфора.

Изолати рода *Bacillus* су имали оптималан раст на 37 °C и 45°C, и минималан раст на подлогама са 5% и 7 % NaCl, рН 4, 6 и 9. Сви изолати рода *Bacillus* су продуковали целулазу, желатиназу, протеазу, уреазу, индол-3-сирћетну киселину, сидерофоре, цијановодоник, АСС деаминазу, и имали су способност минерализације органских једињења фосфора. Примена изолата рода *Bacillus* довела је до супресије раста патогених гљива *Sclerotinia sclerotiorum* и *Fusarium oxysporum*.

Изолати рода *Azotobacter* имали су оптималан раст на 37°C и минималан раст на медијуму са рН 6 и 9. Ови изолати су продуковали липазу, амилазу, цијановодоник, АСС деаминазу и користили органски и неоргански извор фосфора.

ЗАХВАЛНИЦА

Аутори се захваљују на подршци Покрајинског секретаријата за високо образовање и научноистраживачку делатност АП Војводине, Републике Србије у оквиру пројекта бр. 142-451-2353/2019-02, и Министарства просвете, науке и Технолошки развој Републике Србије (451-03-68/2022-14/200117).

ЛИТЕРАТУРА

- Adesemoye, A.O., Obini, M. & Ugoji, E.O. (2008). Comparison of plant growth-promotion with *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis* in three vegetables. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39, 423-426.
- Aquilanti, L., Favilli, F. & Clementi, F. (2004). Comparison of different strategies for isolation and preliminary identification of *Azotobacter* from soil samples. *Soil Biology and Biochemistry*, 36, 1475.
- Backer, R., Rokem, J.S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., Subramanian, S., & Smith, D.L. J.F. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1473.
- Backer, R.G., Rosenbaum, P., McCarty, V., Eichhorn Bilodeau, S., Lyu, D., Ahmed, M.B., Robinson, W.G., Lefsrud, M., Wilkins, O. & Smith, D.L. (2019). Closing the yield gap for cannabis: a meta-analysis of factors determining cannabis yield. *Frontiers in Plant Science*, 10, 495.

- Barriuso, J. & Solano, B.R. (2008). Ecology, Genetic Diversity and Screening strategies of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). *Journal of plant Nutrition*, 1-17.
- Beneduzi, A., Ambrosini, A. & Passaglia, L.M.P. (2012). Plant growth- promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. *Journal of Genetics and Molecular Biology*, 35 (4), 1044-1051.
- Berg, G. (2009). Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 84, 11-48.
- Bhosale, H.J., Kadam, T.A. & Bobade, A.R. (2013). Identification and production of *Azotobacter vinelandii* and its antifungal activity against *Fusarium oxysporum*. *Journal of Environmental Biology*, 34, 177.
- Compant, S., Samad, A., Faist, H. & Sessitsch, A. A. (2019). Review On The Plant Microbiome: Ecology, Functions And Emerging Trends In Microbial Applications. *Journal of Advanced Research*, 19, 29-37.
- Danish, S., Zafar-ul-Hye, M., Hussain, M., Shaaban, M., Núñez-Delgado, A., Hussain, S. & Qayyum, M. F. (2019). Rhizobacteria with ACC-deaminase activity improve nutrient uptake, chlorophyll contents and early seedling growth of wheat under PEG-induced osmotic stress. *International Journal of Agriculture and Biology*, 21, 1212–1220.
- Datta, M., Palit, R., Sengupta, C., Pandit, M. K. & Banerjee S. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria enhance growth and yield of chilli (*Capsicum annum* L.) under field conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 5, 531–536.
- Etesami H., Alikhani H.A. & Hosseini H.M. (2015). Indole-3-acetic acid (IAA) production trait, a useful screening to select endophytic and rhizosphere competent bacteria for rice growth promoting agents. *MethodsX*, 2, 72–78.
- Frapolli, M., Défago, G. & Moëne-Loccoz, Y. (2007). Multilocus sequence analysis of biocontrol fluorescent *Pseudomonas* spp. producing the antifungal compound 2,4-diacetylphloroglucinol. *Environmental Microbiology*, 9, 1939–1955.
- Frey-Klett, P., Chavatte, M., Clausse, M.L., Courrier, S., Le Roux, C., Raaijmakers, J., Martinotti, M.G., Pierrat, J.C. & Garbaye, J. (2005). Ectomycorrhizal symbiosis affects functional diversity of rhizosphere fluorescent pseudomonads. *New Phytologist*, 165, 317–328.
- Gangwar, M. & Kaur, G. (2009). Isolation and characterization of endophytic bacteria from endorhizosphere of sugarcane and ryegrass. *The Internet Journal of Microbiology*, 7, 1-15.
- Gomes, L.T.A.S., Sêmedo, R.M.A., Soares, L.F., Linhares, C., Ulhoa C.S. & Alviano R.R.R. (2001). Purification of a thermostable endochitinase from *Streptomyces* RC1071 isolated from a cerrado soil and its antagonism against phytopathogenic fungi. *Journal of Applied Microbiology*, 90, 653-661.
- Govedarica, M. & Jarak, M. (1999). Mikrobiologija zemljišta, Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Gupta, G., Parihar, S.S., Ahirwar, N.K., Snehi, S.K. & Singh, V. (2015). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and Future Prospects for Development of Sustainable Agriculture. *Microbial and Biochemical Technology*, 7, 96-102.
- Gupta, R.P., Kalia, A. & Kapoor, S. (2007). Bioinoculants: a step towards sustainable agriculture. New India, New Delhi. ISBN 10 8189422219.
- Hugh, R. & Leifson, E. (1953). The taxonomic significance of fermentative versus oxidative metabolism of carbohydrates by various gram negative bacteria. *Journal of Bacteriology*, 66(1), 24–26.
- Jarak, M. & Đurić, S. (2006). Praktikum iz mikrobiologije. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
- Jayaprakashvel, M., Chitra, C. & Mathivanan, N. (2019). Metabolites of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria for the Management of Soilborne Pathogenic Fungi in Crops. In: Singh H.,

- Keswani C., Reddy M., Sansinenea E., García-Estrada C. (eds) *Secondary Metabolites of Plant Growth Promoting Rhizomicroorganisms*. Springer, Singapore.
- Jiang, H. E., Li X., Zhao, Y. X., Ferguson, D. K., Hueber, F., Bera S., et al. (2006). A new insight into *Cannabis sativa* (Cannabaceae) utilization from 2500-year-old Yanghai Tombs, Xinjiang, China. *Journal of Ethnopharmacology* 108, 414–422.
- Joo, M. H., Hur, S.H., Han, Y.S. & Kim, J.Y. (2007). Isolation, identification and characterization off *Bacillus* strains from the traditional Korean soybean-fermented food. *Journal of Applied Biology and Chemistry*, 50 (4), 202-210.
- Karagoz, K., Ates, F., Kotan, R. & Cakmakci, K. (2012). Characterization of plant growth-promoting traits of bacteria isolated from the rhizosphere of gravine grown in alkaline and acidic soils. *European Journal of Soil Biology*, 50, 144-150.
- Karnwal, A. (2009). Production of indole acetic acid by fluorescent *Pseudomonas* in the presence of L-tryptophan and rice exudates. *Journal of Plant Pathology*, 91, 61-63.
- Khan, M.S., Zaidi, A. & Wani, P.A. (2007). Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, 27, 29–43.
- King, E.O., Ward, M.K. & Randey D.E. (1954). Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 44, 301-307.
- Lanui, B. (1987). Classical and rapid identification methods for medically important bacteria. *Methods in Microbiology*, 19, 1–67.
- Lata Saxena, A.K. & Tilak, K.V.B.R. (2002). Biofertilizers to augment soil fertility and crop production. *Soil Fertility and Crop Production Science Publishers, USA*. Edited by Krishna KR, 279–312.
- Lyu, D., Backer, R.G., Robinson, W.G. & Smith, D.L. (2020). Plant-growth promoting rhizobacteria for cannabis production: Yield, cannabinoid profile and disease resistance. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1761.
- Matar, S.M., El-Kazzaz, S.A., Wagih, E.E., El-Diwany, A.I., Moustafa, H.E., Abo-Zaid, G.A., Abd-Elsalam, H.E. & Hafez, E.E. (2009). Antagonistic and inhibitory effect of *Bacillus subtilis* against certain plant pathogenic fungi I. *Biotechnology*, 8, 53-61.
- Mehnaz, S., Weselowski, B., Aftab, F., Zahid, S., Lazarovits, G. & Iqbal, J. (2009). Isolation, characterization, and effect of fluorescent pseudomonads on micropropagated sugarcane. *Canadian Journal of Microbiology*, 55, 1007–1011.
- Milagres, A.F.M., Machuca, A. & Napoleao D. (1999). Detection of siderophore production from several fungi and bacterial by a modification of chrome azurol S (CAS) agar plate assay. *Journal of Microbiological Methods*, 37, 1–6.
- Miličić, D. (2009). Mikroorganizmi u kiselim zemljištima: brojnost, aktivnost i efekat inokulanata. Magistarska teza. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Myresiotis, C.K., Vryzas, Z. & Mourkidou, E.P. (2012). Biodegradation of soil applied pesticides by selected strains of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and their effects on bacterial growth. *Biodegradation*, 23, 297-310.
- Nathan, P., Rathinam, X., Kasi, M., Rahman, Z. A. & Subramaniam, S. (2011). A pilot study on the isolation and biochemical characterization of *Pseudomonas* from chemical intensive rice ecosystem. *African Journal of Biotechnology*, 10, 12653-12656.
- Orhan, E., Esitken, A., Ercisli, S., Turan, M. & Sahin, F. (2006). Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. *Scientia Horticulturae-Amsterdam*, 111 (suppl 1), 38-43.
- Pastor, N., Masciarelli O., Fischer, S., Luna V., Rovera M. 2016. Potential of *Pseudomonas putida* PC12 for the protection of tomato plants against fungal pathogens. *Current Microbiology*, 73, 346–353.

- Pidwirny, M. (2006). Biogeochemical cycling: Inputs and outputs of nutrients to ecosystems. *Fundamentals of Physical Geography*, 2nd Edition. <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/9p.html>.
- Rodina, A.G. (1972). *Methods in Aquatic microbiology*. Ed. Colwell, R. and Zambruski, M.. University Park Press, Baltimore and Butterworth and Co Ltd. London.
- Shah, A., Nazari, M., Antar, M., Msimbira, L., Naamala, J., Lyu, D., Rabileh, M., Zajonc, J. & Smith, D. (2021). PGPR in Agriculture: A sustainable approach to increasing climate change resilience. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 667546.
- Smith, D.L., Subramanian, S., Lamont, J.R. & Bywater-Ekegard, M. (2015). Signaling in the phytomicrobiome: breadth and potential. *Frontiers in Plant Science*, 6, 709.
- Soares, M.M., da Silva, R., Carmona, E.C & Gomes, E. (2001). Pectinolytic enzyme production by *Bacillus* species and their potential application on juice extraction. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17, 79-82.
- Souza, R., Ambrosini, A. & Passaglia, L. M. P. (2015). Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and Molecular Biology*, 38, 401-419.
- Stamenov, D. (2014). Karakterizacija mikroorganizama promotora rasta i njihovo preživljavanje u rizosferi engleskog ljulja. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Stamenov, D., Đurić, S. & Hajnal Jafari, T. (2021a). Biostimulatory potential of microorganisms from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L) rhizospheric soil, *Contemporary agriculture*, 70, 108-115.
- Stamenov, D., Đurić, S., Hajnal Jafari, T. & Anđelković, S. (2021b). Autochthonous plant growth-promoting rhizobacteria enhance *Thymus vulgaris* growth in well-watered and drought-stressed conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, 108, 347-354.
- Toure Y., Ongena M., Jacques P., Guiro A. & Thonart P. (2004). Role of lipopeptides produced by *Bacillus subtilis* GA1 in the reduction of grey mould disease caused by *Botrytis cinerea* on apple. *Journal of Applied Microbiology*, 96, 1151-1160.
- Urquhart, E..J & Punja, Z.K. (2002). Hydrolytic enzymes and antifungal compounds produced by *Tilletiopsis* species, phyllosphere yeasts that are antagonists of powdery mildew fungi. *Canadian Journal of Microbiology*, 48, 219-229.
- Wei, Z., Gu, Y., Friman, V. P., Kowalchuk, G. A., Xu, Y., Shen, Q., et al. (2019). Initial soil microbiome composition and functioning predetermine future plant health. *Science Advances*, 5, 59.

ПЛАНИРАЊЕ И МОНИТОРИНГ АКТИВНОСТИ ЗНАЧАЈНИХ ЗА УПРАВЉАЊЕ ЗЕМЉИШТЕМ

У ЗОНИ ЕФТ РУДНИК И ТЕРМОЕЛЕКТРАНА СТАНАРИ

Ненад Малић^{1*}, Михајло Марковић², Миладин Трбић¹

¹ЕФТ – Рудник и термоелектрана Станари, Станари, Република Српска - Босна и Херцеговина

²Пољопривредни факултет Универзитета у Бањалуци, Бања Лука, Република Српска, БиХ

* Nenad.Malic@eft-stanari.net

САЖЕТАК

Експлоатација минерала заједно са енергетиком и индустријом заузима примарно мјесто у привредним гранама. Процеси трајног и привременог губитка земљишта антропогеним утицајем присутни су редовно као пратиоци експлоатације. У компанији ЕФТ – Рудник и термоелектрана Станари усвојен је ток активности управљања и заштитом земљишта у оквиру стандарда о заштити животне средине и важеће законске регулативе. Приликом свеукупног провођења рударских и других активности у оквиру површинског копа Рашковац и рада термоелектране Станари јављају се негативни утицаји, потенцијална деградација и контаминација земљишта. Пројектна рјешења рекултивације, изведени радови, и предложене мјере рекултивације су усклађени са резултатима вишегодишњег истраживања на одабиру оптималне методе рекултивације техногених земљишта. При коришћењу опасних материја у циклусу производње долази и до продукције опасног отпада а који може доћи у контакт са земљиштем, те имати негативан утицај.

Ток активности управљања земљиштем дефинише се следећим редосљедом:

- планирање активности значајних за управљање земљиштем,
- реализација планираних активности управљања земљиштем,
- рекултивација земљишта,
- мониторинг стања и квалитета земљишта.

Мониторинг земљишта проводи се:

- ✓ редовним коришћењем природног и техногеног земљишта,
- ✓ контролом рекултивисаних површина,
- ✓ лабораторијском анализом физичких и хемијских карактеристика земљишта, и
- ✓ лабораторијском анализом биљака на рекултивисаним површинама.

Значај постојећег мониторинга кроз континуирано праћење стања природног и техногеног земљишта има за циљ правовремено упозорење у случају насталих промјена у земљишту.

КЉУЧНЕ РИЈЕЧИ: техногено земљиште, опасне материје, рекултивација, лабораторијска анализа, контрола

УВОД

Експлоатација свих неметаличних минералних сировина крајем другог миленијума износила је 645 милијарди тона, а око 95% те експлоатације одвијало се површинском технологијом. Заједно са корисном минералном сировином експлоатисано је, тј. откопано око 300 милијарди м³ отривке или јаловинског материјала углавном ниске плодности, при чему рударски радови обухватају велику дубину и хетерогеност геолошких формација (Кнежичек и сар., 2006).

Површинском експлоатацијом минералних сировина (доминантни облик експлоатације) првобитни природни педолошки покривач се троши, често и потпуно губи, формирају се нове површине са много мањим биолошким производним способностима од претходних, долази до промјена обиљежја копнених, ваздушних и водених екосистема, мијења се рељеф, намјена простора и сл. Овакве посљедице обавезују да се површине након завршене експлоатације минералних ресурса неопходним мјерама рекултивације и шире ревитализације доведу у стање погодно за одређено искоришћавање (Малић, 2015).

Пројектовање и реализација рекултивације на површинским коповима и одлагалиштима откритке, остатака сагоријевања из термоелектрана, и др. треба да обухвати и сумира све новостворене техногене површине, отклони или у највећој могућој мјери ублажи посљедице

настале извођењем рударских радова. Са тог аспекта рекултивација се у најкраће дефинише као успостављање система управљања над новоствореним техногеним земљиштем. Рекултивација деградираних површина сваког рударског басена треба да задовољи потребе локалног становништва, природних станишта, планиране (очекиване и/или жељене) особине новоформираних техногених земљишта, стратиграфију и трошковне критеријуме (Вујић и сар., 2006).

РЕЗУЛТАТИ ПРОВЕДЕНИХ ИСТРАЖИВАЊА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ У УГЉЕНОМ БАСЕНУ СТАНАРИ

Угљени басен Станари налази се на подручју планине Крњин између ријека Укрине, Усоре и Босне, на око 20 км западно од града Добоја у Републици Српској и Босни и Херцеговини. Кроз угљоносни басен Станара протиче ријечица Остружња и дијели басен на сјеверни и јужни дио. На сјеверном дијелу басена активно је лежиште Рашковац (површински коп), које је подијељено на источни, средишњи и западни ревер. У наредном периоду предстоји отварање површинског копа Остружња у јужном дијелу басена. На основу расположивих резерви угља, изграђена је и од 2016. године у функцији Термоелектрана Станари, снаге 300 MW (Малић и сар., 2016).

Цјелокупан поступак управљања земљиштем у експлоатационом рудном пољу ЕФТ – Рудник и Термоелектрана Станари може се посматрати кроз следеће временске серије:

1. проучавање природног земљишта прије почетка експлоатације рударске откривке и лигнита са аспекта селективног одвајања и привременог чувања површинских земљишних хоризоната;
2. период извођења рекултивације формираног техногеног земљишта; и
3. управљање земљиштем у пост-рекултивационом периоду.

Вишегодишња пољска и лабораторијска истраживања агротехничке и биолошке фазе рекултивације на формираним техногеним површинама одлагалишта откривке са површинског копа Рашковац врше се од 2007. године. Први радови обухватили су истраживање са високим вијуком на спољашњем одлагалишту површинског копа Рашковац (Малић и Лакић, 2011). Сва досадашња проведена истраживања биолошке рекултивације у Станарима су показала, да принос различитих гајених врста на контролним варијантама (без ђубрења) показује енормно ниске приносе или пак долази до потпуног губитка приноса и усјева (Малић и Мандић, 2014; Малић и сар., 2013; Малић, 2010).

На основу резултата претходних истраживања активне и потенцијалне реакције земљишта, испитивани просјечни узорци депосола са одлагалишта откривке у руднику лигнита Станари, сврставају се у категорију врло киселе и умјерено киселе реакције (Малић и Марковић, 2021; Малић и сар., 2019). Исти аутори наводе да на основу садржаја органске материје, истраживани депосол припадају класи слабе и средње хумозности, док чистог хумуса и азота нема. Према садржају P_2O_5 и K_2O у депосолима, исти се сврставају у класу врло сиромашне обезбјеђености овим елементима.

При истраживању физичких особина земљишта, Малић и сар., 2021, наводе да узорци пјесковито-иловастог депосола и рекултисола имају уобичајене вриједности специфичне масе и високе вриједности запреминске масе ($1,53\text{--}1,68\text{ g/cm}^3$), ниске су порозности, варијабилног капацитета за воду и ваздух, те умјерене и умјерено велике брзине филтрације ($1,33\text{--}1,5\text{ м/дан}$). Према истим ауторима ретенциони водни капацитет иловасто-глиновитог техногеног земљишта је у интервалу $38,33\text{--}43,68\%$, а брзина филтрације је промјенљива ($0,81\text{--}6,3\text{ м/дан}$).

Како је градивни материјал депосола на одлагалиштима углавном хетероген и слабо везан, исто доприноси интензивној појави процеса водне ерозије. Присутни су сви облици површинске и дубинске водне ерозије, који се могу детерминисати на основу степена деградације или угрожености земљишта деградационим факторима (Ђоровић и сар., 2003). Истраживања са циљем смањења интензитета водне ерозије на депосолима под нагибом на одлагалишта откривке са п.к. Рашковац (завршне косине одлагалишта са нагибом $35\text{--}40^\circ$) су вршена примјеном техничких и биолошких мјера заштите од ерозије (Малић и Јаковљевић, 2013).

У анализи спонтане флоре спољашњег и унутрашњег одлагалишта п.к. Рашковац, Станари, Малић и Ковачевић (2009), иста је окарактерисана као субмезофитна и субксерофилна, са доминацијом индикатора неутралног до слабо киселог земљишта, средње богата минералним материјама и повољним свјетлосним и температурним режимом.

Када је у питању микробиолошка активност на одлагалиштима откривке са п.к. Рашковац, Голић и сар. (2014) констатују да укупан број бактерија, олигонитрофила, амонификатора, азотобактера, актиномицета и активност ензима дехидрогеназе у депосолу у процесу рекултивације имају тренд раста у односу на депосол (контрола). У депосолу, у процесу рекултивације, број олигонитрофила је већи у односу на број амонификатора, што значи да је процес азотофиксације интензивнији у односу на процес разградње органске материје.

ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ УПРАВЉАЊА ТЕХНОГЕНИМ ЗЕМЉИШТЕМ

Управљање техногеним земљиштима у угљеном басену Станари, превасходно се проводи примјеном мјера рекултивације деградираних површина, насталих површинском експлоатацијом откривке, корисне минералне сировине, те радом термоелектране. Радови на рекултивацији проводе се у складу са одобреном пројектном документацијом а пратећи динамику рударских радова на експлоатацији откривке и угља. Рекултивација и санација техногених, и других земљишта у контури активног п.к. Рашковац проводи се на:

- завршним косим и равним површинама одлагалишта откривке (јаловине и других материјала умањене плодности),
- завршним косинама површинског копа (слика 1),
- завршним косим и равним површинама депоније за одлагање чврстих остатака сагоријевања (ч.о.с) из Термоелектране Станари (слика 2),
- површинама уз границу концесионог поља,
- осталим површинама унутар круга организације.

Досадашња пројектна рјешења рекултивације, изведени радови, и предложене мјере рекултивације су усклађени са важећом законском регулативом из ове области (Закон о рударству, Закон о пољопривредном земљишту), као и стеченим искуством током вишегодишњег провођења пољских и лабораторијских истраживања на одабиру оптималне методе рекултивације техногених земљишта у угљеном басену Станари.

У рекултивацији техногеног земљишта примјењује се рекултивација са три основне фазе:

- **техничка фаза рекултивације** (припрема површине земљишта, разгртање транспортованог и постојећег материјала, равнање/нивелација, и др),
- **агротехничка фаза рекултивације** (мелиоративни радови са повећањем садржаја органске материје у површинском слоју депосола у процесу рекултивације гајењем ратарских култура, уопштено почетак подизања плодности техногеног земљишта), и
- **биолошка фаза рекултивације** кроз стабилизацију техногеног земљишта подразумјева сјетву и садњу одговарајућих биљних врста у правцу пољопривредне и шумарске рекултивације, са крајњим циљем формирања стабилног рекултивисаног земљишта типа рекултисол, побољшаних основних педолошких својстава.

У циљу спречавања водне ерозије врши се пошумљавање и постављање противерозионих мрежа на завршне косине а које је попраћено и засијавањем травно-легуминозних смјеса прилагођених за те намјене. Уз границу површинског копа и околне инфраструктуре, те других рударских и грађевинских објеката врши се подизање заштитних дрвореда (садња у комбинацији више листопадних и четинарских врста). На појединим рекултивисаним површинама под сијаним травњацима, врши се коришћење истих за припрему кабасте сточне хране од стране локалних пољопривредних произвођача.

У зависности од поједине локације и врсте депосола, те пројектованог правца и метода рекултивације примјењују се два основна типа:

- директна или непосредна рекултивација, гајењем биљака на депосолу, тј. постојећем материјалу површинског слоја одложене откривке или техногеног земљишта, и
- индиректна или посредна рекултивација, технологијом nanoшења плоднијег земљишног материјала на површину одложеног техногеног материјала, након чега слиједи сјетва/садња одговарајућих култура.

Завршетак рекултивације детерминише се формирањем развијенијег типа техногеног земљишта, рекултисола са стабилним биљним покривачем и појавом иницијалног хумусног акумулативног слоја, или пак хоризонта (биоорганоминерални површински слој земљишта са тенденцијом диференцијације хоризонта), који је имплицира знатно побољшане еколошко-

производне особине, тј. већу плодност од техногеног матичног супстрата (Малић, 2015; Малић и Матко, 2018).

Потенцијална вриједност техногеног земљишта прије, као и у процесу рекултивације представља његову стварну вриједност или способност за раст и развој, превасходно гајених биљака. С тим у вези, најважније проучаване особине земљишта могу се посматрати као индикатори који сваки појединачно или групно омогућавају или лимитирају успјешну рекултивацију, те потенцијално коришћење у накнадном периоду. Мониторинг се врши на основним особинама природног и техногеног земљишта приказаних у наредној табели.

Табела 1

Посматране особине земљишта, потенцијални проблеми, узроци и мјере побољшања

Особина/ индикатор	Проблем	Узрок	Потребна мјера
Органска материја (ОМ)	Низак садржај	Неразвијено техногено земљиште, кварцног минералошког састава	Уношење органске материје кроз провођење мјера рекултивације
Структурни агрегати	Нестабилност, појава покорице	Низак садржај ОМ	Адекватан начин обраде, уношење ОМ, користити малч системе
Запреминска маса	Збијање, мала филтрација	Кретање тешке механизације, слаб водно-ваздушни режим, низак садржај ОМ	Правилна и правовремена примјена механизације, уношење ОМ
Степен инфилтрације и филтрације	Врло спора или врло брза	Недостатак биљног покривача, мала дубина, низак садржај ОМ	Гајење у малч систему, контрола обраде, уношење ОМ
Укупни водни капацитет	Ограничење раста и развоја биљака, губитак хранива	Низак садржај ОМ, хетерогеност формираног техногеног земљишта, кретање тешке механизације, слаб водно-ваздушни режим	Уношење ОМ, адекватан начин обраде земљишта, ротација усјева
Водна ерозија	Интензивни ерозиони процеси са формирањем великих канала (јаруга), испирање хранива	Нестабилни структурни агрегати, земљиште под нагибом, неразвијеност биљног покривача	Примјена агротехничких и мјера рекултивације, уношење ОМ, стабилизација косих површина
pH земљишта	Кисела средина	Техногено земљиште, кварцни матични супстрат	Калцификација, уношење ОМ, избегавање киселих ђубрива и оплемењивача
Адсорптивни комплекс земљишта	Недовољна zasiћеност базних катјона	Неразвијено техногено земљиште, ниска pH вриједност	Примјена агротехничких и мјера рекултивације, уношење ОМ, калцификација
Укупна и ефективна плодност	Низак степен плодности, ограничење раста и развоја	Недостатак макро и микро елемената, низак садржај ОМ, ниска pH	Избаласнирана примјена ђубрива, повећање pH вриједности
Контаминација земљишта	Ограничење коришћења биљних заједница са рекултивисаних површина	Повећана концентрација појединих опасних и штетних материја	Селективно одлагање различитих геолошких слојева, индиректна рекултивације, ремедијација
Садржај органског угљеника	Низак садржај хранива и промјењив pH	Низак садржај ОМ, испирање, посљедице водне ерозије	Примјена агротехничких и мјера рекултивације, уношење ОМ, максимална покривеност земљишта усјевима, задржавање биљних остатака
Микробиологија земљишта	Редукована микробиолошка активност	Низак садржај ОМ, висок однос C:N, ниска плодност	Примјена агротехничких и мјера рекултивације, уношење ОМ

Наведени индикатори су наведени кроз најважније физичке, хемијске и биолошке особине за једно техногено земљиште које се прати у процесу рекултивације. Ови индикатори се могу вредновати на сљедећи начин:

1. земљишна особина која контролише важну функцију екосистема земљишта, као што су инфилтрација, филтрација, укупан водни капацитет, обезбјеђеност хранљивим материјама;
2. земљишна особина која захтијева једносмјерну примјену одређених мјера, да би се постигао ниво или мјерљива квантитативна вриједност што приближнија захтјевима биљне заједнице (нпр. провођење калцификације или мелиоративног ђубрења);
3. кроз обим, интензитет и потребна финансијска средства за провођење мјера поправке, рекултивације и ремедијације.



Слика 1. Фотографија дијела п.к. Рашковац (коп 1) са завршним косинама у процесу рекултивације



Слика 2. Земљиште у процесу рекултивације око термоелектране и депоније ч.о.с.

МОНИТОРИНГ ЗЕМЉИШТА У ПРИМЈЕНИ

Захтјеви редовног праћења земљишта у оквиру комплекса Станарског угљеног басена дефинисан је сљедећим захтјевима:

- I. еколошким дозволама за рудник и термоелектрану,
- II. водним дозволама,
- III. процедуром за праћење и мјерење учинка заштите животне средине,
- IV. потребом за ефикасним и оправданим провођењем мјера рекултивације.

Редован мониторинг је веома важан са аспекта информација о стању земљишта, примјени неопходних мјера рекултивације и сл. Мониторинг укључује анализу земљишта кроз лабораторијско испитивање и опажања на терену, те праћење појединих особина земљишта након интервенције и примјене одређених мјера. Поновно узорковање и испитивање у земљишту захтијева годишњу или чак сезонску динамику. Мониторинг земљишта реализује се кроз сљедеће фазе:

- редовним активностима у процесу рекултивације,
- узорковањем и лабораторијским анализама физичких и хемијских особина природног и техногеног земљишта, чврстих остатака сагоријевања из термоелектране,
- лабораторијском анализом биљног покривача са рекултивисаних површина,
- визуелним прегледима и сл.

Лабораторијска анализа природног и техногеног земљишта усмјерена је на праћење основних физичких и хемијских особина, приказаних у табели 2. На слици 3. приказан је просторни распоред најчешћих тренутних локација за узорковање земљишта у контури експлоатационог поља и непосредној вањској зони.

Табела 2

Преглед локација за узорковање, испитиваних параметара и временски континуитет

Врста материјала за узорковање	Мјерени параметар	Вријеме и начин вршења мониторинга
Одлагалиште откривке (депосол прије рекултивације)	Физичке особине - механички састав, - ваздушна својства (запреминска маса, специфична маса, укупна порозност, капацитет за ваздух), - водна својства (максимални водни капацитет, ретенциони капацитет, филтрација)	Годишња анализа (2–3 просјечна узорка са сваког одлагалишта). Дубина узорковања 0-30 cm
Техногено земљиште у процесу рекултивације, рекултивисана површина	Хемијске особине - основни параметри плодности (pH, садржај органске материје и хумуса, укупни C и N, P ₂ O ₅ , K ₂ O), - хидролитичка киселост, - адсорптивни комплекс земљишта (степен засићености базним катјонима, замјењиви Ca, Mg, K, Na), - укупан садржај микроелемената, тешких метала (Mn, Fe, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, As, Hg), сума PCB, - микробиолошка активност	Анализа сваке 2–3 године (1–2 просјечна узорка у зависности од модела рекултивације). Дубина узорковања 0-30 cm
Депоније одвојених површинских хоризоната	Физичке особине - механички састав Хемијске особине - основни параметри плодности (pH, садржај органске материје и хумуса, укупни C и N, P ₂ O ₅ , K ₂ O), - адсорптивни комплекс земљишта	Евиденција сваке двије године (1 просјечан узорак по депонији). Узорковање из профила или са дубине 0-30 cm
Депонија ч.о.с, околно природно и техногено земљиште	Хемијске особине: - укупан садржај тешких метала (Mn, Fe, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, As, Hg), сума PCB	Два пута годишње (активна касета). Дубина узорковања 0-30 cm и 30-60 cm



Слика 3. Сателитски снимак експлоатационог поља угљеног басена Станари са положајем локација за узорковање природног и техногеног земљишта

ЗАКЉУЧАК

- Током извођења рударских радова јављају се штетне посљедице по животну средину, при чему се истиче деградација земљишта.
- За санацију и обнављање простора неопходан је константан мониторинг природног и техногеног земљишта.
- У компанији ЕФТ-Рудник и термоелектрана Станари усвојен је план активности потребних за управљање земљиштем.
- Континуирани мониторинг земљишта обухвата провођење рекултивације, лабораторијску анализу земљишта и биљака у процесу рекултивације, визуелне прегледе, праћење прописаних мјера.
- Реализација рекултивације и санације земљишта у обухвату експлоатационог поља проводи се кроз више истражених фаза и модела рекултивације.
- Редовно лабораторијско истраживање обухвата испитивање најважнијих физичких и хемијских особина природног и техногеног земљишта.

Значај мониторинга огледа се кроз ублажавање и спречавање нежељених посљедица у сфери земљишта, те праћење стања и већ насталих промјена како би се спријечили даљи негативни утицаји.

ЛИТЕРАТУРА

- Голић Зорица, Малић, Н., Марковић, М. (2014): Микробиолошка активност депосола у процесу рекултивације на локацији рудника угља Станари. *Агрознање*, 15 (3), 245–254.
- Knežiček, Ž., Uljić, H., Husagić, R. (2006): Oblikovanje i prenamjena prostora površinskih kopova lignita. Rudarski institut Tuzla.
- Малић, Н., Ковачевић, З. (2009): Флора Станарских одлагалишта. *Агрознање*, Vol. 10, br. 2, стр. 47–56.

- Малић, Н. (2010): Сидерација као агротехничка фаза еурекултивације спољашњег одлагалишта површинског копа Рашковац - Станари. Магистарска теза Универзитета у Бањалуци, Пољопривредни факултет.
- Малић, Н., Лакић, Ж. (2011): Морућност гајења високог вијука (*Festuca arrundinacea* Schreb.) у рекултивацији станарских депосола. *Агрознање*, Vol. 12, br. 1, стр. 57–66.
- Malić, N., Matko-Stamenković Una, Mandić, D. (2013): Neke kvantitativne osobine raži (*Secale cereale* L.) gajene na deposolu. *Агрознање*, 14 (2), 285–295.
- Malić, N., Jakovljević, I. (2013): Stabilizacija i rekultivacija kosina rudarskih odlagališta primjenom protiverozionih mreža. *Zbornik radova VI Међународне конференције "Ugalj 2013"*. Србија – Залтибор, стр. 171–180.
- Malić, N., Mandić, D. (2014): Neke kvantitativne osobine ozime пшенце (*Triticum aestivum* L.) gajene na meliorisanom deposolu. *Агрознање*, 15 (3), 255–266.
- Малић, Н. (2015): "Рекултивација станарских депосола примјеном агромилиоративних мјера и сјетвом травно-легуминозних смјеса. Докторска теза Универзитета у Бањалуци, Пољопривредни факултет.
- Malić Nenad, Matko Stamenković Una (2018): Karakteristike pedogenetskih procesa pri intenzivnim агротехничким мјерама у процесу рекултивације. *Земљиште и биљка*, Vol. 67, No. 2, pp 10–29.
- Nenad Malić, Una Matko, Željko Lakić (2019): Yield of Grassland Biomass in Second Swath and Impact of Applied Measures on Chemical Reaction of Rekultisol. *Proceedings of the X International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2019"*. Jahorina, October 03-06, 2019, pp 1233–1241.
- Nenad Malić, Mihajlo Marković (2021): The Dynamics of Chemical Properties in the Mine Technosols After Six Years of Reclamation. 3rd International and 15th National Congress of Soil Science Society of Serbia "Solutions for Future under Global Challenges". 21–24 Septembar 2021 Sokobanja, Serbia. *Book of Proceedings*, pp. 302–312.
- Malić N, Marković M, Trbić M. (2021): Osnovne fizičke i mehaničke osobine tehnogenih zemljišta rudarskog basena Stanari. *Zbornik radova X Међународне конференције UGALJ 2021*. Zlatibor, 13–16. oktobar, стр. 83–87.
- Вујић, С. (2006): Селективно откопавање и одлагање отквивке у функцији рекултивације површинских копова угља (монографија). Рударски и геолошки факултет у Београду, Електропривреда Србије, Академија инжењерских наука Србије, Београд.

СТРУКТУРА ЗЕМЉИШТА ТИПА ПСЕУДОГЛЕЈА И СМОНИЦЕ НА ПОДРУЧЈУ ЗАПАДНЕ СРБИЈЕ

Ксенија Мачкић^{1*}, Драган Радовановић¹, Владимир Ћирић¹, Боривој Пејић¹, Милан Медојевић¹

¹Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад, Република Србија

*аутор за контакт: kсенија.mackic@polj.un.ac.rs

САЖЕТАК

УВОД и ЦИЉЕВИ: Структура земљишта утиче на водна, ваздушна и топлотна својства земљишта и стога се убраја у један од најважнијих фактора плодности земљишта. Добра структура земљишта обезбеђује стабилност земљишту и отпорност на ерозију тако што позитивно утиче на водна својства (нпр. инфилтрацију, ретенцију воде). Типична карактеристика за смоницу је бубрење и скупљање земљишта под утицајем различитих режима влажности, што је повезано са високим процентом монтморилонит глине. На развој псеудоглејних земљишта утиче превлаживање горњег дела профила услед периодичног задржавања воде изнад непропусног слоја. Циљ истраживања је био да се одреде морфолошка, водно-физичка и хемијска својства псеудоглеја и смонице. Такође, одредиће се агрегатни састав и стабилност структурних агрегата према расплињавању у води, као и процена ризика од ерозије водом.

МАТЕРИЈАЛ и МЕТОД: На подручју западне Србије отворено је шест педолошких профила ради одређивања морфолошких својстава земљишта. Са сваке локације узети су узорци у нарушеном и полунарушеном стању за анализу структуре и хемијских својстава. Лабораторијска испитивања земљишта урађена су у Лабораторији за педологију и водни режим земљишта Пољопривредног факултета у Новом Саду. Одређен је механички састав земљишта и утврђена је текстурна класа, као и основна хемијска својства. Од водно-физичких својстава испитивана је структура земљишта, односно анализа агрегатног састава (суво просејавање) и стабилност структурних агрегата према расплињавању у води (мокро просејавање). Такође, обрачунат је и коефицијент структурности (K_s) као и средњи масени дијаметар (MWD). Резултати истраживања су обрађени статистички методом анализе варијансе, а значајност разлика између средина третмана утврђена је Данкановим тестом. **РЕЗУЛТАТИ и ЗАКЉУЧЦИ:** Испитивани површински слој земљишта припада глиновитим иловачама код псеудоглеја и иловастим глинама код смонице. Мањи садржај агрегата 10-5 mm, као и већи садржај мањих агрегата, посебно агрегата <0,25 mm указује на већу распршеност псеудоглеја и већу подложност еолској и водној ерозији. Дистрибуција агрегата добијена мокрым просејавањем указује на мању стабилност ораничног слоја псеудоглеја према расплињавању у води. Анализом мокрог просејавања утврђен је већи садржај мањих, нестабилнијих фракција преудоглеја у поређењу са смоницом. Коефицијент структурности указује на добру структуру испитиваних земљишта. Средњи масени дијаметар је значајно мањи код псеудоглеја, те се може закључити да је структура псеудоглеја мање стабилна под утицајем воде у поређењу са смоницом. Основна хемијска својства се разликују у зависности од локалитета. Добијени резултати указују на већи ризик од ерозије код псеудоглеја, ниску производну способност и неопходност примене одговарајућих мелиоративних мера. Производни потенцијал смонице може доћи до изражаја применом рационалног ђубрења и наводњавања.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: псеудоглеј; смоница; водно-физичка својства; структура земљишта

УВОД

Структура земљишта има веома значајно место међу физичким својствима земљишта због великог утицаја на водни, ваздушни и топлотни режим и на плодност земљишта. Механички елементи земљишта су међусобно повезани у структурне агрегате различите величине, облика, стабилности и порозности. Добра структура земљишта може обезбедити довољно воде, хранљивих материја и кисеоника за подршку расту биљака и довољно простора за продирање корена, док лоша структура земљишта омета раст корена, кретање воде и дренажу земљишта.

Од свих типова структуре, најповољнија је мрвичаста структура чији структурни агрегати, крупнији и ситнији, немају одређени геометријски облик, али њихова неравна површина онемогућује слепљивање агрегата у збијену масу и таква структура одржава растресито стање земљишта (Вучић, 1987). Многобројна истраживања указују да најповољнија водно ваздушна својства имају земљишта у којима доминирају агрегати димензија 0,25 – 10 mm. Вучић (1987) истиче како је најмање испаравање са земљишта које има структурне агрегате величине 2 - 3 mm, а највеће када су агрегати 10 - 15 mm. Такође, брзина водопропустљивости се смањује са повећањем садржаја распрашених агрегата.

У пракси је нарочито важна стабилност структурних агрегата ораничног слоја према расплињавању у води, јер плодност земљишта зависи од количине воде у њему, од упијања воде и од учесталости обнављања водних резерви. Значај стабилности структурних агрегата је посебно изражен код наводњаваних земљишта, јер упијање воде, стварање покорице и иригациона ерозија зависе од стабилности структурних агрегата (Вучић, 1987). Нестабилна структура смањује инфилтрацију и брзину водопропустљивости земљишта, повећава евапорацију, погоршава аерацију, омогућује стварање покорице и уколико постоје остали услови интензивира појаву ерозије. Макроструктурна земљишта, са агрегатима стабилним према расплињавању у води, су мање подложна ерозији, јер је теже преносити структурне макроагрегате него честице и микроагрегате. Стабилност агрегата зависи и од брзине продирања воде у агрегате, од степена квашења и бубрења честица (Вучић, 1987).

Псеудоглеј је земљиште у којем се оглејавање јавља под утицајем површинских вода. Стога се ово земљиште назива још и површински-оглејено (Миљковић, 1996). На дубини од 30-40 cm налази се непропусни слој за воду, услед чега се вода од падавина на њему задржава. Највеће површине псеудоглеја се налазе у западној Србији и Метохији, око 450.000 ha. Псеудоглеј спада у ред хидроморфних земљишта и класе псеудоглејних-епиглејних земљишта. Примарни псеудоглеј је настао на слојевитим супстратима, док је секундарни псеудоглеј настао из лувисола. По механичком саставу А и Еg хоризонти су прашасте иловаче, нестабилне структуре. Хоризонт Вg је глиновит, збијен, тешко пропустљив за воду, ваздух и коренов систем биљака (Миљковић, 1996). Реакција средине је у горњем делу умерено кисела (рН 5-6), а са дужином киселост опада. Потенцијална киселост је висока због присуства слободног Al јона. Садржај хумуса се креће под шумском вегетацијом од 3-5%, а под ораницама испод 3%. Степен засићености базама је низак и износи 20-50% (Ђорђевић и Радмановић, 2016). Основни проблем за потребе пољопривредне производње ових земљишта су неповољан механички састав (висок удео праха и глине) и изражена текстурна диференцираност који су узрок неповољних водно-ваздушних особина. Хемијске особине су неповољне. Предност ових земљишта су нижа надморска висина, заравњене површине и апсолутна дубина (Ђорђевић и Радмановић, 2016).

Смоница је народни назив за земљиште које је црно, глиновито, лепљиво и сјајно као смола на прелому. Највише је има у Шумадији, Поморављу, источној Србији и Метохији, укупно око 1 милион хектара (Ђирић, 1984). Рељеф је равничарски или благо валовит (од 200-600 m надморске висине) без изражене спољне дренажности. Значајан услов образовања смонице је клима, чије је основно обележје смењивање влажног и сувог периода (Миљковић, 2005). У сувом периоду супстрат са монтморионитском глином смањује запремину и пуца, при чему се образују клинасте вертикалне пукотине до дубине 1 m и више. Уз вертикалне настају и хоризонталне пукотине, па се на тај начин излучују призматични структурни агрегати, што представља типично обележје структуре вертисола. У влажном периоду глина бубри и пукотине се затварају, али пошто у дну пукотина сада постоји додатни материјал, он при бубрењу врши додатни бочни притисак на агрегате. Једна од специфичности водног режима смоница је да се у кишној сезони најпре влаже дубоки слојеви, захваљујући брзој инфилтрацији воде на дно пукотина (Ђирић, 1984). Пропадање површинског земљишта у пукотине и косо исклизивање делова земљишта према површини називају се процесима педотурбације. Педотурбација доприноси образовању дубоког хумусног хоризонта (50-100 cm) и његовој хомогенизацији (Ђорђевић и Радмановић, 2016).

Смоница спада у аутоморфна земљишта и класу хумусно акумулативних земљишта. То су дубока земљишта, чија апсолутна дубина може бити већа од 150 cm. Смонице се карактеришу високим садржајем глине, између 50 и 70%, а понекад и више. Водно-ваздушне особине смонице су лоше због високог удела капиларних и субкапиларних пора (око 90%). Физичка зрелост за обраду траје кратко време (Ђорђевић и Радмановић, 2016). Укупна порозност је релативно велика и достиже вредност и до 50 vol. %, при чему знатну превагу имају микропоре у којима се задржава

велика количина воде до 40 vol.% (Миљковић, 2005). Хемијска својства су знатно повољнија. Смонице могу бити карбонатне и бескарбонатне, а са тим у вези рН вредности се крећу од 6,5-8,0. Удео хумуса варира од 2-5%, а код смоница под природном вегетацијом је већи од 7-8%. Од адсорбованих катјона доминирају Са и Mg јони (Ћирић, 1984). Смонице су потенцијално плодна земљишта, што је одраз њиховог дубоког и хомогеног хумусног хоризонта, међутим физичка и воднофизичка својства су неповољна.

Циљ истраживања је био да се одреде морфолошка, водно-физичка и хемијска својства псеудоглеја и смонице. Такође, одредиће се агрегатни састав и стабилност структурних агрегата према расплињавању у води.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживања су обављена на подручју северног дела западне Србије, које се протеже се од Лознице на западу до Љига на истоку. На испитиваним површинама отворено је укупно 6 педолошких профила, од чега 3 на псеудоглеју (П1, П2 и П3) и три на смоници (П4, П5 и П6). Са сваке локације узети су узорци у нарушеном и полунарушеном стању.

Узорци у нарушеном стању коришћени су за анализу механичког састава и хемијских својстава земљишта, а узорци у полунарушеном стању за анализу структуре земљишта. Узорци у полунарушеном стању узети су у три понављања при влажности земљишта блиској пољском водном капацитету. Узорковање је обављено тако што се бусен земље лаганим притиском прстију уситнио на мање делове величине око 1-2 cm (Бошњак и сар, 2012). У овом раду анализирани су узорци узети из ораничног слоја земљишта.

Лабораторијска испитивања

Лабораторијска испитивања земљишта урађена су у Лабораторији за педологију и водни режим земљишта Пољопривредног факултета у Новом Саду. На узетим узорцима анализирана су хемијска, физичка и водно-физичка својства земљишта.

Хемијске анализе обухватале су испитивање следећих својстава земљишта:

- рН вредност је одређена у суспензији земљишта са H_2O и са 1M KCl потенциометријски помоћу рН-метра,
- Садржај $CaCO_3$ волуметријски, помоћу калциметра по Scheibler-у,
- Садржај хумуса методом мокрог спаљивања по Тјурину,
- Лакоприступачни фосфор (P_2O_5) и лакоприступачни калијум (K_2O) одређени су екстракцијом са амонијум лактатом – AL методом.

Од физичких својстава земљишта испитивани су:

- Механички састав – одређен је пипет методом, а припрема узорака за анализу са Na-пирофосфатом по Thun-у,
- Текстурна класа – одређена је на основу класификације по Tommerup-у.

Суво просејавање одређено је стандардним поступком по методи Савинова (Бошњак и сар., 2012). За одређивање стабилности структурних агрегата урађено је мокро просејавање земљишта. Према прилагођеној методи Елиота (Elliott, 1986) одмери се 100 g ваздушно сувог земљишта које се навлажи на ситу са отворима 2000 μm тако што се потопи 2 минута у дејонизовану воду на собној температури. Фракција 8000-2000 μm је добијена померњем сита кроз воду горе-доле са 30 понављања у току 2 минута прекидањем површине воде са сваким ходом. Након тога, агрегати који су остали у ситу се испирају воденим млазом у алуминијумске посуде. Агрегати мањих димензија <2000 μm се преносе на наредно сито са мањим промером. Просејавање се наставља са мањим бројем вертикалних понављања (20 понављања) за сито промера 250 μm и 10 понављања за сито промера 53 μm . Остатак је четврта најситнија фракција. Добијени агрегати се суше до апсолутно сувог стања, а затим се утврђује њихова маса. Овим поступком су издвојене четири фракције димензија: 8000-2000 μm - крупни макроагрегати, 2000-250 μm - ситни микроагрегати, 250-53 μm - микроагрегати, <53 μm - фракција праха и глине.

За оцену структурности користе се коефицијент структурности и средње масени дијаметар. Коефицијент структурности (K_s) се израчунава на основу формуле (Шеин & Гончаров, 2006):

$$K_s = \frac{a}{b} \quad (1)$$

где је a садржај макроагрегата величине 0,25 mm до 10 mm, а b је садржај агрегата мањих од 0,25 и већих од 10 mm.

Средње масени дијаметар (MWD) је израчунат на основу формуле (Hillel, 2003):

$$MWD = \sum_{i=1}^n x_i w_i \quad (2)$$

где је x_i средњи пречник класе стабилних агрегата (μm), а w_i масени проценат класе стабилних агрегата у односу на масу укупног узорка.

Статистичка обрада података

Резултати истраживања су обрађени статистички методом анализе варијансе (АНОВА) коришћењем TIBCO Statistica 14.0.0.15 софтверског програма (TIBCO, 2020). Коришћена је “one-way ANOVA” за поређење резултата структурне анализе између два испитивана земљишта. Значајност разлика између средина третмана утврђена је Данкановим тестом за праг значајности 5%. Резултати статистичке обраде података приказани су на графиконима. Значајност разлика анализираних параметара приказана је словним ознакама (различита слова означавају постојање значајних разлика између два типа земљишта).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Основна хемијска својства земљишта

При процени капацитета земљишта да подржи продуктивност усева агрономи су се увек ослањали на познавање физичких и хемијских својстава земљишта, иако је често тешко јасно раздвојити те функције због динамичке, интерактивне природе ових процеса (Schoenholtz et al., 2000). Потребе за проценом хемијских својстава земљишта повећане су због растућег интереса произвођача за рационалну примену агротехничких мера, али и због утврђивања последица различитих пракси управљања на квалитет земљишта у односу на одрживост функција агроекосистема.

Од хемијске реакције средине зависи правац и интензитет процеса који се одигравају у земљишту. Земљишни раствор представља веома динамичну и активну компоненту земљишта. Стога, екстраховани раствор представља сасвим другу категорију него што је раствор у земљишту, и његов хемијски састав представља само статички приказ тренутног стања (Ћирић, 1984). На основу хемијске анализе земљишта уочава се нижа рН вредност псеудоглеја (Табела 1). Активна киселост (рН у води) у просеку за све испитиване профиле износи 5,92 код псеудоглеја што значи да је земљиште умерено кисело према Америчкој класификацији, уз варирање од умерено до слабо киселог. Код смонице активна киселост износи 7,04 и неутралне је реакције, уз варирање од слабо киселе до слабо алкалне. Супституциона киселост (рН у KCl) код псеудоглеја у просеку износи 4,83, и земљиште се према хемијској реакцији класификује као веома кисело. Супституциона киселост смонице износи 6,15, односно земљиште је слабо киселе реакције.

Садржај карбоната представља критеријум за поделу земљишта на карбонатна и бескарбонатна. На основу садржаја карбоната псеудоглеј и смоница могу се класификовати у подтип бескарбонатних земљишта, осим профила б које је средње карбонатна смоница.

Табела 1.

Основна хемијска својства А, р хоризоната испитиваних типова земљишта

Бр. профила	рН		СаСО ₃ (%)	Садржај хумуса (%)	Садржај азота (%)	Р ₂ О ₅ (mg100g ⁻¹)	К ₂ О (mg100g ⁻¹)
	Н ₂ О	КСl					
1	5,56	4,19	0,00	2,99	0,169	0,3	5,02
2	6,50	5,71	0,00	2,82	0,162	9,4	9,06
3	5,71	4,58	0,00	2,55	0,162	2,64	1,79
4	6,54	5,62	0,00	3,88	0,204	6,63	12,28
5	7,02	6,15	0,00	3,21	0,194	7,91	6,63
6	7,57	6,68	2,20	5,19	0,28	10,63	26,81
Псеудоглеј	5,92	4,83	0,00	2,79	0,16	4,11	5,29
Смоница	7,04	6,15	0,73	4,09	0,23	8,39	15,24

Количина и састав хумусних материја у земљишту има велики утицај на хемијска, физичка и биогена својства земљишта (структуру, водни, ваздушни и топлотни режим земљишта). Садржај хумуса не варира значајније код смонице и у просеку износи 2,79 %, а код псеудоглеја 4,09 %. На основу садржаја хумуса, а према подели Scheffer-Schachtschabel-а, оба типа земљишта се класификују као умерено хумозна земљишта.

На основу вредности садржаја укупног азота псеудоглеј је класификован као средње обезбеђен са просечним садржајем од 0,16 %, а смоница је класификована као добро обезбеђена. Садржај лако приступачног фосфора код псеудоглеја је у просеку врло низак (мелиоративан), осим код профила 2 где је садржај низак (сиромашан). Већи просечни садржај лако приступачног фосфора је утврђен код смонице и класификован је као низак, осим код профила 6 са средње сиромашним садржајем лако приступачног фосфора. Садржај лако приступачног калијума код псеудоглеја је у просеку низак (сиромашан), осим код профила 3 где је садржај врло низак (мелиоративан). Већи просечни садржај лако приступачног калијума је утврђен код смонице и класификован је као оптималан, уз велика варирања и то од ниског до оптималног.

Механички састав

У погледу механичког састава, земљиште представља дисперзну, односно полидисперзну средину, јер су у њој заступљене честице различитих димензија. Честице земљишта поред величине, међусобно се разликују по саставу и низу физичких и хемијских својстава, из чега произилази и њихова различита улога у земљишту. Од заступљености и односа механичких честица у земљишту зависе карактеристике водног, ваздушног, топлотног и хранивеног режима земљишта, али и ниво органске материје у земљишту. Поред тога, заступљеност појединих механичких елемената је показатељ који указује на могућност формирања структурних агрегата земљишта при одговарајућим условима. Класификација Међународног друштва за проучавање земљишта заснована је на принципима поделе честица по Atterberg-у и прихваћена је код нас као основна класификација механичког састава земљишта (Белић и сар., 2014). Механички састав и текстурна класа испитиваних типова земљишта приказани су у табели 1.

Механички састав указује на хетерогеност испитиваних земљишта. Резултати испитивања показују (Табела 2) да се земљиште испитиваних парцела карактерише нешто тежим механичким саставом. Према класификацији Томтегир-а земљиште типа псеудоглеј спада у глиновите иловаче, осим профила 3 који је класификован као прашаста иловача, а земљиште типа смоница спада у иловасту глину. На основу удела појединих фракција уочава се да је крупан песак

заступљен од 1,10 до 8,90%, ситни песак од 21,66 до 40,14%, удео праха од 36,32 до 53,64% и удео глине од 10,88 до 37,24%.

Важна карактеристика псеудоглеја је јако текстурно диференцирање профила. Површински хоризонт је углавном прашаста иловача са више од 40% праха или глиновита иловача. За настајак псеудоглејних земљишта карактеристичан је процес елувијације, односно испирања глине и хумуса и њихова акумулација у илувијалном Вg хоризонту. У смоници су елувијално-илувијални процеси сведени на минимум због затварања макропора услед бубрења у влажном стању земљишта те није могућа миграција глине. Смоницу карактерише висок садржај глине која бубри у влажном стању и чини земљиште лепљивим и влажним, а у сувом стању је компактна испуцала маса. Површински хоризонти смонице припадају углавном глиновитој иловачи, а доњи иловастој глини (Ћирић, 1984; Живковић и сар., 1972).

Табела 2

Механички састав и текстурна класа А, р хоризоната испитиваних типова земљишта

	Бр. профила	Величина фракције (mm)				Текстурна класа по Томмеруп-у
		2-0,2	0,2-0,02	0,02-0,002	< 0,002	
		Садржај фракције (%)				
Псеудоглеј	1	5,70	40,14	36,32	17,84	глиновита иловача
	2	1,10	35,38	39,24	24,28	глиновита иловача
	3	2,80	32,68	53,64	10,88	прашаста иловача
Смоница	4	1,60	28,68	32,48	37,24	иловаста глина
	5	2,50	28,66	38,84	30,00	иловаста глина
	6	8,90	21,66	37,36	32,08	иловаста глина

На основу анализе механичког састава уочава се већа варијабилност садржаја глине у површинском слоју псеудоглеја у поређењу са смоницом. Такође, површински слој смонице садржи већи удео глине.

Структурна анализа земљишта

Проучавању структуре земљишта, као једног од најзначајнијих физичких својстава, поклања се посебна пажња због тога што директно или индиректно утиче на водни, ваздушни и топлотни режим земљишта, а истовремено служи као показатељ његове плодности.

Да би се успоставила повољна структура потребно је уложити значајне напоре кроз поједине мере обраде, ротацију усева и примену ђубрива. Дугогодишња смена усева у плодореду има значајан утицај на формирање структуре земљишта при чему сваки од гајених усева у плодореду даје свој допринос формирању повољне структуре. Утицај појединих биљних врста се пре свега манифестује преко броја, квалитета и времена извођења агротехничких мера. Нарушавање структуре најчешће настаје због неадекватне обраде земљишта, гажења, смањења садржаја калцијума и органске материје (Шеремешкић, 2012).

Резултати анализе сувог и мокрог просејавања приказани су на графиконима 1 и 2, а средње вредности коефицијента структурности и средње масеног дијаметра на графикону 3.

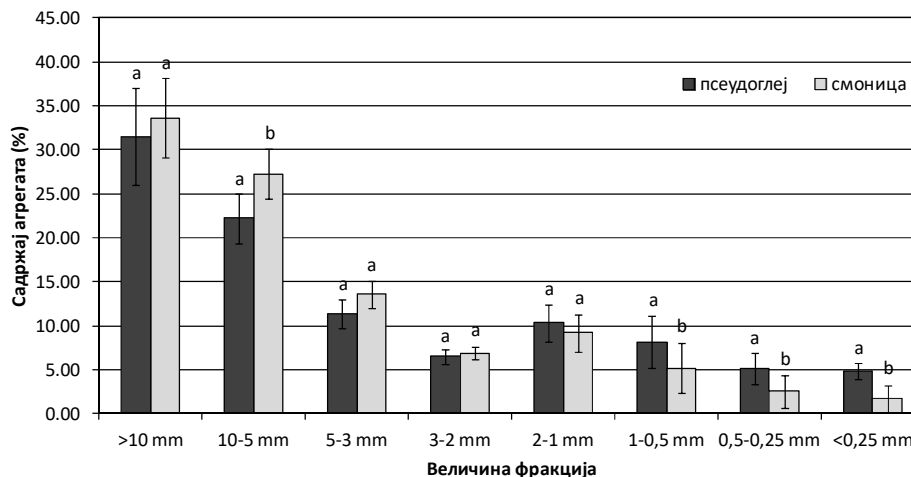
Суво просејавање

Резултати сувог просејавања показују да оранични слој псеудоглеја има највећи садржај макроагрегата величине >10 mm (31,51%) док је најмања заступљеност агрегата величине мањих од 0,25 mm (4,85%).

Анализа узорака земљишта смонице такође показују највећу заступљеност агрегата величине >10 mm (33,63%) и најмању заступљеност агрегата мањих од 0,25 mm (1,72%).

Вучић (1964) сматра да без обзира што се са агрономске тачке гледишта оцена структуре не може дати само разматрањем односа појединих фракција структурних агрегата, ипак стоји чињеница да агрегати од 0,25-10 mm условљавају повољна водно ваздушна својства земљишта.

Статистичка анализа резултата испитивања структуре указује на значајне разлике у садржају агрегата величине 10-5 mm и фракција мањих од 1 mm. Иако је садржај агрегата већих од 10 mm већи код псеудоглеја, ова разлика није статистички значајна. Статистички значајно већи садржај мањих агрегата, посебно агрегата <0,25 mm указује на већу распршеност псеудоглеја и већу подложност еолској и водној ерозији.



Графикон 1. Дистрибуција структурних агрегата ораничног слоја псеудоглеја и смонице. Вертикалне линије означавају стандардну грешку, а различита слова означавају постојање значајних разлика између два типа земљишта у оквиру једне фракције агрегата.

Ćirić et al. (2012) наводе да дистрибуција структурних агрегата значајно зависи од типа земљишта, као и од начина његовог коришћења. Обрада земљишта, упркос њеном циљу да створи оптималну структуру земљишта за развиће биљака, заједно са нерационалним наводњавањем и ђубрењем често узрокују погоршање структуре земљишта.

Коефицијент структурности

У циљу агрономске оцене структуре обрачунава се коефицијент структурности (K_s), као показатељ структурног стања земљишта, а који се израчунава из односа процентуалног садржаја мезоагрегата величине 0,25-10 mm и суме мегаагрегата >10 mm и микроагрегата <0,25 mm (Гајић, 2006) добијених сувим просејавањем. Према Шеин-у (2001, цит. Гајић et al., 2014) уколико је коефицијент структурности већи од 1,5 земљиште има добру структуру, ако је између 1,5 и 0,67 задовољавајућу и ако је мањи од 0,67 земљиште има незадовољавајућу структуру.

Добијени резултати указују на добру структуру испитиваних земљишта. Вредност коефицијента структурности псеудоглеја је 1,80, а смонице 1,85 (граф. 3). Поређењем коефицијента структурности псеудоглеја и смонице нису утврђене статистички значајне разлике.

Мокро просејавање

Повољан агрегатни састав добијен сувим просејавањем често није довољан да би се земљиште назвало структурним. Објективни увид у квалитет структуре земљишта даје анализа стабилности структурних агрегата према расплињавању у води.

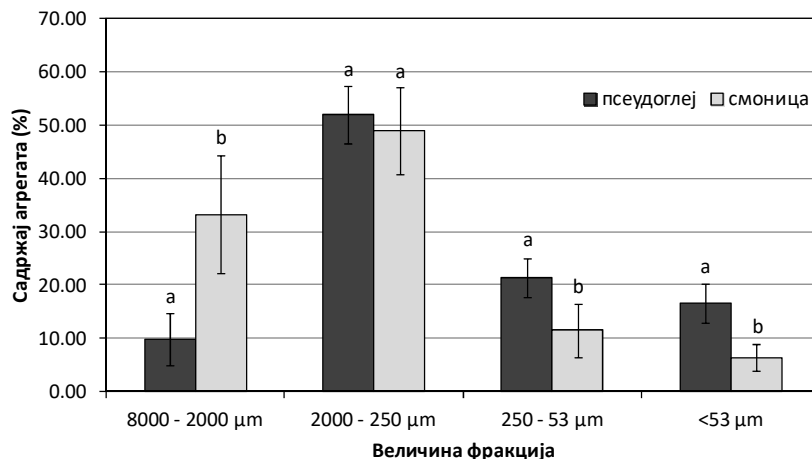
Према класификацији Качинског стабилност макроагрегата према расплињавању у води је изузетно висока ако је процентуални садржај агрегата већих од 0,25 mm након мокрог

просејавања, већи од 75%, одлична 65-75%, добра 40-60%, задовољавајућа 30-40%, средња 20-30%, незадовољавајућа 10-20% и нестабилна ако је мањи од 10%.

Резултати мокрог просејавања земљишта показују да је најмањи садржај агрегата псеудоглеја био у фракцији 8000-2000 μm (9,88 %), а највећа заступљеност агрегата након мокрог просејавања у фракцији 2000-250 μm (52,07%).

Анализом мокрог просејавања узорка земљишта смонице је утврђена најмања заступљеност агрегата величине <53 μm (6,45 %) и највећа заступљеност агрегата 2000-250 μm (48,86 %).

Процентуални садржај агрегата већих од 0,25 mm је 61,95 % код псеудоглеја и код смонице 82,06 %. На основу класификације Качинског стабилност макроагрегата према расплињавању у води у ораничном слоју преудоглеја је одлична, а код смонице је изузетно добра.



Графикон 2. Стабилност структурних агрегата ораничног слоја псеудоглеја и смонице. Вертикалне линије означавају стандардну грешку, а различита слова означавају постојање значајних разлика између два типа земљишта у оквиру једне фракције агрегата.

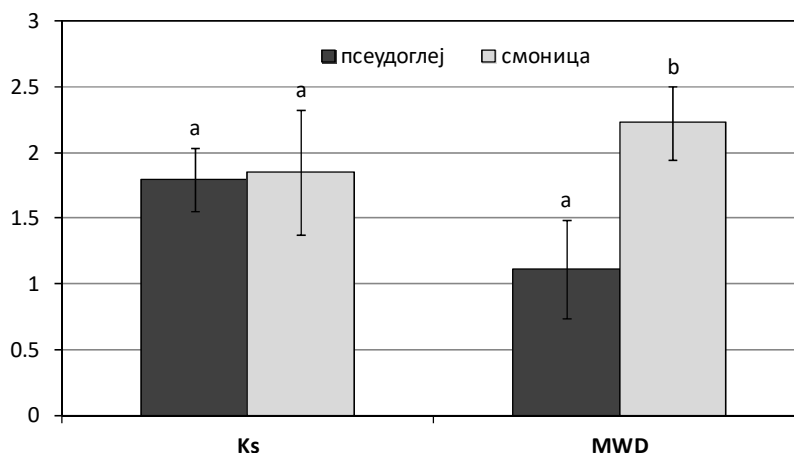
Статистичком анализом утврђене су значајне разлике у садржају агрегата између псеудоглеја и смонице, осим код агрегата величине 2000-250 μm . Анализа указује на већи садржај мањих, нестабилнијих фракција као и мањи садржај већих, стабилнијих фракција агрегата преудоглеја у поређењу са смоницом. Дистрибуција структурних агрегата према расплињавању у води указује на мању стабилност ораничног слоја псеудоглеја.

Структурно стање (облик, величина) и стабилност структурних агрегата су кључни чиниоци плодности земљишта који знатно утичу и на одрживост биљне производње (Amezket, 1999; Bronick and Lal, 2005). Добра структура земљишта зависи од присуства агрегата величине 1 до 10 mm, који остају стабилни и након обраде и квашења. Земљиште, посебно у условима наводњавања, је изложено већем степену дејства воде које може изазвати нежељене последице у одређеном степену (Бошњак, 1999). У условима наводњавања деторијација земљишта је последица неправилне експлоатације система за наводњавање и примене воде лошег квалитета.

Средњи масени дијаметар

Средњи масени дијаметар (MWD) указује на расподелу величине агрегата и у суштини је мера стабилности макроагрегата пошто агрегати који су остали на сваком сити морају бити стабилни на процес влажења. Средњи масени дијаметар представља добар показатељ промене стабилности структуре. Вредности средње масеног дијаметра структурних агрегата је 1,12 код псеудоглеја и 2,23 код смонице (граф. 3). Утврђена је значајно већа вредност средње масеног дијаметра код смонице што указује на већу стабилност структурних агрегата према расплињавању у води.

Degruze et al. (2004) истиче да су вредности MWD под великим утицајем начина коришћења земљишта. На величину MWD највише утиче садржај крупних макроагрегата, чија је заступљеност на ораницама условљена природним педопроцесима, начином коришћења земљишта и начином обраде земљишта (Ćirić et al., 2012).



Графикон 3. Вредности коефицијена структурности (Ks) и средње масеног дијаметра (MWD). Вертикалне линије означавају стандардну грешку, а различита слова означавају постојање значајних разлика између два типа земљишта.

ЗАКЉУЧАК

На основу теренских и лабораторијских истраживања земљишта типа псеудоглеј и смоница могу се извести следећи закључци:

На основу заступљености појединих фракција механичких честица може се закључити да испитивани површински слој земљишта припада глиновитим иловачама код псеудоглеја и иловастим глинама код смонице. Површински слој смонице садржи нешто већи удео глине.

На основу резултата сувог просејавања може се закључити да површински слој смонице има бољу структуру од псеудоглеја. Мањи садржај агрегата 10-5 mm, као и већи садржај мањих агрегата, посебно агрегата <0,25 mm указује на већу распршеност псеудоглеја и већу подложност еолској и водној ерозији.

Дистрибуција агрегата добијена мокрим просејавањем указује на мању стабилност ораничног слоја псеудоглеја према расплињавању у води. Анализом мокрог просејавања утврђен је већи садржај мањих, нестабилнијих фракција.

Коефицијент структурности указује на добру структуру испитиваних земљишта.

Средњи масени дијаметар је значајно мањи код псеудоглеја, те се може закључити да је структура псеудоглеја мање стабилна под утицајем воде у поређењу са смоницом.

Основна хемијска својства се разликују у зависности од локалитета. Псеудоглеј има нижу рН вредност и спада у умерено кисела земљишта, док је рН вредност смонице око неутралне реакције. Оба типа земљишта класификована су у бескарбонатна, а на основу садржаја хумуса као умерено хумозна земљишта. Псеудоглеј је класификован као средње обезбеђен, а смоница као добро обезбеђена азотом. Утврђен је мањи садржај лако приступачног фосфора и калијума код псеудоглеја, при чему је на појединим локалитетима садржај лако приступачног фосфора и калијума врло низак (мелиоративан).

Добијени резултати указују на већи ризик од ерозије код псеудоглеја, ниску производну способност и неопходност примене одговарајућих мелиоративних мера. Производни потенцијал смонице може доћи до изражаја применом рационалног ђубрења и наводњавања.

ЗАХВАЛНИЦА

Средства за реализацију резултата истраживања обезбеђена су од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја РС, на основу уговора о реализацији и финансирању научноистраживачког рада у 2022. години (уговор 451-03-68/2022-14/200117).

ЛИТЕРАТУРА

- Amezketta, E. (1999). Soil aggregate stability: a review. *J. Sustain. Agric.*, 14(2–3), 83–151.
- Bronick, C. J. Lal, R. (2005). Soil structure and management: A review. *Geoderma*, 124(1–2), 3–22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>
- Белић, М., Нешић, Љ., Ђирић, В. (2014). *Практикум из педологије*. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет.
- Бошњак, Ђ. (1999). *Наводњавање пољопривредних усева*. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет.
- Бошњак, Ђ., Пејић, Б., Мачкић, К. (2012). *Наводњавање пољопривредних усева: практикум*. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет.
- Ђирић, М. (1984). *Педологија*. Завод за уџбенике и наставна средства, Свјетлост, Сарајево.
- Ћirić, V., Manojlović, M., Nešić, L., Belić, M. (2012). Soil dry aggregate size distribution: Effects of soil type and land use. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(4), 689–703. <https://doi.org/10.4067/s0718-95162012005000025>
- Degryze, S., Six, J., Paustian, K., Morris, S. J., Paul, E. A., Merckx, R. (2004). Soil organic carbon pool changes following land-use conversions. *Global Change Biology*, 10(7), 1120–1132. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00786.x>
- Ђорђевић, А., Радмановић, С. (2016). *Педологија*. Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет.
- Elliott, E. T. (1986). Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50, 627–633.
- Гајић, Б. (2006). *Физика земљишта*. Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет.
- Gajic, B., Kresovic, B., Dragovic, S., Sredojevic, Z., Dragovic, R. (2014). Effect of land use change on the structure of Gleyic Fluvisols in western Serbia. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade*, 59(2), 151–160. <https://doi.org/10.2298/jas1402151g>
- Hillel, D. (2003). Soil Structure and Aggregation. In *Introduction to Environmental Soil Physics* (pp. 73–89). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-348655-4.X5000-X>
- Миљковић, Н. (1996). *Основи педологије*. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет.
- Миљковић, Н. (2005). *Мелиоративна педологија*. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет.
- Schoenholtz, S.H, Van Miegroet, H., Burger, J. A. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 138(1–3), 335–356. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00423-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00423-0)
- Шеин, Е. В., Гончаров, В. М. (2006). *Агрофизика*. Ростов-на-Дону, Феникс.
- Шеремешкић, С. (2012). *Утицај система ратаренја на својства органске материје чернозема*. Докторска дисертација, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет.
- TIBCO, S. I. (2020). *Data Science Workbench* (version 14). <http://tibco.com>
- Вучић, Н. (1964). *Водне особине чернозема и ливадске црнице и њихов значај за наводњавање на иригационом подручју Бачке*. Савремена пољопривреда, Посебна издања 1.
- Вучић, Н. (1987). *Водни, ваздушни и топлотни режим земљишта*. Војвођанска академија наука и уметности.

Живковић, Б., Нејгебауер, В., Танасијевић, Ђ., Миљковић, Н., Стојковић, Л., Дрезгић, П. (1972).
Земљишта Војводине. Институт за пољопривредна истраживања Нови Сад.

САДРЖАЈ ХУМУСА У СТРУКТУРНИМ АГРЕГАТИМА ФЛУВИСОЛА И ХУМОФЛУВИСОЛА

Драган Радовановић*¹, Владимир Ђирић¹, Боривој Пејић¹, Ксенија Мачкић¹,
Драгана Маринковић¹, Бојан Војнов¹

¹Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за ратарство и повртарство,
Нови Сад, Србија

*аутор за контакт: dragan.radovanovic@polj.uns.ac.rs

САЖЕТАК

УВОД и ЦИЉЕВИ: Структура земљишта представља једну од његових најважнијих карактеристика. Има велики утицај на водни, ваздушни, топлотни режим на хемијске и биолошке особине земљишта, на пораст корена и погодност земљишта за обраду. Хумусне материје утичу на ток многих хемијских, физичких и биолошких процеса. У овај студији посебна пажња посвећена је хумусу у земљишним агрегатима.

МАТЕРИЈАЛ и МЕТОД: Циљ истраживања је да се утврди да ли различити типови земљишта утичу на његове особине, првенствено у погледу садржаја хумуса у структурним агрегатима земљишта. Истраживања су вршена на територији западне Србије, отворени педолошки профили налазе се у сливовима река Дрине, Тамнаве и Колубаре. За потребе истраживања отворено је 6 педолошких профила, 3 су флувисола и 3 хумофлувисола. Узорци су узети са дубине од 0-30 см.

РЕЗУЛТАТИ и ЗАКЉУЧЦИ: Поређењем садржаја структурних агрегата код испитиваних типова земљишта утврђено је да код типа хумофлувисол има значајно више агрегата величине од 8000 до 2000 μm , док значајно мање има агрегата мањих од 53 μm . Средњи масени дијаметар (MWD) код хумофлувисола је значајно већи (1,42mm) док је код флувисола (0,81mm), што указује на значајно већу отпорност структурних агрегата хумофлувисола. Садржај хумуса у свим агрегатним фракцијама хумофлувисола је већи, значајно више хумуса има код фракција 8000-2000 μm и < 53 μm . Резултати истраживања указују да садржај хумуса утиче на стабилност структурних агрегата земљишта.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: хумофлувисол, флувисол, структура, хумус

УВОД

Земљиште је површински растресити слој земљине коре, настало као резултат заједничког утицаја педогенетских чинилаца: геолошке подлоге, климе, рељефа, органског света и времена (Миљковић, 1996). Формирање земљишта је дуготрајан процес, те се може сматрати да је оно необновљив ресурс јер је за стварање слоја дебљине 2,5 см потребно око 500 година (Благојевић, 2012). У процесу деградације земљишта промене су привидно мале, са аспекта људске генерације, што смањује потребну пажњу и одлаже правовремено преузимање мера за заустављање деструктивних процеса (Вукадиновић, 2018). Човек утиче на земљиште, пре свега обрадом, избором плодореда и усева, ђубрењем, применом пестицида и мелиорацијама. Као последица наведених активности човека може доћи до значајног смањења садржаја хумуса у земљишту, кварења структуре, смањења порозности услед збијености земљишта, а самим тим и смањења производне способности земљишта. Са агрономског становишта структура земљишта заузима централно место у односу на остале физичке особине земљишта. Има велики утицај на водни, ваздушни, топлотни режим на хемијске и биолошке особине земљишта, на пораст корена и погодност земљишта за обраду. Она је индикатор плодности земљишта и показатељ његове продуктивности (Белић и сар., 2014). Од свих типова структуре, најповољнија је мрвичаста структура чији структурни агрегати, крупнији и ситнији, немају одређени геометријски облик, али њихова храпава површина онемогућује слепљивање агрегата у збијеној масу и таква структура одржава растресито стање земљишта (Ђирић, 1991). У процесу распадања изумрлих биљних и животињских остатака ствара се веома битна органска материја–хумус, која је најзначајнија за

плодност земљишта (Миљковић, 2005). Органски део земљишта представља сложен систем материјала изразито динамичког карактера. Ово је резултат непрекидног прилива органских материја у земљиште и њихове непрекидне трансформације. Један део органских материја се одмах минерализује, док се други део постепено трансформише и претвара у нову специфичну творевину познату под именом хумус (Белић, и сар., 2014). Количина и састав хумусних материјала у земљишту има велики утицај на хемијска, физичка и биогена својства земљишта (структуру, водни, ваздушни и топлотни режим земљишта). Хумусне материје у ширем смислу, утичу на ток процеса у земљишту, као и на већину његових особина, укључујући и плодност. Хумусне материје утичу на ток многих хемијских, фиичких и биолошких процеса у земљишту, (Ђорђевић и Радмановић, 2016).

Алувијално земљиште (флувисол) спада у ред хидроморфних земљишта, класу неразвијених са грађом профила (А)-G или (А)-С. Процеси педогенезе су слабо изражени због младости наноса или због тога што седиментација превладава педогенезу (Белић и сар., 2019). Простире се у долинама река Дунава, Саве, Тисе, Мораве, Дрине и др. У Србији се процењује да их има око 500.000 ha (Дугалић и Гајић, 2012). Алувијална земљишта настају дуж водотока, у приобалној зони полоја где поплавне воде сортирају и таложе грубљи, песковити материјал (Миљковић, 1996). Услед описаног временског и просторног варирања услова таложења, профил флувисола се карактерише већим бројем наноса (С1, С2, С3... геолошког супстрата) и иницијалним површинским (А) хоризонтом. Број наноса, њихов механички састав и њихове комбинације могу бити неограничено велике (Ђорђевић и Радмановић, 2016). Физичке особине флувисола зависе од броја наноса, њихове дебљине, текстуре, хемијског и минералног састава и узајамног поретка наноса. Карактерише их различит гранулометријски састав у зависности од јачине поплавних вода, а педогенеза ових земљишта је прекидана плавним водама и седиментацијом новог наноса (Шкорић и сар., 1985). Хемијска својства: флувисоли су углавном карбонатни и садрже више од 5% карбоната. Садржај хумуса је најчешће мали, од 1-2%, а у песковитим подтипovima и испод 1%. Њихова еколошко-производна вредност варира од топографије. Нема правилности у распореду карбоната у профилу. Садржај лакоприступачног фосфора варира (нпр. у Војводини 4-24 mg у 100 g земљишта), док приступачног калијума има довољно осим у песковитим варијететима (Миљковић, 2005). Флувисоли имају углавном повољне физичке и хемијске особине. Међутим, њихове еколошке особине зависе у великој мери од режима плављења и режима подземних вода.

Хумофлувисол се среће у долинама наших великих река, заузимајући углавном средишњи део речне терасе. У Србији је картирано преко 400.000 ha под овим типом земљишта. Образују се у плавним речним долинама, и то најчешће у њиховом централном делу, затим на ниским лесним заравнима и терасама. (Ђирић, 1991). Процес хумификације се интензивира након подизања одбрамбених насипа. Дебљина хумусног хоризонта, као и његова количина и квалитет зависе од тога да ли се акумулација хумуса врши у карбонатној или бескарбонатној средини. Процеси оглејавања се одвијају на дубини испод 1 m где настаје глејни G хоризонт. Између хумусног и глејног хоризонта налази се хоризонт С, без изразитијих знакова оглејавања (Миљковић, 1996). Грађа профила хумофлувисола је А – С – G. Хумофлувисол је мање слојевит од флувисола и имају развијен хумусни хоризонт. (Ђорђевић, Радмановић, 2016).

Физичке особине: према текстури су најчешће теже иловаче које имају добар водно-ваздушни режим. У току лета када је мање атмосферског талога, вода се капиларно диже од подземне воде до зоне ризосфере услед чега биљке мање трпе од суше (Миљковић, 1996).

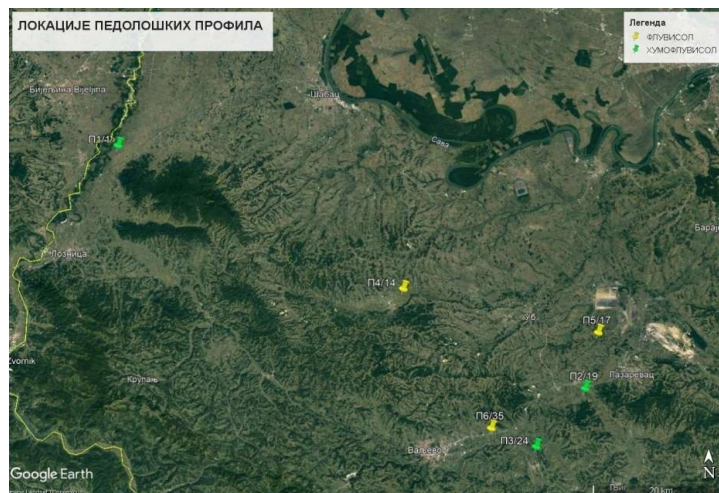
Хемијске особине хумофлувисола: хумуса има је најчешће од 3 – 5%, а под шумском вегетацијом 6 – 7%. Карбонатне ливадске црнице су неутране до слабо алкалне реакције, а бескарбонатне неутралне до слабо киселе реакције. Највећи део хумофлувисола спада међу најплоднија земљишта и веома је повољно за производњу ратарских и повртарских култура (Ђорђевић и Радмановић, 2016).

Задатак истраживања је био да се на основу теренских и лабораториских испитивања утврде и испитају морфолошка, физичка и хемијска својства различитих типова земљишта. Након узимања узорака земљишта и лабораторијских анализа добијене резултате о особинама различитих типова земљишта смо поредили.

Циљ истраживања је да се помоћу наведених испитивања утврди како различити типови земљишта утичу на његове физичке и хемијске особине. Првенствено у погледу садржаја хумуса у структурним агрегатима земљишта, тј. да ли постоји значајна разлика измеђи испитиваних својстава два типа земљишта.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживања су вршена на територији западне Србије, отворени педолошки профили налазе се у сливовима река Дрине, Тамнаве и Колубаре. Истраживањем је обухваћено 6 педолошких профила. 3 педолошка профила припадају типу земљишта хумофлувисол, 3 профила типу земљишта флувисол.



Слика 1. Истраживано подручје са локацијама отворених педолошких профила.

Са сваке локације су према плану истраживања узети узорци у нарушеном и полунарушеном стању за даља лабораторијска истраживања. Узорци су узети из ораничног слоја чија је дубина варијала од 20 до 25 cm дубине. Локалитети са којих су узети узорци лоцирани су помоћу GPS уређаја (Слика 1). Узорци земљишта донесени са терена су сушени на собној температури у слоју дебљине 1 до 2 cm до ваздушно сувог стања.

Лабораторијска испитивања

Лабораторијска испитивања земљишта урађена су у Лабораторији за педологију и водни режим земљишта Пољопривредног факултета у Новом Саду.

Методе за одређивање физичких својстава земљишта

- Механички састав – одређен је пипет методом, а припрема узорка за анализу са Na пиррофосфатом по Thun-y;
- Одређивање текстурне класе – извршено је на основу класификације по Tommerup-y;
- Стабилност структурних агрегата (мокро просејавање) – по прилагођеној методи Елиота (Elliott, 1986);
- Средњи масени дијаметар (MWD) је израчунат на основу формуле (Hillel, 2003):

$$MWD = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

где је x_i средњи пречник класе стабилних агрегата (μm), а w_i масени проценат класе стабилних агрегата у односу на масу укупног узорка.

Методе за одређивање основних хемијских својстава земљишта

- рН вредност је одређена у суспензији земљишта са H_2O потенциометријски, помоћу рН-метра;
- рН вредност је одређена у суспензији земљишта са 1М КСI потенциометријски, помоћу рН-метра;
- Садржај $CaCO_3$ волуметријски, помоћу калциметра по Scheibler-у;
- Укупни C_{org} методом мокрог спаљивања (Tyurin, 1931) у модификацији (Simakov, 1957);
- Лакоприступачни фосфор (P_2O_5) одређен је екстракцијом са амонијум лактатом – AL методом;
- Лакоприступачни калијум (K_2O) одређен је екстракцијом са амонијум лактатом – AL методом;

Статистичка обрада података

Статистичка анализа података је урађена методом анализе варијансе (ANOVA). Фишеров НЗР тест (Fisher's LSD test) је коришћен за поређење средњих вредности испитиваних величина за $p < 0,05$ ниво значајности.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Механички састав

Механички састав земљишта један је од најважнијих показатеља којим се агрономи требају водити у циљу одабира агротехничких мера. Он је тај који одређује плодност земљишта. Од заступљености и односа механичких честица у земљишту зависе карактеристике водног, ваздушног, топлотног и хранидбеног режима земљишта, али и ниво органске материје у земљишту.

Резултати испитивања (Табела 1.) показују да се земљиште са испитиваних парцела карактерише нешто тежим механичким саставом где по класификацији Томтегур-а земљиште припада глиновитим иловачама и песковитим иловачама. На основу удела појединих фракција уочава се да је крупан песок заступљен од 0,60-5,60%, удео ситног песка је од 25,74-67,84%, удео праха 21,52-50,16%, удео глине креће се од 10,04-34,20%.

На основу анализе механичког састава уочава се да се узорци земљишта у значајној мери разликују по локалитетима, али и појединачним поређењем. Веће варирање је примећено код удела праха и ситног песка.

Табела 1 Механички састав и текстурна класа А, р хоризоната испитиваних типова земљишта

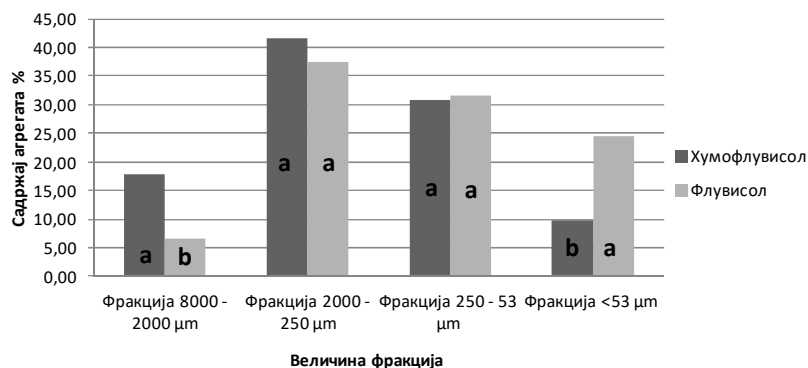
Бр. проф.	Тип земљишта	Крупан песок	Ситан песок	Праш	Глина	Текстурна класа по Томтегур-у
		2-0,2 mm	0,2-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm	
Садржај фракције%						
П1/1	хумофлувисол	1,30	32,46	50,16	16,08	праш.-глин. иловача
П2/19	хумофлувисол	4,30	25,74	35,76	34,20	иловаста глина
П3/24	хумофлувисол	0,60	67,84	21,52	10,04	ситно-песк. иловача
П4/14	флувисол	4,10	52,54	25,24	18,12	глиновита иловача
П5/17	флувисол	1,10	42,58	35,36	20,96	глиновита иловача
П6/35	флувисол	5,60	38,16	41,08	15,16	глиновита иловача

Структурна анализа земљишта

Са агрономског становишта структура има велики утицај на водни, ваздушни, топлотни режим на хемијске и биолошке особине земљишта, на пораст корена и погодност земљишта за обраду. Она је индикатор плодности земљишта и показатељ његове продуктивности. Одржавање повољне структуре земљишта има за циљ постизање високих и стабилних приноса биљака (Белић и сар., 2014.). У свим земљиштима у процесу педогенезе ствара се карактеристична структура која се при коришћењу земљишта у биљној производњи може погоршати или побољшати. У интензивној производњи може бити изложена негативном дејству механизације и атмосферализације што указује да дистрибуција структурних агрегата значајно зависи од типа земљишта, као и од начина његовог коришћења.

Мокро просејавање

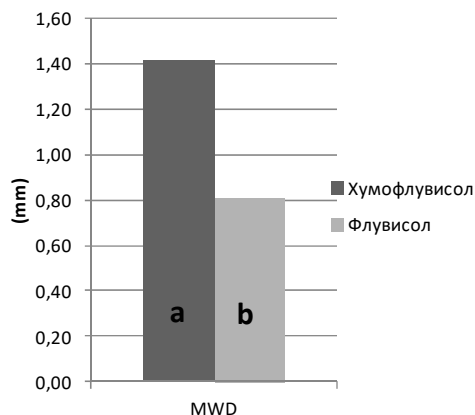
Резултати мокрог просејавања земљишта (графикон 1.) су показали да је најмање агрегата хумофлувисола добијено у фракцији $<53 \mu\text{m}$ (9,75 g), док је најмање агрегата флувисола добијено у фракцији 8000-2000 μm (6,62 g). Највећа заступљеност агрегата након мокрог просејавања слоја 0-30 cm је била код фракција 2000-250 μm код оба типа земљишта. Значајне разлике утврђене су код фракција 8000-2000 μm и $<53 \mu\text{m}$, док код остале две фракције нису утврђене значајне разлике.



Графикон 1. Стабилност структурних агрегата ораничног слоја хумофлувисола и флувисола. Различита слова означавају постојање значајних разлика између два типа земљишта у оквиру једне фракције агрегата.

Средњи масени дијаметар

Средњи масени дијаметар (MWD) се обично користи за изражавање стабилности агрегата јер указује на расподелу величине агрегата и у суштини је мера стабилности макроагрегата Средњи масени дијаметар представља добар показатељ промене стабилности структуре. Статистичком анализом вредности средњег масеног дијаметара MWD код типа земљишта хумофлувисол износи 1,42 mm што је значајно више него код типа флувисола 0,81mm, што указује на већи садржај крупнијих стабилних агрегата, односно већу отпорност на расплињавање у води агрегата хумофлувисола у односу на флувисол. Претпоставља се да је уочена доминација макроагрегата ($>250 \mu\text{m}$) код хумофлувисола последица утицаја органске материје на цементацију агрегата, док је код флувисола мање органске материје па самим тим и мање агрегата ($>250 \mu\text{m}$). Shein et al. (2005)



Графикон 2. Вредности средње масеног дијаметра (MWD). Различита слова означавају постојање значајних разлика између два типа земљишта.

Основна хемијска својства земљишта

Хемијска својства земљишта, директно и индиректно, одређују ниво и динамику органске материје земљишта. Због тога промене основних хемијских својстава земљишта су једна од најважнијих показатеља потенцијала за очување нивоа органског угљеника и стања у ком се земљиште налази. На основу добијених агрохемијских анализа (Табела 2.) видимо да је рН вредност од 6,57-7,31 код хумофлувисола, што значи да је земљиште неутрално до слабо алкално. Код флувисола рН се креће од 5,03-6,24, што значи да је земљиште кисело до слабо киселе реакције (рН у КСI). На основу садржаја СаСО₃, закључујемо да је земљиште бескарбонатно осим код два профила земљишта (п1/1, п3/24) где је земљиште слабо и средње карбонатно. Садржај хумуса варира од 1,94-4,37%.

На основу добијених резултата дошли смо до закључка да је код хумофлувисола заступљен већи садржај хумуса у односу на флувисол. Садржај азота се креће од 0,123-0,260 mg/100g. Код хумофлувисола садржај азота је од 0,153-0,260 mg/100g и земљиште је средње обезбеђености азотом, а код флувисола садржај азота је од 0,123-0,152 mg/100g и земљиште је средње обезбеђености азотом као и код хумофлувисола. Нешто већи садржај азота је код хумофлувисола него код флувисола. Садржај Р₂О₅ код испитиваних профила је јако варирао од 3,57-50,23 mg/100g. Код хумофлувисола садржај Р₂О₅ се креће од 7,81-39,24 mg/100g. Код профила п1/1 и п3/24 садржај Р₂О₅ је низак, а код профила п2/19 садржај Р₂О₅ је висок (претерано обезбеђен). Код флувисола садржај Р₂О₅ се креће од 3,57-50,23 mg/100g. Код профила п4/14 садржај Р₂О₅ је веома низак, код профила п5/17 је низак, а код профила п6/35 је штетан и треба изоставити ђубрење на дужи период

Садржај К₂О код испитиваних профила се креће од 2,60-22,78 mg/100g. Код хумофлувисола садржај К₂О је од 2,60-22,78 mg/100g. Код профила п1/1 садржај калијума је низак, код профила п2/19 садржај калијума је оптималан, а код профила п3/24 садржај калијума у земљишту је веома низак. Код флувисола садржај К₂О се креће у распону од 2,60-19,55 mg/100g. Код профила п4/14 садржај калијума у земљишту је веома низак, код профила п5/17 садржај калијума је низак а код профила п6/35 садржај калијума је оптималан, средње обезбеђен.

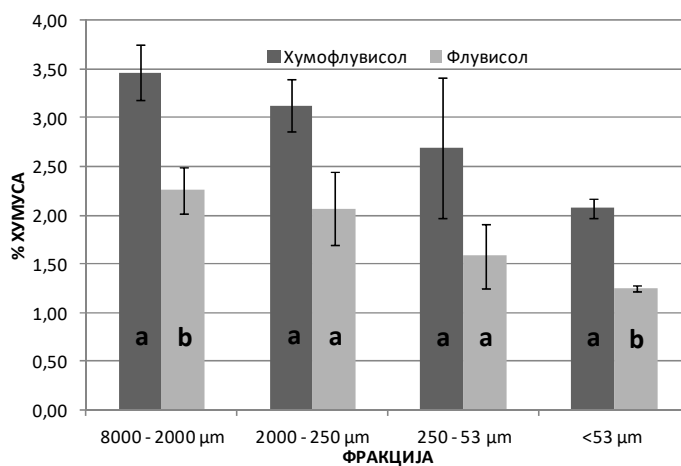
Табела 2. Основна хемијска својства А, р хоризоната испитиваних типова земљишта

Бр. проф.	Тип земљишта	pH	pH	CaCO ₃	Humus	Azot	P ₂ O ₅	K ₂ O
		H ₂ O	KCl	(%)	(%)	(%)	(mg/100g)	(mg/100g)
П1/1	хумофлувисол	8,23	7,31	2,76	4,11	0,260	9,86	9,86
П2/19	хумофлувисол	7,05	6,51	0,00	4,37	0,201	39,24	22,78
П3/24	хумофлувисол	7,45	6,57	2,63	3,51	0,153	7,81	2,60
П4/14	флувисол	5,93	5,03	0,00	1,94	0,123	3,57	2,60
П5/17	флувисол	6,71	5,28	0,00	2,27	0,13	6,58	7,44
П6/35	флувисол	7,04	6,24	1,01	2,42	0,152	50,23	19,55

Садржај органске материје (хумуса) у земљишту

Стабилност органске материје земљишта условљена је хемијском природом органске материје, а органска материја учествује у формирању стабилних структурних агрегата земљишта (Травникова et al., 2002) Испитивање садржаја органске материје по фракцијама (графикон 3.) показује да се у фракцијама величине 8000-2000 μm налази највећи садржај органске материје и да се са смањењем величине фракција смањује и њен садржај. Поређењем садржаја органске материје по фракцијама закључује се да је у свим фракцијама утврђен већи садржај органске материје хумофлувисола у односу на флувисол.

Анализа садржаја органске материје за фракцију величине 8000- 2000 μm , показује да садржај органске материје код хумофлувисола износи 3,46 %, док код флувисола садржај органске материје је 2,26%. Садржај органске материје за фракцију величине 2000-250 μm показује такође да је садржај органске материје већи код хумофлувисола, који износи 3,13%, него код флувисола код кога је садржај органске материје 2,07%. Садржај органске материје за фракцију величине 250-53 μm код флувисола износи 2,69% док је код флувисола садржај органске материје 1,58%. На основу анализе садржаја органске материје за фракцију < 53 μm , показује нам да је проценат органске материје већи код хумофлувисола који износи 2,07% док код флувисола износи 1,25%.



Графикон 3. Садржај хумуса по фракцијама земљишта. Вертикалне линије означавају стандардну грешку, а различита слова означавају постојање значајних разлика између садржаја хумуса у датој фракцији између два типа земљишта

ЗАКЉУЧАК

Поређењем земљишта хумофлувисола и флувисола на 6 различитих профила земљишта дошли смо до следећих закључака:

На испитиваним парцелама земљиште је нешто тежег механичког састава. По класификацији Томтегир-а земљиште припада глиновитим иловачама и песковитим иловачама.

Резултати мокрог просејавања земљишта су показали да је најмање агрегата добијено у најкрупнијој фракцији 8000-2000 μm и фракцији $<53 \mu\text{m}$, а највише код фракције 2000-250 μm . Узорци земљишта након мокрог просејавања показују да на пацелама хумофлувисола има више агрегата величине 8000-2000 μm и 2000-250 μm у односу на парцеле флувисола.

Основна хемијска својства су у већој мери била условљена локалитетом. Поређењем хумофлувисола и флувисола, утврђено је да је садржај органске материје знатно већи код хумофлувисола у односу на флувисол у свим фракцијама стабилних агрегата. На појединим испитиваним профилима земљишта садржај фосфора може ограничавати пољопривредну производњу док код калијума то није случај. Што се тиче азота у земљишту можемо рећи да је земљиште средње обезбеђености азотом код оба типа земљишта.

Анализа садржаја органске материје по фракцијама након мокрог просејавања показује да се у фракцијама величине 8000-2000 μm налази највећи садржај органске материје и да се са смањењем величине фракција смањује и њен садржај. Код хумофлувисола све фракције, у погледу садржаја хумуса припадју категорији умерено хумусних, док су код флувисола фракције од 8000-2000 μm и 2000-250 μm припадају умерено хумусним, док су фракције мање од 250 μm припадале категорији слабо хумусних.

Добијени резултати са испитиваних профила земљишта указују да су парцеле на којима је заступљен тип земљишта флувисол осетљивије на интензивну пољопривредну производњу у односу на оне на којима је заступљен хумофлувисол. Стога, неопходно је перманентно прилагођавање система производње земљишним ресурсима уз одабир одговарајућих оруђа за обраду и њубрива.

ЛИТЕРАТУРА

- Elliott, E. T. (1986). *Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils*. Soil Sci. Soc. Am. J. 50, 627–633
- Hillel, D. (2003). *Soil Structure and Aggregation*, in: Introduction to Environmental Soil Physics. Elsevier, Amsterdam, Netherlands., pp. 73–89. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-348655-4.X5000-X>
- Shein, E.V., Milanovsky, E., Yu, Tuygai, Z. N., Vasil'eva, N. A. (2005). *Waterstable chernozem structure degradation as a result of soil organic matter transformation: relation between hydrophobic and hydrophilic components*, Geophysical Research Abstracts, Vol. 7, 01192.
- Simakov, V. N. (1957). *The use of phenylanthranilic acid in the determination of humus by Tyurin's method*. Pochvovedenie, 8:72–73
- Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985). *Klasifikacija zemljišta Jugoslavije*, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Posebna izdanja knjiga LXXVIII, Odeljenje prirodnih i matematičkih nauka Knjiga 13, Sarajevo.
- Tjurin, I. V. (1931). *Novoe vidoizmenenie objomnovo metoda opredelenija gumusa s pomošču kromovoj kisloti*. Počvovedenie, Moskva.

- Travnikova, L. S., Titova, N. A., Kogw, B. M., Schulz, E., Korschens, M. (2002). *Evaluation of the different soil organic matter (som) pools stability in long-term field experiments of Germany by physical fractionation*. Archives of Agronomy and Soil Science, **48**: 565-576.
- Белић, М., Нешић, Љ., Ћирић, В. (2014). *Практикум из педологије*, Пољопривредни факултет, Нови Сад
- Белић, М., Нешић, Љ., Чирић, В., Бенка, П., Радовановић Д. (2019). *Утврђивање осетљивости земљишта на територији градова Лозница и Ваљево и општина Мионица, Лајковац и Коцељева на процес ацидификације у Републици Србији, са мерама за побољшања*, Елаборат, Нови Сад
- Благојевић, Љ. (2012). *Животна средина и здравље*, Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду, Ниш
- Вукдиновић, В., Вукадиновић, В. (2018). *Земљишни ресурси*, Пољопривредни факултет, Осиек
- Дугалић, Г., Гајић, Б. (2012). *Педологија*. Универзитет у Крагујевцу, Агрономски факултет, Чачак
- Ђорђевић, А., Радмановић, С. (2016). *Педологија*. Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Београд
- Миљковић, Н. (1996). *Основи педологије*, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Нови Сад
- Миљковић, Н. (2005). *Мелиоративна педологија*, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад
- Ћирић, М. (1991). *Педологија*. Завод за уџбенике и наставна средства, Сарајево

УПОТРЕБА ДОПУНСКИХ ПОДАТАКА ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ПРОЦЕСА ПРЕДВИЂАЊА ЗЕМЉИШНИХ СВОЈСТАВА У ПРЕЦИЗНОЈ ПОЉОПРИВРЕДИ

Марко Костић¹, Михајло Новковић¹

¹Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија

*аутор за контакт: marko.kostic@polj.uns.ac.rs

САЖЕТАК

Широким увођењем ГПС и ГИС технологије у пољопривреду отворило је врата новом начину прикупљања, обраде и анализе података. Паралелно са увођењем алата у прецизну пољопривреду, развијале су се технике које ће моћи да манипулишу геореференцираним подацима. У том смислу, главно помагало јесу геостатистички методи моделовања просторне структурности (кригинг/кокригинг) и међусобне повезаности мерења у функцији просторне дистанце. У овом раду циљ је био да се сагледа могућност унапређења просторног предвиђања земљишног својстава које је оцењено из релативно малог узорка по стандардној лабораторијској методи коришћењем допунске променљиве добијене блиском детекцијом са великом просторном резолуцијом. Мерење је обављено на пролеће 2021. године на земљишту типа карбонатни чернозем. Садржај глине процењен је из 13 узорака узетих у различитим локацијама према претходно утврђеним производним зонама. Електромагнетна проводљивост је мерена у ходу и добијен је скуп од 3300 података. За интерполацију података коришћена је техника кригинг и више факторијални кокригинг. На основу резултата може се закључити да је кокригинг интерполација допринела одређеном побољшању квалитета предвиђања параметра садржаја глине. Прменом кокригинг интерполације смањена је просечна грешка предвиђања са 1,08 на 0,88 што одговара релативном смањењу од око 10%. Такође, на основу оценитеља RMSStE може се констатовати да је кокригинг модел (RMSStE=0,92) ближи идеалној вредности 1 у односу на основни кригинг (RMSStE=0,57) за садржај глине, чиме је остварен помак ка непристрасности модела са коришћењем одатне променљиве.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: кригинг; кокригинг; мапирање; земљиште

УВОД И ЦИЉЕВИ

Геостатистика је грана статистике која се користи за извођење просторног предвиђања када су доступни геопросторни подаци (регионализоване променљиве) који се односе на једно или више својстава (Oliver и Webster, 2014). Кригинг и кокригинг су технике које се користе за предвиђање у геостатистици (познате и као просторна статистика). Ове технике су генерализовани облици једнофакторијалних и више факторијалних модела линеарне регресије заснованих на геореференцираним подацима, који често имају просторну зависност. Геостатистика се користи у многим областима, као што су екологија, геологија, метеорологија, рударство и пољопривреда. У неким применама ових области, вишеструке променљиве се мере на свакој локацији региона од интереса. На пример, у пољопривреди када се ради узорковање земљишта, најчешће се добијају подаци о садржају неколико основних хемијских једињења која биљка најинтензивније усваја (K_2O , P_2O_5 , NO_3^-/NH_4^+), рН реакцији, садржају органске материје, итд. Често постоје два или више процеса који диктирају просторну дистрибуцију одређене појаве. На пример, биомаса може бити повезана са надморском висином и влагом у земљишту. Ако је овај однос познат, могуће је користити кокригинг за предвиђање биомасе на основу података о надморској висини или влажности. Могу се користити измерене вредности биомасе као први скуп података, надморску висину као други сет података, а влажност земљишта као трећи скуп података. Могуће је уклопити различите моделе вариограма у сваки скуп података јер сваки од поменутих скупова показује другачију просторну структуру. На пример, сферни модел би могао најбоље одговарати надморској висини, експоненцијални модел би могао најбоље одговарати влажности земљишта, а комбинација модела би могла најбоље одговарати биомаси. Модел се затим могу комбиновати на

начин који најбоље одговара структури података. Међутим, понекад не познајемо узрочне везе фактора који одређују просторну структуру неке појаве. Претпоставимо да постоје две различите структуре у подацима и да их један модел неће добро описати. Може се моделирати вариограм са два одвојена модела (нпр. сферни и експоненцијални) и комбиновати их у један модел. Кокригинг користи информације о неколико типова променљивих. Главна променљива од интереса је Z_1 , а аутокорејација за Z_1 и унакрсне корелације између Z_1 и свих осталих типова променљивих се користе за боља предвиђања. Кокригинг захтева много више процена, што укључује процену аутокорејације за сваку променљиву, као и све унакрсне корелације. Теоретски, не може се остварити лошији резултат од кригинга заснованог на једној променљивој, јер, ако не постоји унакрсна корелација између основног и додатног скупа података, може се искористити аутокорејација за основни скуп. Међутим, сваким проширивањем скупа података када се процењују параметри аутокорејације, уноси већу варијабилност модела, тако да добитак у прецизности предвиђања можда неће бити на очекиваном нивоу. Кокригинг геостатистички метод интерполације омогућава укључивање секундарне променљиве у процес мапирања земљишта у циљу поузданијег предвиђања примарне променљиве за коју постоји мали број узорака. Мали број узорака примарне променљиве може бити последица скупе или дуготрајне процедуре која захтева ангажовање обимних финансијских или људских ресурса. Претпоставка је да ако постоји одређена релација односа између примарне и секундарне променљиве, тада се секундарна за коју имамо довољан број просторних узорака може искористити за боље процењивање примарног параметра у деловима где је изостало узорковање. Досадашња пракса узимања малог броја узорака (нпр. 1 узорак по хектару) има своју економску позадину, међутим то нема никакве везе са решавањем проблема варијабилности у пољу (Godwin и Miller 2003). Додатни подаци који се могу добити у великом броју за релативно мале трошкове и кратко време, а на располагању пољопривредницима су: електрична проводљивости (EC_a), слике добијене даљинским снимањем, подаци са монитора приноса, механички отпор земљишта и дигитални модел висина (DEM). Goovaerts (1997) је у својим радовима описао све технике укључивања секундарне променљиве у ординарни кригинг, односно кокригинг технику. Ова техника је широко прихваћена у области прецизне пољопривреде. На пример, Dobermann и Ping (2004) су поредили тежину различитих техника за унапређење мапа приноса употребом информација са даљински снимљених фотографија. Ge et al. (2007) су проучавали регресиони кригинг са видљивим и инфрацрвеним спектром ради процене особина земљишта. Регресиони кригинг су употребљавали Kravchenko et al. (2005) са топографским подацима и подацима о приносу ради унапређења процеса предвиђања угљеника у земљишту. Triantafyllis et al. (2001) су применили кокригинг и податке електричне проводљивости ради процене салинитета земљишта. Lesch и Corwin (2008) су комбиновали електричну проводљивост и даљински снимљене фотографије ради бољег предвиђања карактеристика земљишта. Baxter и Oliver (2005) су користећи регресиони кригинг са подацима о висини терена унапредили предикцију садржаја азота у земљишту. Vitharana et al. (2006) су користећи кокригинг за унапређење процеса мапирања карактеристика земљишта комбиновали податке електричне проводности и информације о терену. Циљ ове студије био је да се сагледа могућност унапређења просторног предвиђања земљишног својстава које је оцењено из релативно малог узорка по стандардној лабораторијској методи коришћењем допунске променљиве добијене блиском детекцијом са великом просторном резолуцијом.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД

Поставка експеримента

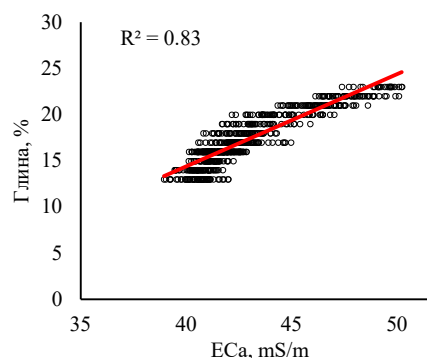
Теренско мерење је спроведено 2021. године на приватном газдинству на земљишту типа карбонатни чернозем, лоцирано у северном делу Републике Србије (географска локација: 45°34'24.67"N, 19°50' 36,72"E). Ова врста земљишта има укупну порозност од 50%, са 20% макропора и 30% микропора. Изабрана парцела се користи за конвенционалну производњу ратарских усева у плодосмени пшеница–кукуруз–соја. Мерење електромагнетне проводљивости (EC_a) земљишта је обављено 7 дана након сетве меркантилног кукуруза помоћу сонде EM-38 MK2 (Geonics Ltd., Mississauga, Ont., Kanada, слика 1). EC_a снимање је обављено ради

одређивање зона продуктивности земљишта и накнадно планирање узорковања. Одређивање локације и елевације је обављено помоћу ДГПС пријемника који је био прикачен на сонду EM38. Узимање узорака земљишта је одложено 14 дана након снимања ЕСа. Да би се проценила текстура и текстурни садржај, узорци земљишта су ископани на 13 локација које су позициониране у центру сваке од продуктивних зона. Растојање између локација узорковања земљишта је од 20 до 30 m, док је у случају мерења ЕСа то износило од 1 до 2 m, што се може уочити на Слика а,б.

На основу узорака одређени су садржаји механичких честица и органске материје. Пипет метода (Glinski et al. 2011) коришћена је за одређивање текстуре земљишта из поремећених узорака земљишта. Процент механичких компоненти земљишта је одређен на основу Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service ("Soil Texture Calculator | NRCS Soils," n.d.). Према USDA-NRCS земљиште са огледног поља је подељено у две категорије, претежно глинена иловача и мањи део иловача, на основу процента механичких компоненти земљишта. У овој студији биће разматрани само подаци о садржају глине и евентуалним могућностима за унапређење просторног предвиђања коришћењем допунске променљиве ЕСа.



Слика 1. Сонда Geonics EM-38 MK2
(www.geonics.com)



Слика 2. Корелација између текстурне особине земљишта и ел. магнетне проводљивости

За предвиђање просторне расподеле помоћне променљиве коришћена је кригинг интерполација (слика 3в,д). Из интерполираних вредности примарне и помоћне променљиве одабрани су подаци у заједничким локацијама претходно формиране правилне мреже са густином од 2×2 m (1000 тачака), које су коришћене у одређивању међусобне корелације.

Електромагнетна проводљивост земљишта је комплексна вредност на коју утичу садржај глине и органске материје у земљишту (СОМ), збијеност земљишта, салинитет земљишта, садржај воде у земљишту, величина пора и температура земљишта. Добро је познато да садржај глине у земљишту и СОМ су важни параметри плодности земљишта, сходно томе мерење ЕСа земљишта представља штироко распрострањену методу за процену просторне хетерогености земљишта. Очитавања сензора су апсолутне вредности изражене у mSm^{-1} које имају малу апсолутну информациону вредности због сложених утицаја састојака у земљишту на интерференцију повратних таласа који се претварају у нумеричке вредности, стога је калибрација уређаја изузетно значајна са аспекта превођења података у информације. ЕСа мапе су корисне за описивање односа између рељефа и унутрашње структуре земљишта. Дубина скенирања ЕСа сонде је између 30 и 300 cm. ЕСа снимак представља кумулативну проводљивост свих слојева и не објашњава стање одређеног слоја.

Теоретске поставке кокригинга

Експериментални вариограм, $\hat{\gamma}_Z(h)$ од атрибута Z (примарна варијабила) за дати вектор растојања h је процењен према (Oliver, 2010) као:

$$\hat{\gamma}_Z(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{\alpha=1}^{N(h)} [z(u_\alpha) - z(u_\alpha + h)]^2,$$

где је $N(h)$ број парова података у класи растојања и правца за коришћени вектор растојања h .

Заједничка варијација између примарне и секундарне варијабиле Z и Y може се окарактерисати помоћу експерименталног унакрсног вариограма као:

$$\hat{\gamma}_{ZY}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{\alpha=1}^{N(h)} [z(u_\alpha) - z(u_\alpha + h)][y(u_\alpha) - y(u_\alpha + h)].$$

Да би се израчунао унакрсни вариограм морају постојати локације где су обе променљиве измерене. Ако се обе променљиве позитивно просторно односе, повећање вредности Z од u_α до $u_\alpha + h$ има тенденцију да одговара повећању променљиве Y . Супротно томе, негативна корелација између атрибута ће услед повећања променљиве Z изазвати смањење променљиве Y . Моделовање просторних односа између променљивих Z и Y подразумева одабир и фитовање функције за два вариограма $\hat{\gamma}_Z(h)$ и $\hat{\gamma}_Y(h)$ и унакрсног вариограма за $\hat{\gamma}_{ZY}(h)$. Та три модела не могу бити фитована независно један од другог.

Један од начина да се укључе секундарне променљиве је употреба вишепроменљивог кригинга познат као кокригинг. Код најједноставнијег случаја једноструке секундарне променљиве Y , процена ординарног кокригинг-а је исписана као линеарна комбинација суседних примарних и секундарних података:

$$z_{CK}^*(u) = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha(u) z(u_\alpha) + \sum_{\alpha'}^m \lambda_{\alpha'}(u) y(u_{\alpha'}),$$

где неке од секундарних података могу бити измерене на другачијим локалитетима $u_{\alpha'}$. Као и за ординарни кригинг, циљ је минимизирати грешку варијансе у оквиру непристрасних ограничења која даје систем линеарних једначина:

$$\sum_{\beta=1}^n \lambda_\beta(u) C_Z(u_\alpha + u_\beta) + \sum_{\beta'=1}^m \lambda_{\beta'}(u) C_{ZY}(u_\alpha + u_{\beta'}) + \mu_Z(u)$$

$$= C_Z(u_\alpha + u) \quad \alpha = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{\beta=1}^n \lambda_\beta(u) C_{YZ}(u_\alpha + u_\beta) + \sum_{\beta'=1}^m \lambda_{\beta'}(u) C_Y(u_\alpha + u_{\beta'}) + \mu_Y(u)$$

$$= C_{YZ}(u_\alpha + u) \quad \alpha = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{\beta=1}^n \lambda_\beta(u) = 1$$

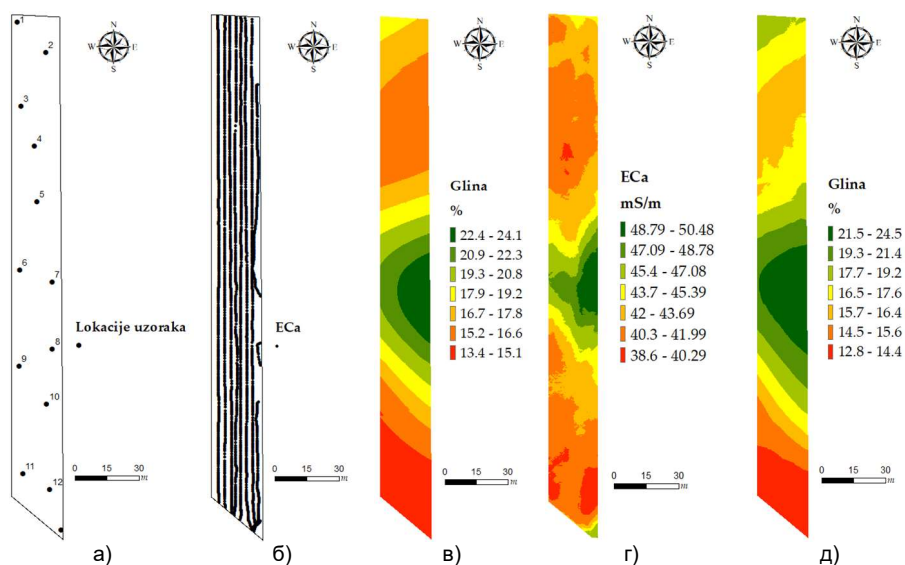
$$\sum_{\beta=1}^m \lambda_{\beta}(u) = 0.$$

Два Лангранжова параметра $\mu_Z(u)$ и $\mu_Y(u)$ служе за израчунавање граничних вредности примарне и секундарне променљиве.

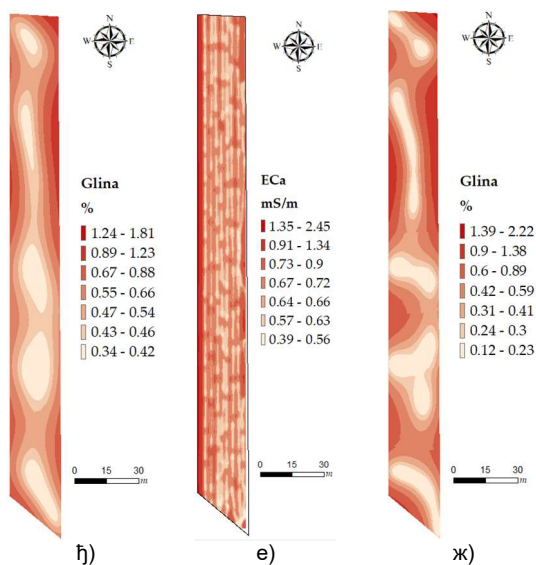
Примена кокригинг-а са N_v секундарне променљиве захтева процену и моделовање (N_v+1) $(N_v+2)/2$ директног и унакрсног вариограма. Мање захтеван приступ у моделовању вариограма је да се користи секундарна информација за процену локалне средње вредности примарне променљиве Z (нпр. применом линеарне регресије), а након тога уради кригинг одговарајућих остатака. Насупрот приступу који има кокригинг, потребан је само један процењени вариограм без обзира на број секундарних променљивих. Свакако, допунске променљиве морају бити познате на свим локацијама за које су познате вредности примарне променљиве. Уколико секундарне променљиве нису узорковане у великом броју, то се може превазићи интерполацијом секундарних променљивих за недостајуће локације.

РЕЗУЛТАТИ И ЗАКЉУЧЦИ

Са слике 2 се уочава снажна корелација ($R^2=0,83$) између елекромагнетне проводљивости и садржаја глине у земљишту, што је дало добру основу за примену кокригинг технике интерполације у предвиђању просторне расподеле садржаја глине. Исто се може закључити и на основу визуелног прегледа просторних мапа (слика 3в,г) с тим што се не може квантитативно изразити на такав начин. На обе мапе уочава се карактеристична просторна расподела у којој је на средишту парцеле концентришу веће вредности, док се на јужној страни налазе зоне са најнижим вредностима, док су на северу такође присутне доминантно ниже предвиђене вредности. Основна разлика између мапе глине и ЕСа је у величини и просторној резолуцији зона, што сугерише да је у случају интензивнијег узорковања добијен бољи увид у просторну различитост земљишта по питању ел. магнетне проводљивости.

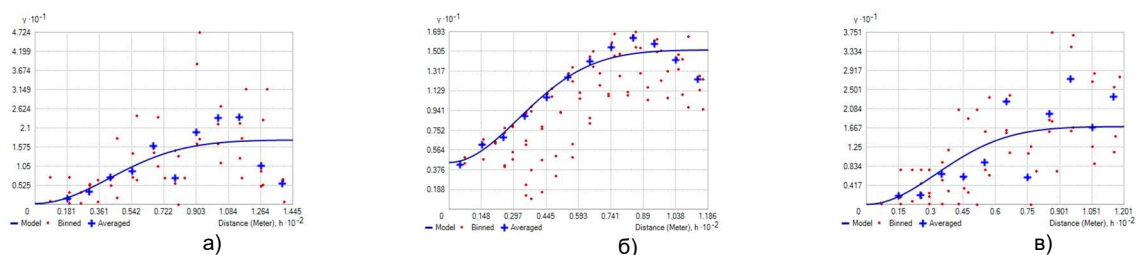


Слика 3. Локације (13 узорака) у којима је одређен садржај fine фракције земљишта (глина) као примарне променљиве (а); локације мерења (3300 података) допунске променљиве ЕСа (б); (в) кригинг мапа примарне променљиве; (г) кригинг мапа допунске променљиве; (д) кокригинг мапа основне променљиве уз коришћење допунске променљиве; (ђ) мапа стандардне грешке кригинг предвиђања примарне променљиве; (е) мапа стандардне грешке кригинг предвиђања допунске променљиве; (ж) мапа стандардне грешке предвиђања кокригинг интерполације



На слици 3 дате су мапе просторне расподеле грешке предвиђања сваке од извршених интерполација. Уочљиво је да процене грешке предвиђања најмање грешке управо на местима где је обављена опсервација, ако то не мора бити генерално правило. Свакако, то зависи од шеме и густине узорака у простору и примењене технике интерполације. Ако се пореде мапе предвиђања грешке у процени просторне расподеле глине применом обичног кригинга (слика 3ђ) и кокригинга (слика 3ж), може се закључити да су просторне расподеле грешака у предвиђању сличне али да постоје уочљиве разлике. Овај вид приказа перформанси интерполације је употребљив како би се просторно анализирао квалитет добијених вредности, али и ако постоји потреба да се ураде додатне опсервације на местима где постоји повишена грешка.

Изведени вариограми приказани су на слици 4 где су експериментални вариограми представљени црвеним тачкама и плавим крстићима, а моделовани помоћу плаве пуне линије. Параметри вариограма су дати у табели 1.



Слика 4. Вариограми за податке садржаја глине (а), ел. магнетна проводљивост (б) и комбиновани вариограм за податке садржаја глине уз коришћење ел. магнетне проводљивости као допунске променљиве (в)

Из табеле 1 видљиви су елементи вариограма. У сва три случаја коришћен је „Stable“ модел без претходне трансформације података. Највећа почетна варијанса вариограма добијена је у случају ЕСа (4,46) док је најмања код кокригинг вариограма (0,04). Евидентно да је почетно одступање резултат велике густине података која најчешће узрокује варијабилности на малим растојањима. Увођење додатне променљиве код моделовања садржаја глине, умањило је вредност прага и домета просторне аутокорељације у односу на кригинг модел. ЕСа кригинг вариограм показује умерену просторну структуру с обзиром да је око 30% варијансе почетна (nugget) варијанса. У случају остала два вариограма, поменута структурност је значајно израженија (почетна варијанса <10% удела у прагу вариограма). Резултати унакрсне валидације за различите методе и комбинације помоћних података дати су у табели 1. Параметар средње квадратне грешке (RMSE)

је коришћен као критеријум у избору одговарајућег модела. Према овом параметру може се закључити да је кокригинг интерполација допринела одређеном побољшању квалитета предвиђања параметра садржаја глине. Применом кокригинг интерполације смањена је просечна грешка предвиђања са 1,08 на 0,88 што одговара релативном смањењу од око 10%. Такође, на основу оценитеља RMSStE може се констатовати да је кокригинг модел (RMSStE=0,92) ближи идеалној вредности 1 у односу на основни кригинг (RMSStE=0,57) за садржај глине, чиме је остварен помак ка непристрасности модела са коришћењем додатне променљиве.

Табела 1. Елементи вариограма са дијагностичким оценитељима предвиђања

	Глина – крґ.	ЕСа – кригинг	Глина – кокрг.
Тип модела	Stable	Stable	Stable
Бр. Узорака	13	3300	13
Почетна варијанса	0,26	4,46	0,04
Праг	17,4	10,7	17,4
Домет	101,5	79,4	82,4
Просечна грешка	0,012	-0,001	0,1
Корен кв. грешке (RMSE)	1,08	1,11	0,88
Норм. просечна грешка	0,01	-0,001	0,054
RMSE – стандардизовано	0,57	0,59	0,92
Просечна ст. грешка	1,26	1,87	1,49

ЛИТЕРАТУРА

Baxter, S.J., Oliver, M.A., 2005. The spatial prediction of soil mineral N and potentially available N using elevation. *Geoderma, Pedometrics* 2003 128, 325–339. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.04.013>

Dobermann, A., Ping, J.L., 2004. Geostatistical Integration of Yield Monitor Data and Remote Sensing Improves Yield Maps. *Agronomy Journal* 96, 285–297. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.2850>

Ge, Y., Thomasson, J., Morgan, C., Searcy, S., 2007. VNIR Diffuse Reflectance Spectroscopy for Agricultural Soil Property Determination Based on Regression-Kriging. *Transactions of the ASABE* 50. <https://doi.org/10.13031/2013.23122>

Godwin, R., Miller, P., 2003. A Review of the Technologies for Mapping Within-field Variability. *Biosystems Engineering* 84, 393–407. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(02\)00283-0](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(02)00283-0)

Goovaerts, P., 1997. *Geostatistics for natural resources evaluation*. Oxford University Press, New York.

Kravchenko, A.N., Robertson, G.P., Thelen, K.D., Harwood, R.R., 2005. Management, Topographical, and Weather Effects on Spatial Variability of Crop Grain Yields. *Agron. J.* 97, 514–523. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0514>

Lesch, S.M., Corwin, D.L., 2008. Prediction of spatial soil property information from ancillary sensor data using ordinary linear regression: Model derivations, residual assumptions and model validation tests. *Geoderma* 148, 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.09.014>

Oliver, M.A. (Ed.), 2010. *Geostatistical Applications for Precision Agriculture*. Springer Netherlands, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9133-8>

Oliver, M.A., Webster, R., 2014. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. *CATENA* 113, 56–69. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.09.006>

Soil Texture Calculator | NRCS Soils [WWW Document], n.d. URL https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167 (accessed 1.13.22).

Triantafyllis, J., Odeh, I. o. a., McBratney, A. b., 2001. Five Geostatistical Models to Predict Soil Salinity from Electromagnetic Induction Data Across Irrigated Cotton. *Soil Science Society of America Journal* 65, 869–878. <https://doi.org/10.2136/sssaj2001.653869x>

Vitharana, U.W.A., Van Meirvenne, M., Cockx, L., Bourgeois, J., 2006. Identifying potential management zones in a layered soil using several sources of ancillary information: Management zones in a layered soil. *Soil Use and Management* 22, 405–413. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2006.00052.x>

ПРЕДНОСТИ ПРИМЕНЕ ПРЕНОСИВОГ ГИС-А ПРИ ТЕРЕНСКИМ ИСТРАЖИВАЊИМА – "ЏЕПНИ ГИС"

Павел Бенка^{1*}, Јасна Грабић¹

¹ Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за уређење вода, Нови Сад, Србија

*аутор за контакт: pavel.benka@polj.uns.ac.rs

САЖЕТАК

У данашње време истраживања везана за земљиште су готово незамислива без примене географских информационих система (ГИС). Применом ГИС-а се прикупљени подаци о земљишту могу једнозначно просторно дефинисати. Овако дефинисани подаци омогућују анализе просторне распрострањености особина земљишта, картографске приказе и друге просторне анализе. Када се формира једна просторна база података о земљишту, многе активности су везане за теренски рад. Уобичајено је да се прикупљени подаци о земљишту и њихова позиција података обично забележи у неком привременом облику, често писањем на папиру, док се касније ови подаци уносе у ГИС базе података. Овакав начин регистровања података често може да доведе до погрешних података. У овом раду је представљена могућност директног уписивања података у припремљену базу података путем апликације на паметном андроид уређају. Апликације које су представљене (Input и QField), представљају прилагођену верзију популарног ГИС пакета QGIS. Мобилне апликације омогућују прихват различитих података, који су унапред дефинисани. Уколико се користи клауд смештање података, применом андроид апликације могуће је одмах након уноса података на терену, у следећем тренутку прикупљене податке користити у QGIS апликацији на персоналном рачунару на удаљеној локацији. Предност примене оваквог решења се огледа у могућности бележења разних типова податка (бројеви, текст или фотографија) у унапред изабраном формату и у дефинисаним опсезима, чиме се избегавају грешке које настају у преписивању прикупљених података. Искуство при преузимању и хармонизацији података говори да овај проблем не треба занемаривати, те је потпуно оправдано коришћење „џепног ГИС-а“.

УВОД

Од времена настанка географских информационих система, шездесетих година двадесетог века, од огромних рачунарских система са специфичним хардверским уређајима, које је користио мали број специфично обучених људи, у данашње време се географски информациони систем (ГИС) користи свакодневно, на различитим, лако доступним уређајима, од стране људи који немају посебну обуку за коришћење ГИС. Једна од првих намена ГИС јесте било инвентарисање природних ресурса, и тако је остало до данас. Пример за такву примену ГИС-а је Canada Land Inventory – CLI креиран шездесетих година прошлог века. Евидентирање података о земљишту, као једном од важних природних ресурса, који су просторно дефинисани, у данашње време је незамисливо без примене ГИС-а. Географски информациони систем је компјутерски систем који замишљен да служи за прикупљање, обраду, чување, анализу и презентацију информација који су просторно дефинисани. Један ГИС чине следеће компоненте: хардвер, софтвер, подаци, корисници и методе (Kanickara, 2018). Формирање базе података једног ГИС-а често подразумева обиман теренски рад, где се бележе потребни подаци уз истовремено одређивање позиције за које се везују прикупљени подаци.

ПРИКУПЉАЊЕ ПОДАТАКА

При градњи геопросторне базе података једног ГИС, унос података у базу података често се врши тако да се припреме подаци које је потребно унети. До података се може доћи коришћењем или обрадом раније прикупљених података, који могу бити у облику табеларних података, папирних карата или већ формираних ГИС база података. Други начин јесте унос података који су прикупљени односно регистровани на терену. Приликом прикупљања података на терену за

потребе уноса у један ГИС, неопходно је прикупљеним подацима придружити место, на који се подаци односе. Подаци се могу просторно дефинисати на више начина као што су: везивање просторних података за катастарску парцелу (број парцеле), читавање позиције (координата) са катастарског плана или топографске карте, читавање позиције (координата) путем ручног GNSS (eng. Global Navigation Sattelite System – GNSS) пријемника, читавање позиције помоћу паметног уређаја (телефон или таблет) или помоћу специјализованог GNSS пријемника (тзв. GIS GNSS пријемник).

У одговарајућу табелу геопросторне базе података подаци се могу уносити директно на терену, али је најчешћи случај да се подаци на терену ручно уписују на папир или у неке унапред припремљене обрасце. Тако припремљени подаци се онда у канцеларији припремају да буду у дигиталној форми, у неком уређеном текстуалном запису или у табеларној форми, који су погодни за увоз у одговарајућу базу података или се укуцавају директно у одговарајућа поља табеле неке базе података. Са сваким преписивањем података расте могућност грешке у преписивању, услед погрешно прочитаног податка, погрешно укуцаног податка, пермутације или понављања бројева и знакова и слично. Посебан проблем може бити приликом уношења локације, уколико онај који уписује податке није сигуран у каквом облику су дате координате, које је потребно записати. Уколико су у питању координате на елипсоиду (геодетска ширина и геодетска дужина), које су углови, вредности координате се обично изражавају у лучним степенима, али мање вредности од једног степена могу бити изражене и у минутима и секундама или као децимални део степена. Међутим, када је GNSS пријемник тако подешен, или се координате читавају са карте, координате могу бити дате у пројекцији, најчешће у Гаус Кригеровој пројекцији.

Како би се смањила могућност појаве грешке при уносу, може да се у пољу за унос вредности дефинише тип податка и постави опсег вредности које могу да се уносе, и на тај начин се спречава да се грешком унесу нелогичне вредности. Међутим, најбоље је да се вредности у базу уносе са што мање преписивања, односно директно на терену, при чему је најбоља опција да се просторна дефиниција (координате) унесе аутоматски са неког интегрисаног GNSS пријемника.

МОГУЋНОСТИ УНОШЕЊА ПОДАТАКА НА ТЕРЕНУ

Програми који баратају ГИС подацима могу да се извршавају на различитим хардверским платформама. С обзиром да се у оквиру ових програма тражи просторни приказ, за такву намену су често погодни персонални рачунари са великим мониторима. Међутим, таква конфигурација из више разлога није погодна за употребу на терену. Чак и преносни – лаптоп рачунари траже неку подлогу на коме ће у току рада да стоји, и имају ограничену употребу због ограниченог века трајања батерије, која често није довољна за целодневни рад на терену. Употреба лаптоп рачунара за унос података у ГИС базе је ограничена и чињеницом да стандардни лаптоп рачунари немају интегрисан GNSS пријемник, па би просторна дефиниција морала да се преузме са неког додатног GNSS пријемника.

За прикупљање података на терену и њихово регистровање у ГИС формату, специјализоване компаније нуде посебне уређаје, тзв. GIS GNSS пријемник. Овај уређај садржи рачунар на коме се извршава специјализовани софтвер и у уређај је интегрисан GNSS пријемник. Софтвер који се извршава на овом уређају је прилагођен самом уређају – величини екрана, уноса преко тастатуре или екрана осетљивог на додир и самом раду на терену. Уграђени GNSS пријемник често има могућност преузимања корекција, чиме се повећава тачност регистровања позиције. Пренос прикупљених података са овог уређаја на десктоп персонални рачунар се може извршити било пребацивањем на меморијску картицу, било бежично или чак у тренутку мерења, путем интернета. Као недостатак ових уређаја би се могла навести цена која је код ових уређаја обично висока.

Уношење података у ГИС базу података се успешно може остварити и употребом паметних уређаја - мобилних телефона или таблета. Ови уређаји су широко распрострањени као што је и широка лепеза њихове примене – комуницирање, приступ интернету, фотографисање, слушање музике итд. У данашње време су мобилни уређаји опремљени снажним процесорима, довољним меморијским простором, брзом везом према интернету, GNSS пријемником и другим сензорима. Тако су за ове хардверске платформе развијене апликације (програми) који омогућују преглед или уношење података у ГИС базама података. Интегрисани GNSS пријемник може послужити за аутоматску регистрацију позиције. Као недостатак примене паметних уређаја уместо специјализованих уређаја за прикупљање ГИС података се може истаћи немогућност урачунавања

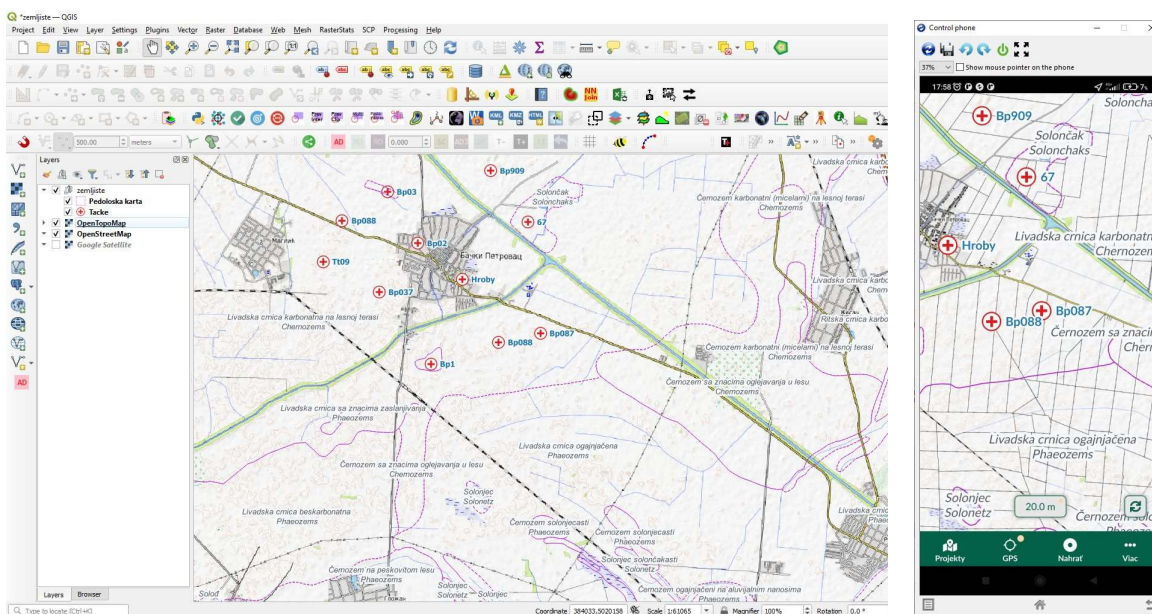
корекција за GNSS мерења а самим тим нижу тачност позиционирања. Предност је велико присуство ових уређаја, који се инсталацијом одговарајуће апликације претварају у ГИС апликације за примену на терену.

ПРИМЕРИ КОРИШЋЕЊА ПАМЕТНОГ УРЕЂАЈА ЗА ПРИКУПЉАЊЕ ГИС ПОДАТАКА

У овом раду су за пример узете две апликације које су предвиђене за Android оперативни систем на паметном уређају. Апликације су изворно везане за QGIS апликацију за десктоп рачунаре, која може да се извршава на различитим оперативним системима, међутим формат прикупљених података је стандардизован, тако да употреба прикупљених података није ограничена на QGIS и није потребна никаква конверзија за коришћење у другим ГИС софтверима (нпр. ArcGIS).

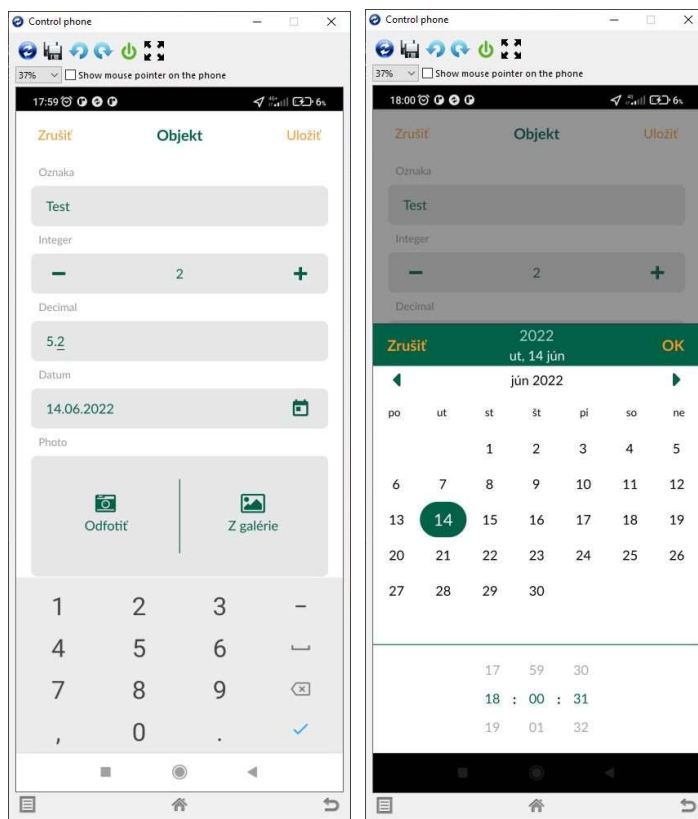
АПЛИКАЦИЈА MERGIN MAPS INPUT

Ова апликација је развијена за паметне уређаје са Android и iOS оперативним системима. За коришћење ове апликације на терену, за прикупљање ГИС података (тачака, линија или полигона) и уношење података у атрибутну табелу, потребно је на десктоп рачунару, у QGIS апликацији припремити пројекат. У пројекат се укључе потребни слојеви који могу бити или векторски, растерски или неки који се преузимају са јавних сервера. Погодно је укључити један или више слојева које служе као позадина који могу бити са јавних сервера као што су google satellite, google maps, openstreetmaps и слично. Такође могу се укључити и властити подаци, ако што је у приказаном примеру укључена дигитализована педолошка карта. Потребно је унети и слој који ће се дефинисати на терену. У оквиру припреме, у пројекту се могу дефинисати стилови приказа за сваки слој а могу се дефинисати и теме помоћу којих се мењају стилови за више слојева одједном, у зависности од потреба на терену. Везано за слој који ће се мењати на терену (уносити нови елементи и уносити вредности у атрибутну табелу), за сваку колону у атрибутној табели се може дефинисати облик података који могу да се унесе (опсези података, предефинисане листе података који могу да се унесу итд.), што може бити заштита од погрешног уноса података. Овако припремљен пројекат се онда преноси на паметни уређај.



Слика 1. Упоредни приказ истог пројекта у радном окружењу QGIS (лево) и Merjin Maps Input (десно)

На терену се на месту за које прикупљамо податке покрене апликација, и покрене се поступак уношења новог елемента. Путем уграђеног GNSS уређаја се региструје позиција, и након тога се отвара маска у коју се уносе тражени подаци. Уколико су дефинисани облик и опсеги података, у одређено поље се не може унети нешто што није дефинисано. Осим стандардних облика података (бројева, текстуалног записа, датума), могуће је за сваки унети елемент унети и фотографију. Апликација има и опцију да корисника доведе на тачку која је претходно дефинисана путем својих координата. Апликација такође нуди и подршку за прикључивање спољног GNSS пријемника који може примати корекције и тако дати прецизнију просторну дефиницију.



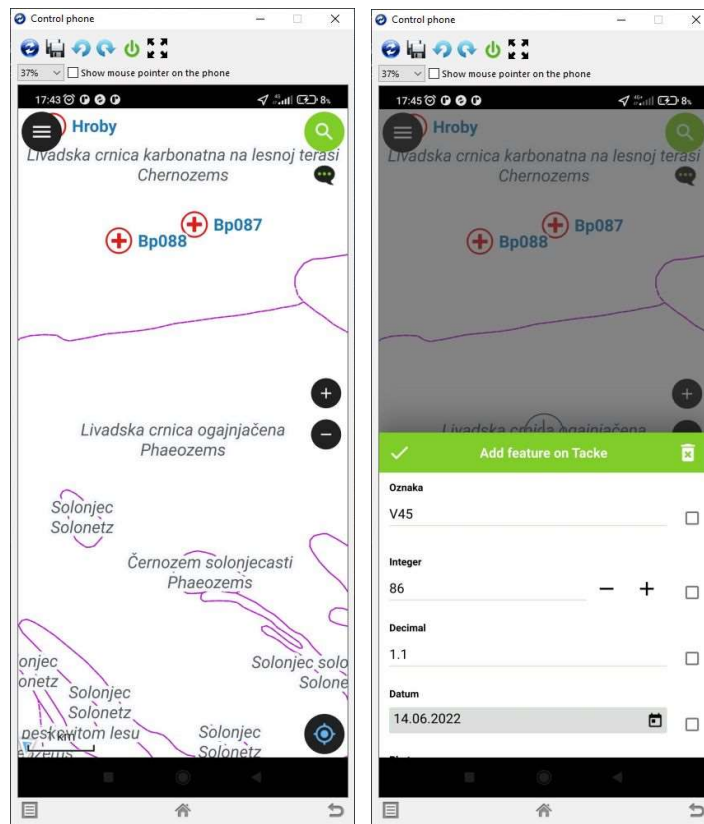
Слика 2. Пример дефинисане форме за унос података у апликацији Mergin Maps Input

Након завршеног прикупљања података, ГИС подаци се пребацују на десктоп рачунар, где се даље могу обрађивати, без икакве даље конверзије података. Апликација омогућује везу са QGIS инсталисаним на десктоп рачунару путем клауда (Mergin Maps Cloud), где се након синхронизације на једној и другој страни добијају ажурирани подаци. Наравно, за ово је потребан приступ интернету и десктоп рачунару и паметном уређају.

Апликација је бесплатна и отвореног је кода. Коришћење клауда за синхронизацију је ограничено. Ипак, за потребе едукације и научних истраживања може се бесплатно добити 100 MB простора, док се за комерцијалну употребу може закупити простор према потребама.

АПЛИКАЦИЈА QFIELD

Друга апликација која може да се употреби за унос ГИС података на терену је апликација QField. Замишљена је као апликација која ће бити компатибилна са QGIS апликацијом и која је намењена за коришћење на паметним уређајима са оперативним системом Android. У развоју су и верзије за iOS и Windows оперативне системе. Поступак је практично исти као и са Mergin maps апликацијом. И код ове апликације постоји могућност синхронизације података преко QField Cloud-а, која је још у развојној фази. QField Cloud се може користити бесплатно уз одређена ограничења.



Слика 3. Радно окружење при уносу података у апликацији QField

ЗАКЉУЧАК

Уношење података у базу података једног ГИС-а је често најобимнији део посла при формирању таквог система. С обзиром да се ради о подацима везаним за простор, често су то подаци који се прикупљају директно на терену. Унос података прикупљених на терену често може бити извор грешака. Како би се избегле грешке при уносу и конверзији података, оптимални начин јесте директан унос података у атрибутну табелу, кроз унапред припремљену форму. За такве намене могу да се користе специјализовани уређаји, тзв. GIS GNSS пријемници, али се за те намене могу успешно користити и паметни уређаји које се данас широко користе. Инсталисањем одговарајуће апликације, мобилни телефон или таблет постаје специјализовани уређај помоћу кога се могу успешно уносити подаци директно у припремљену табелу ГИС базе података. У апликацијама као што су Mergin Maps Input или QFields се могу отворити пројекти који су претходно припремљени у QGIS програму за десктоп рачунар. На терену се онда могу додавати нови подаци у ГИС базу. Нови подаци се могу на једноставан начин, путем клауд технологије пребацити у QGIS и даље обрађивати. Обе приказане апликације, као и QGIS су бесплатне апликације. За академске потребе је чак доступан ограничени простор на клауду за размену података између паметног уређаја и десктоп рачунара.

ЛИТЕРАТУРА

- Kanickara L. (2018) Geographic information systems (GIS) defined, <https://www.arcweb.com/blog/geographic-information-systems-gis-defined> (pristupljeno 15.09.2022.)
- Canada Land Inventory (CLI) <https://sis.agr.gc.ca/cansis/nsdb/cli/index.html> (pristupljeno 15.09.2022.)
- Mergin Maps Documetation <https://merginmaps.com/docs/> (pristupljeno 15.09.2022.)
- QField Ecosystem Documetation <https://docs.qfield.org/how-to/> (pristupljeno 15.09.2022.)
- QGIS Documentation <https://qgis.org/en/docs/index.html> (pristupljeno 15.09.2022.)

ИЗОЛАЦИЈА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА АУТОХТОНИХ ЗЕМЉИШНИХ МИКРОАЛГИ У ВОЈВОДИНИ, СРБИЈА

Тимеа Хајнал Јафари^{1*}, Владимира Жунић¹, Симонида Ђурић¹, Драгана Стаменов¹

¹Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија

*аутор за контакт: mikrobiologija@polj.uns.ac.rs

САЖЕТАК

Земљишне микроалге су еукариотски фотосинтетски микроорганизми који живе у тешким условима али могу брзо да расту због своје једноћелијске структуре. Иако је значај и примена одређених врста земљишних микроалги у пољопривреди добро документован, нема објављених радова о диверзитету и таксономији зелених земљишних микроалги у Србији. Ова истраживања су спроведена са циљем да се исољују, идентификују и опишу аутохтоне зелене микроалге из два различита типа земљишта у Војводини, Србија. Зелене микроалге изоловане су из два типа киселих обрадивих земљишта (дистрични камбисол и вертисол) коришћењем хранљиве подлоге БГ11. Морфолошке карактеристике су испитиване помоћу светлосне микроскопије и конфокалне ласерске скенирајуће микроскопије (КЛСМ), док је таксономије заснована на референтним књигама за идентификацију копнених алги и цијанобактерија. Кинетика раста је праћена спектрофотометријски, мерењем оптичке густине (ОГ). За процену антимикробне активности сојева коришћена је диск дифузиона метода. Од укупно 20 изолата алги, пет једноћелијских микроалги је у потпуности окарактерисано. Изолати су означени *Dictyospherium* sp. (изолати 36, 37 и 69) и *Chlorella* sp. (изолати 71 и 72). *Chlorella* sp. има округли до елипсоидни облик ћелије са карактеристичним хлоропластом у облику чаше, величине 4-10µм (младе односно одрасле ћелије), док су ћелије алге *Dictyospherium* sp. кокоидне, углавном у колонијама од 4 до 36 ћелија, величине одраслих ћелија 6-8 µм. Испитивани сојеви су показали сличну брзину раста. Анализа антимикробне активности издвојила је *Chlorella* sp. сој 71 као потенцијално доброг произвођача инхибиторних агенаса/а против фитопатогених гљива.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: зелене микроалге; морфологија ћелије; таксономија; *Chlorella* sp.

УВОД

Микроалге су микроскопски организми (1-900µм) који имају способност раста и размножавања у слатководним и морским срединама (Nabti et al., 2017), али и у земљишту. Постоји више од 800.000 врста микроалги док је свега 50.000 врста описано (Guiry, 2012). Неколико врста алги, које припадају разделу цијанобактерија (Cyanophyta) и зелених алги (Chlorophyta) се користе у различите сврхе као што су храна, сточна храна, сировина у фармацеутској индустрији и пољопривреди (Hernandez et al., 2009; Bumandalai and Tserennadmid, 2019).

Разноврсност земљишних алги је огромна, али је ништа или врло мало урађено да се открије њихов значај у екосистему који насељавају. Потцењивање диверзитета алги у овим екосистемима је последица, пре свега, слабог познавања и интересовања за таксономију и филогенију алги. Трбојевић и Преодојевић (2022) наводе да непознавање њихове улоге у одржавању екосистема земљишта такође може допринети слабом научном интересовању истраживача. Иако о значају и примени специфичних микроалги у земљишту пишу многи истраживачи (Kholssi et al., 2019; Hajnal Jafari et al., 2016; Naz et al., 2004; Pereira et al., 2005), нема објављених радова о саставу односно диверзитету и таксономији зелених земљишних микроалги у Србији. Стога су ова истраживања спроведена да би се изоловале, идентификовале и описале аутохтоне зелене микроалге из два различита типа земљишта у Војводини, Србија.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Зелене микроалге изоловане су из киселих обрадивих земљишта (Војводина, Србија) и то из дистричног камбисола (pH 4,31) и вертисола (pH 5,50) коришћењем агаризоване хранљиве подлоге БГ11 следећег састава: 1,5 g NaNO_3 ; 0,04 g K_2HPO_4 ; 0,075 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,036 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 0,006 g лимунска киселина; 0,006 g гвожђе амонијум цитрат ($\text{C}_6\text{H}_8\text{FeNO}_7$); 0,001 g EDTA; 0,02 g Na_2CO_3 и 1ml раствор елемената у траговима А5 (2,86 g H_3BO_3 ; 1,86 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 0,22 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,39 g $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 0,08 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 0,05 g $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). pH подлоге је подешен на 7,1 и стерилисан је у аутоклаву на 121°C 20 минута. Одабрани изолати су за потребе овог истраживања гајени у течной БГ11 подлози током 15 дана у лабораторијским условима (фотопериод дан:ноћ 14:10, собна температура - 25°C и аерација акваријумском ваздушном пумпом - Champion CX-0088). Стопа раста је праћена спектрофотометријски мерењем оптичке густине (ОД) на спектрофотометру (Unicam SP600 Series 2, Cambridge, England) на 750 nm.

Таксономска идентификација је извршена на основу морфологије и величине одраслих ћелија. Микроскопско посматрање је обављено на бинокуларном истраживачком (Olympus) микроскопу коришћењем 40× објектива и конфокалном ласерском скенирајућем микроскопу (ЦЛСМ; Olympus Fluoview 1000). Сlike су снимљене коришћењем 60× објектива, а аутофлуоресценција фотосинтетичког пигмента је испитана побуђивањем ћелија ласером таласне дужине од 543 и 635 nm и прикупљањем емисије од 645 nm, или од 553 nm до 800 nm опсега емисије.

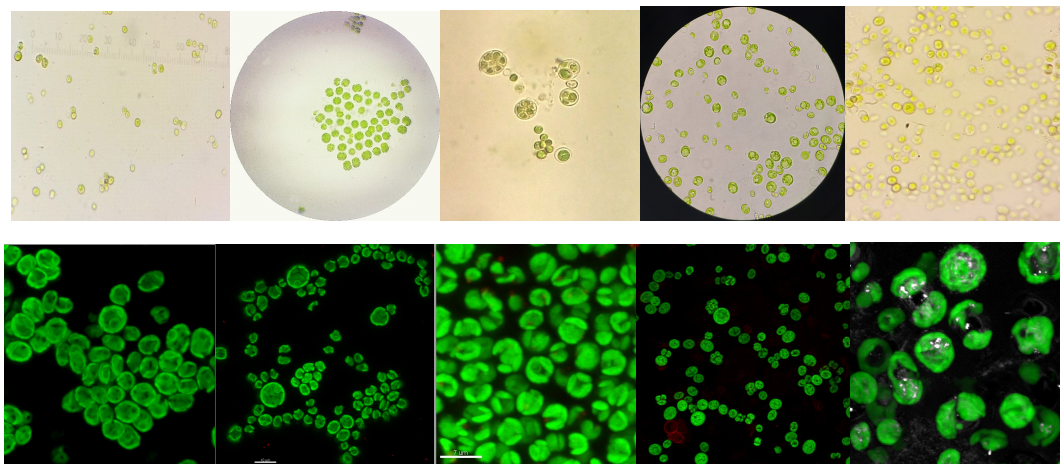
Идентификација је заснована на таксономским монографијама и референтним књигама за копнене алге и цијанобактерије (Komárek and Fott 1983, Komárek and Anagnostidis 2005, Bellinger and Sigeo, 2010).

За процену антимикробне активности изолата коришћена је диск дифузиона метода (Collins et al., 1989). У петри кутије на одговарајућој подлози је засејано неколико бактерија и гљивица. Затим су на површину агара стављени дискови од филтер папира (6 мм у пречнику), са тестираним сојем микроалги (у жељеној концентрацији од 10⁸CFU/mL). Петри посуде су инкубиране у одговарајућим условима (28°C током 2 до 7 дана). Антимикробна активност је забележена и представљена описно са следећом легендом: 0-нема утицаја; - инхибиција раста; + стимулација раста.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Пет врста једноћелијских микроалги изоловано је из два типа земљишта у Војводини, Србија. Сојеви алги припадају родовима *Chlorella* (изолати 71 и 72) и *Dictyosphaerium* (изолати 36, 37 и 69). Морфолошке карактеристике су одређене микроскопским посматрањима (слика 1).

Chlorella sp. је једноћелијска зелена алга. Има елипсоидни облик ћелије, величине 4-10µm (младе и одрасле), обично мања од ћелија рода *Dictyosphaerium*. *Dictyosphaerium* sp. ћелије су кокоидне, углавном у колонијама од 4 до 36 ћелија, величине одраслих ћелија 6-8 µm. Алге које припадају *Chlorella* sp. и *Dictyosphaerium* sp. имају сличну морфологију, са кокоидним до елипсоидним обликом ћелије са карактеристичним хлоропластом.



Слика 1 . Микрофотографије алгалних изолата (изолати 36, 37, 69, 71 и 72)

(горњи ред) Округле, непокретне ћелије посматране светлосним микроскопом; увећање 40× (доњи ред) КЛСМ слике ћелијске морфологије, зелене флуоресцирајуће ћелије; увећање 60×; скала = 5 μm

Thilak et al., (2020) су такође користили микроскопско испитивање сојева алги и таксономску литературу за идентификацију. Arguelles and Monsalud (2017) су навели да микроалге колонизују различита станишта под оптималним условима животне средине. У својим истраживањима су добили 14 изолата алги сакупљених са три поља пиринча (UPLB Campus and Los Baños, Laguna, Philippines). Већина изолата је припадала разделу Cyanobacteria (57%), док је остатак припадао фамилијама Chlorophyceae (29%), Klebsormidiophyceae (7%) и Trebouxiophyceae (7%).

Испитивани изолати су испољили различиту антимикуробну активност. Изолат *Chlorella* sp. 71 се издвојио по инхибиторном деловању на половину испитиваних тест организама, а нарочито против фитопатогених гљива (Табела 1). Тај инхибицијски ефекат се може приписати различитим секундарним метаболитима које микроалга излучује из ћелије. Хлорелин је први познати антибиотик, комбинација масних киселина, екстрахованих из *Chlorella* sp. (Pratt et al., 1944).

Табела 1. Антимикуробна активност испитиваних изолата

Тест организам	изолат 36	изолат 37	изолат 69	изолат 71	изолат 72
<i>Pseudomonas</i> N	0*	0	0	-	-
<i>Pseudomonas</i> 9	0	+	-	0	0
<i>Pseudomonas</i> 12	+	+	-	0	0
<i>Salmonella</i> sp.	0	-	0	0	0
<i>Penicillium</i> sp.	0	-	0	0	0
<i>Cercospora beticola</i>	+	+	-	0	+
<i>Macrophomina phaseolina</i>	+	+	+	-	+
<i>Alternaria</i> sp.	0	+	-	-	0
<i>Trichoderma</i> sp.	0	+	0	-	+
<i>Fusarium</i> sp.	0	0	0	-	0

*0-без утицаја; - инхибиција раста; + стимулација раста

Perveen et al., (2022) су такође утврдили да су екстракти *Chlorella vulgaris* били ефективнији против врста *Fusarium* у односу на врсте *Aspergillus*, док нису инхибирани раст *Alternaria alternata*. Један од узрока различите инхибиције наводе и филогенетске разлике између гљива.

Alsenani et al., (2020) су доказали постојање јаке антимикуробне активности екстракта *Chlorella* sp. FN1 против Грам-позитивних бактерија *Listeria monocytogenes* (ATCC 7644), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25925 и ATCC 9144), *Bacillus subtilis* (ATCC 6633 и ATCC 6051), *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis* и *Clavibacter michiganensis*. Међутим, није забележена инхибиција Грам-негативних бактерија *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Salmonella typhoid* (ATCC 14028), *Pseudomonas syringae*, и *Proteus vulgaris*.

У овим истраживањима је забележена мала инхибиција *Pseudomonas* sp. и *Salmonella* sp. или је она изостала. Овај резултат се може објаснити разликама које постоје у грађи ћелијског зида Грам

позитивних и Грам негативних бактерија. Грам негативне бактерије имају много тањи ћелијски зид изграђен од пептидогликана, као и спољашњу липополисахаридну мембрану која ипак може да отежа или успори продирање антибиотика и других антимикуробних једињења у ћелију.

ЗАКЉУЧАК

У овом истраживању је описано пет изолата микроалги из два типа земљишта применом различитих техника микроскопског сликања. Такође је коришћена релевантна литература за опис и таксономску идентификацију алги. Да би се извршила коначна идентификација неопходно је урадити и додатна испитивања физиолошких и одгајивачких својстава као и молекуларну анализу изолата.

Ова истраживања су значајна и по томе што се баве тематиком диверзитета аутохтоних зелених земљишних микроалги у Војводини, Србија и њиховом могућом применом у пољопривреди.

ЗАХВАЛНИЦА

Аутори се захваљују др Елени Романо из центра за напредну микроскопију (dr Elena Romano, Centre of Advanced Microscopy "P.B. Albertano," University of Rome Tor Vergata), за њену помоћ приликом коришћења конфокалног ласерског микроскопа.

ЛИТЕРАТУРА

- Alsenani, F., Karnaker, R. Tupally, Elvis T. Chua, Eladl Eitanahy, Hamed Alsufyani, Harendra S. Parekh, Peer M. Schenk (2020). Evaluation of microalgae and cyanobacteria as potential sources of antimicrobial compounds. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 28, 1834-1841. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2020.11.010>
- Arguelles, Eldrin D. L. R., Monsalud R.G. (2017). Morphotaxonomy and Diversity of Terrestrial Microalgae and Cyanobacteria in Biological Crusts of Soil from Paddy Fields of Los Baños, Laguna (Philippines). *Philippine Journal of Systematic Biology*, 11 (2), 25-36.
- Bellinger, E. G., Sigeo, D. C. (2010). *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. John Wiley & Sons, Ltd ISBN 978-0-470-05814-5
- Bumandalai, O., Tserennadmid, R. (2019). Effect of *Chlorella vulgaris* as a biofertilizer on germination of tomato and cucumber seeds. *International Journal of Aquatic Biology*, 7(2), 95–99. <https://doi.org/10.22034/ijab.v7i2.582>
- Collins, C.H., Lyne, P.M., Grange, J. M. (1989). *Microbiological Methods*. 6th Edn., Butter worths, London.. 410.
- Guiry, M. D. (2012). How many species of algae are there? *Journal of Phycology*, 48 (5), 1057–1063. DOI: 10.1111/j.1529-8817.2012.01222.x
- Hajnal-Jafari, T., Đurić, S., Stamenov, D. (2016). Influence of green algae *Chlorella vulgaris* on initial growth of different agricultural crops." *Zbornik Matice Srpske Za Prirodne Nauke*, 29-33.
- Hernandez, J. P., de-Bashan, L. E., Rodriguez, D. J., Rodriguez, Y., Bashan, Y. (2009). Growth promotion of the freshwater microalga *Chlorella vulgaris* by the nitrogen-fixing, plant growth-promoting bacterium *Bacillus pumilus* from arid zone soils. *European Journal of Soil Biology*, 45, 88-93.
- Kholssi, R., Marks, E. A. N., Miñón, J. Olimpio Montero, Abderrahmane Deboudi, Carlos Rad (2019). Biofertilizing Effect of *Chlorella sorokiniana* Suspensions on Wheat Growth. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38, 644–649. <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9879-7>

- Komárek, J., Anagnostidis, K. (2005): Cyanoprokaryota 2 (Oscillatoriales). – In: Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G. & Schagerl, M. (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa, 19/2. – 759 pp., Elsevier/Spektrum, Heidelberg.
- Komárek, J., Fott, B. (1983): Chlorococcales. – In: Huber-Pestalozzi, G. (ed.): Das Phytoplankton des Süßwassers, 7. – 1043 pp., Schweizerbart, Stuttgart.
- Nabti, E., Jha, B., Hartmann, A. (2017). Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertilizer. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14, 1119–1134. <https://doi.org/10.1007/s13762-016-1202-1>
- Naz, S., Masud-ul-Hasan, M., Shameel (2004). Taxonomic study of Oscillatoria (Nostocophyceae, Cyanophyta) from northern areas of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 36(3), 503-530.
- Pereira, I., Moya, M., Reyes, G., Kramm, V. (2005). A survey of heterocystous nitrogen fixing cyanobacteria in Chilean rice fields. *Gayana Botanica*, 62, 26-32.
- Perveen, K., Najat A. Bukhari, Luluah M. Al Masoudi, Amara Naser Alqahtani, Mashael W. Alruways, Alkhattaf, Fatimah S. (2022). Antifungal potential, chemical composition of *Chlorella vulgaris* and SEM analysis of morphological changes in *Fusarium oxysporum*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29, 2501-2505. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.12.033>
- Pratt, R., Daniels, T.C., Eiler, J.J., Gunnison, J.B., Kumler, W.D., Oneto, J.F., Strait, L.A., Spoehr, H.A., Hardin, G.J., Milner, H.W., Smith, J.H.C., Strain, H.H. (1944). Chlorellin, an antibacterial substance from *Chlorella*. *Science* 80. <https://doi.org/10.1126/science.99.2574.351>.
- Thilak, T. S., Madhusoodanan, P. V., Pradeep, N. S., Prakashkumar, R. (2020). Isolation and taxonomy of blue-green algae (cyanobacteria), *Nostoc* and *Anabaena* in Kerala state, India. *Acta Botanica Hungarica*, 62 (1–2), 163–174, 2020 DOI: 10.1556/034.62.2020.1-2.10
- Trbojević, I., Predojević, D. (2022). Algae in Shallow and Small Water Bodies of Serbia: A Frame for Species and Habitat Protection. In: Pešić V., Milošević D., Miliša M. (eds) Small Water Bodies of the Western Balkans. Springer Water. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86478-1_8

ПРИМЕНА ИНХИБИТОРА НИТРИФИКАЦИЈЕ У ПРОИЗВОДЊИ КУКУРУЗА

Ранко Чабиловски¹, Клара Петковић^{1*}, Маја Манојловић¹, Драган Ковачевић¹,
Мирна Штрбац¹, Мирјана Вијук¹, Срђана Петровић²

¹Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија

²Corteve Agriscience SRB doo, Нови Сад, Србија

*аутор за контакт: klara.petkovic@polj.uns.ac.rs

САЖЕТАК

Један од највећих проблема код коришћења азотних ђубрива је непотпуно коришћење азота (N) од стране усева. Након примене ђубрива, део N се губи из земљишта услед денитрификације или испирањем из зоне кореновог система и тако постаје недоступан биљкама. Да би се смањили губици N и оптимизовала употреба ђубрива, потребно је редуковати биолошку активност у земљишту и привремено смањити популацију бактерија (*Nitrosomonas* и *Nitrobacter*) које претварају амонијум јон (NH₄) у нитрит (NO₂) и нитрит до нитрата (NO₃). Нитрати и NO₂ су подложни губицима кроз испирање, док се NH₄ мање креће кроз профил земљишта. Инхибитори нитрификације (ИН) су једињења која служе за смањење испирања јона NO₃ у земљишту и за побољшање задржавања минералног N у облику NH₄. Циљ овог истраживања био је да се испита утицај примене инхибитора нитрификације (ИН) на принос кукуруза и профитабилност примене ђубрива, као и на садржај минералног азота у земљишту. Пољски оглед са кукурузом изведен је 2021. године коришћењем рандомизираних блок система у четири понављања. Огледна парцела припада типу земљишта карбонатни чернозем. Испитивани су следећи третмани: 1) контрола без ђубрења N; 2) 170 kg N/ha; 3) 170 kg N/ha+ИН; 4) 85 kg N/ha; 5) 85 kg N/ha+ИН. На свим огледним парцелама примењене су стандардне агротехничке мере. Измерени садржај минералног азота (NH₄-N и NO₃-N) у земљишту пре постављања огледа износио је 74,16 kg N/ha. Инхибитор нитрификације (N lock, Corteve Agriscience, Ирска) примењен је 4 дана пре сетве кукуруза у дози од 2,5 L/ha. Да би се проценила исплативост примене ИН у производњи кукуруза, израчуната је профитабилност примене ђубрива (П) према следећој формули: вредност добијеног повећања приноса / укупна цена ђубрива. ИН цена = 31,06 EUR/ha; N -ђубриво Уреа= 0,34 EUR/kg (цена у јесен 2020). На оба третмана ђубрења већом дозом N, постигнут је значајно већи принос зрна кукуруза у поређењу са контролом без ђубрења. Нижа доза N није значајно утицала на принос, али је у комбинацији са ИН утврђено значајно повећање. Примена 170 и 85 kg N/ha повећала је принос за 17,4 односно 8,3%, док су на третманима са истим дозама N+ИН приноси зрна повећани за 22,7 и 15,7%. Профитабилност примене ђубрива према вредностима П била је највећа (2,12) на третману нижом дозом N+ИН. Очекивано, у оба рока мерења (средина и крај вегетације), највећи садржај минералног N у земљишту утврђен је на третманима ђубреним са 170 kg N/ha. Такође, на третману ђубреном са половичном дозом N+ИН, садржај мин N је био значајно већи (193,4 и 120,6 kg N/ha) у поређењу са контролом (70,9 и 43,1 kg N/ha) и сличан измереном нивоу N на третманима са пуном дозом N (201,8 и 108,9 kg N/ha). Примена ИН је позитивно утицала на принос зрна и ефикасност коришћења ђубрива, као и на минерални садржај N у земљишту и смањење потребне количине N ђубрива за следећи усева.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: принос кукуруза; минерални азот; профитабилност примене ђубрива.

УВОД

Приликом употребе азотних ђубрива, један од највећих проблема представља непотпуно коришћење азота (N) од стране усева. У савременим пољопривредним системима, употреба N је прилично неефикасна, с обзиром да се 50-70% примењеног N изгуби у животну средину (Coskun et al., 2017), а мање од 50% акумулира у биомасу усева (Eagle et al., 2017). Након примене ђубрива, део N губи се из земљишта услед денитрификације или испирањем из зоне кореновог система и

тако постаје недоступан биљкама (Robertson et al., 2014). Ради смањења губитака N и оптимизације употребе ђубрива, у земљишту је потребно редуковати микробиолошку активност и привремено смањити популацију бактерија *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*, које претварају амонијум јон (NH_4) у нитрит (NO_2) и нитрит до нитрата (NO_3) (Norton and Ouyang, 2019). Амонијум јон услед позитивног наелектрисања боље је адсорбован од стране земљишних колоида и мање се креће по профилу земљишта, за разлику од NO_3 и NO_2 са негативним наелектрисањем, који су подложни губицима путем испирања. Инхибитори нитрификације (ИН) су једињења која служе за непосредно смањење испирања јона NO_3 у земљишту и за побољшање задржавања минералног N у облику NH_4 (Ruser and Schulz, 2015). На овај начин, ИН повећавају ефикасност искоришћавања хранива, као и приносе усева (Ladha et al., 2005). Циљ овог истраживања био је да се испита утицај примене (ИН) на принос кукуруза и профитабилност примене ђубрива, као и на садржај минералног азота у земљишту.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Пољски оглед са кукурузом изведен је 2021. године у околини Новог Сада коришћењем рандомизираних блок система у четири понављања. Огледна парцела припада типу земљишта карбонатни чернозем. У огледу си испитивани следећи третмани:

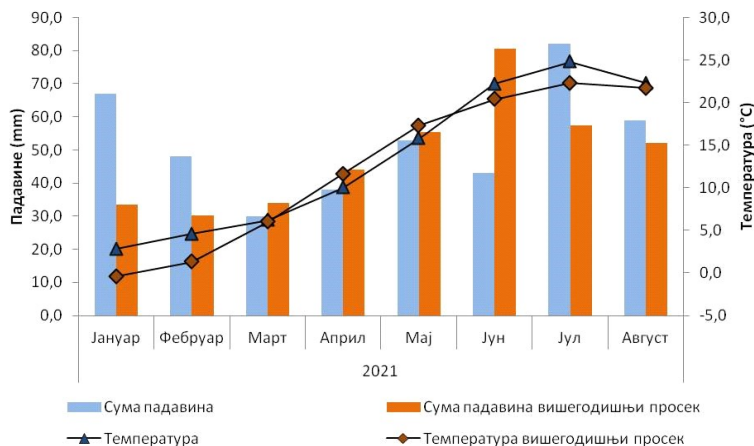
- (1) контрола без ђубрења N;
- (2) 170 kg N/ha;
- (3) 170 kg N/ha + ИН;
- (4) 85 kg N/ha;
- (5) 85 kg N/ha + ИН.

На свим огледним парцелама примењене су стандардне агротехничке мере. Измерени садржај минералног азота ($\text{NH}_4\text{-N}$ и $\text{NO}_3\text{-N}$) у земљишту пре постављања огледа износио је 74,16 kg N/ha. Садржај мин. N азота одређен је методом по Бремнер-у (Манојловић и Чабиловски, 2019). Инхибитор нитрификације N lock (Corteva Agrosience, Ирска), хемијског састава 200 g/L нитрапирин, примењен је 4 дана пре сетве кукуруза у дози од 2,5 L/ha. Азот је примењен у виду ђубрива уреа.

Како би се проценила исплативост примене ИН у производњи кукуруза, израчуната је профитабилност примене ђубрива (П) према следећој формули (Ћабиловски et al., 2019):

$$П = \frac{\text{вредност добијеног повећања приноса}}{\text{укупна цена ђубрива}}$$

Временски услови у години извођења огледа приказани су у Графикону 1. Почетак вегетације се одликовао температурама ваздуха и сумом падавинама које су биле на нивоу вишегодишњег просека и овакви услови су били погодни за радове као што је припрема земљишта и сетва. Температура ваздуха током јуна је била изнад, а количина падавина дупло нижа у односу на вишегодишњи просек. Високе температуре су се наставиле током јула месеца и забележена је већа количина падавина, али су углавном биле обилне кише, местимично праћене непогодама.



Графикон 1. Средња месечна температура ваздуха и месечна сума падавина за 2021. годину (Метеоролошка станица Римски Шанчеви)

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

У региону Војводине, принос зрна кукуруза у просеку износи 10,5 t/ha (Kresović et al., 2014). У нашем истраживању, принос зрна се кретао од 6 до 7,3 t/ha. Овако ниски приноси могу да се објасне неповољним временским условима који су преовладавали током вегетације кукуруза. Очекивано, на оба третмана ђубрења већом дозом N, постигнут је значајно већи принос зрна кукуруза и просечна маса клипа у поређењу са контролом без ђубрења. На третману ђубреним са пола дозе N, значајно већи принос (6923 kg) је постигнут само уз примену ИН. Истраживања су показала, да употреба ИН позитивно утиче на повећање приноса зрна житарица (Ladha et al., 2005), као и зрна кукуруза (Parkin and Hatfield, 2010). Примена 170 и 85 kg N/ha повећала је принос за 17,4 односно 8,3%, док су на третманима са истим дозама N + ИН приноси зрна повећани за 22,7 и 15,7%.

Табела 1. Просечна маса и дужина клипа и укупан принос зрна кукуруза

Третмани	Принос зрна (kg/ha)	Просечна маса клипа (g)	Просечна дужина (cm)
Контрола	5983в	118в	13,00а
170 N	7022аб	136аб	13,23а
170 N + ИН	7341а	144а	13,64а
85 N	6477бв	128бв	12,88а
85 + ИН	6923аб	137аб	13,31а

Да би се проценила и утврдила исплативост примене ИН у производњи кукуруза, П вредност би требале да буду веће од 2, како би се постигло да коришћење ђубрива превазиђе и потенцијалне ризике и трошкове (СИММУТ, 1988). Профитабилност примене ђубрива у нашем огледу кретала се од 1,62-2,12 (Табела 2) и била је највећа на третману ђубреним нижом дозом N + ИН. Овако висока вредност нам указује на високу профитабилност примене 85 kg N/ha у комбинацији са инхибитором нитрификације, с обзиром да се уложена средства у ђубрива враћају кроз принос увећана више него дупло.

Табела 2. Економски показатељи утицаја примене инхибитора нитрификације у производњи кукуруза

Третмани	Повећање приноса у односу на контролу (kg/ha)	¹ Вредност повећаног приноса (EUR/ha)	² Цена ђубрива (EUR)	Повећање прихода (EUR/ha)	П вредност
170 N	1038,75	238,91	141	97,91	1,69
170 N+ИН	1358,25	312,39	172	140,39	1,81
85 N	494,25	113,67	70	43,67	1,62
85 + ИН	939,75	216,14	102	114,14	2,12

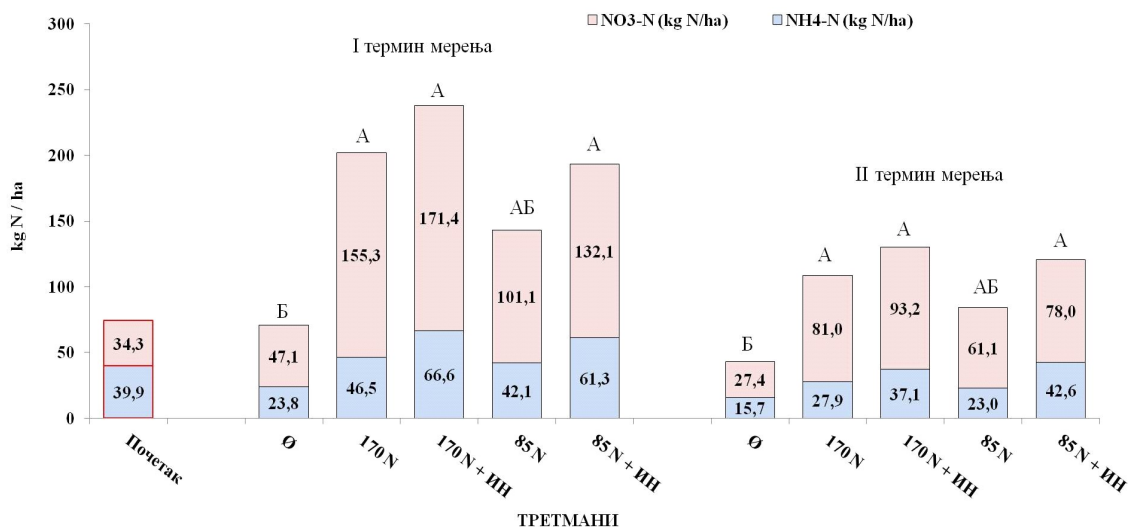
¹ цена зрна кукуруза=0,23 EUR/kg

² ИН (N-Lock) цена = 31,06 EUR/ha; цена N ђубрива UREA= 0,34 EUR/kg (цена у јесен 2020)

³П = вредност постигнутог повећања приноса / укупан трошак ђубрива

Очекивано, у оба термина мерења, највећи садржај минералног N у земљишту утврђен је на третманима ђубреним са 170 kg N/ha (Графикон 2). Примена инхибитора нитрификације позитивно је утицала на садржај минералног N у земљишту, поготово на третману ђубреним са 85 kg N/ha. На овом третману, садржај мин N је био значајно већи (193,4 и 120,6 kg N/ha) у поређењу са контролом (70,9 и 43,1 kg N/ha). Такође, садржај је сличан измереном нивоу N на третманима ђубреним са пуном дозом N (201,8 и 108,9 kg N/ha). Овакви резултати потврђују чињеницу да се губици N из земљишта смањују коришћењем ИН, као и да се побољшава искористивост N од стране биљака. Обрада података мета анализом је показала да у више од 75% индивидуалних поређења истраживања, примена ИН је повећала принос биљака у просеку за 7% и задржавање N у земљишту за 28%, док је смањила испирање N за 16% (Woit, 2004).

Према Alonso-Ayuso et al. (2016) примена амонијум сулфата измешаног са ИН повећала је ефикасност ђубрења N у трогодишњој ротацији усева (куруз-сунцокрет-кукуруз). Према овим ауторима, ИН конзервишу N у облик који није приступачан биљкама током најмање једне године, и он се накнадно ослобађа ради задовољења потребе усева. Примена инхибитора смањује садржај NO₃⁻ и ниво потенцијалне нитрификације, а значајно повећава садржај NH₄⁺-N (Cui et al., 2021).



* Вредности обележене истим словима нису значајне при нивоу $\alpha = 5\%$

Графикон 2. Садржај минералног азота (NH₄-N + NO₃-N) у слоју земљишта 0-120 cm у средини (22.07.2021) и на крају (25.10.2021) вегетације кукуруза

ЗАКЉУЧАК

Једногодишње истраживање је показало да у производњи кукуруза примена ИН је економски оправдана, с обиром да позитивно утиче на принос зрна и профитабилност примене ђубрива. Уз ИН у земљишту се задржава већа количина мин. N до краја вегетације и побољшава се искористивост ђубрива од стране тренутног усева. Такође, услед повећане количине мин. N на крају вегетације једног усева, умањују се потребне количине N ђубрива за наредни усев.

ЗАХВАЛНИЦА

Истраживање је финансијски подржала компанија Corteva Agriscience SRB doo.

ЛИТЕРАТУРА

- Alonso-Ayuso, M., Gabriel, J. L., & Quemada, M. (2016). Nitrogen use efficiency and residual effect of fertilizers with nitrification inhibitors. *European Journal of Agronomy*, 80, 1-8.
- Cabilovski, R. R., Manojlovic, M. S., Bogdanovic, D. M., Rodic, V., & Bavec, M. (2011). Fertilization economy in organic lettuce production. *Journal of Sustainable Agriculture*, 35(7), 745-756.
- CIMMYT. 1988. From Agronomic Data to Farmer Recommendations: An Economics Training Manual. Completely revised edition. Mexico. D.F.
- Coskun, D., Britto, D. T., Shi, W., & Kronzucker, H. J. (2017). Nitrogen transformations in modern agriculture and the role of biological nitrification inhibition. *Nature Plants*, 3(6), 1-10.
- Cui, L., Li, D., Wu, Z., Xue, Y., Xiao, F., Zhang, L., ... & Cui, Y. (2021). Effects of nitrification inhibitors on soil nitrification and ammonia volatilization in three soils with different pH. *Agronomy*, 11(8), 1674.
- Eagle, A. J., Olander, L. P., Locklier, K. L., Heffernan, J. B., & Bernhardt, E. S. (2017). Fertilizer management and environmental factors drive N₂O and NO₃ losses in corn: A meta-analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 81(5), 1191-1202.
- Kresovic, B., Matovic, G., Gregoric, E., Djuricin, S., & Bodroza, D. (2014). Irrigation as a climate change impact mitigation measure: An agronomic and economic assessment of maize production in Serbia. *Agricultural Water Management*, 139, 7-16.
- Ladha, J. K., Pathak, H., Krupnik, T. J., Six, J., & van Kessel, C. (2005). Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. *Advances in agronomy*, 87, 85-156.
- Манојловић, М., Чабиловски, Р. (2019), Практикум из Агрохемије. Нови Сад: Пољопривредни факултет
- Norton, J., & Ouyang, Y. (2019). Controls and adaptive management of nitrification in agricultural soils. *Frontiers in microbiology*, 10, 1931.
- Parkin, T. B., & Hatfield, J. L. (2010). Influence of nitrapyrin on N₂O losses from soil receiving fall-applied anhydrous ammonia. *Agriculture, ecosystems & environment*, 136(1-2), 81-86.
- Robertson, G. P., Gross, K. L., Hamilton, S. K., Landis, D. A., Schmidt, T. M., Snapp, S. S., et al. (2014). Farming for ecosystem services: an ecological approach to production agriculture. *BioScience*, 64, 404-415.
- Ruser, R., & Schulz, R. (2015). The effect of nitrification inhibitors on the nitrous oxide (N₂O) release from agricultural soils—a review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178(2), 171-188.
- Wolt, J. D. (2004). A meta-evaluation of nitrapyrin agronomic and environmental effectiveness with emphasis on corn production in the Midwestern USA. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 69(1), 23-41.

КОРИШЋЕЊЕ СИСТЕМА SOILGRIDS И ПЕДОТРАНСФЕРНИХ ФУНКЦИЈА ЗА ПРОЦЕНУ КАПАЦИТЕТА АДСОРПЦИЈЕ КАТЈОНА

Владимир Ћирић^а, Драгана Маринковић^а, Павел Бенка^б, Драган Радовановић^а, Бојан Војнов^а

^аПољопривредни факултет, Департман за ратарство и повртарство, Универзитет у Новом Саду

^бПољопривредни факултет, Департман за уређење вода, Универзитет у Новом Саду

*Аутор за контакт: vladimir.ciric@polj.uns.ac.rs

САЖЕТАК

Колоидни комплекс земљишта од чијег садржаја зависи капацитет адсорпције катјона, директно утиче на стабилност структурних агрегата, доступност хранљивих материја и рН вредност земљишта. Индиректно, капацитет адсорпције катјона одређује реакцију земљишта на ђубрива и мелиорације. Познавањем ове хемијске особине земљишта, може се одредити време, количина и начин примене ђубрива. Циљ истраживања био је израда мапе вредности капацитета адсорпције катјона (СЕС) за територију АП Војводине, у резолуцији од 250 m, која се у комбинацији са осталим мапама својстава земљишта може користити у сврху процене плодности земљишта или степена деградације. Подаци о фракцији глине и органском угљенику који су коришћени за израчунавање вредности СЕС-а, преузети су са SoilGrids-а. SoilGrids представља систем за глобално дигитално мапирање земљишта који користи најсавременије методе машинског учења за мапирање просторне дистрибуције својстава земљишта широм света, у просторној резолуцији од 250 метара. Подаци који су преузети, коришћени су у педотрансферним функцијама за добијање СЕС-а на дубини од 0-30 cm. У циљу поређења података, у 150 узорака земљишта са исте територије, СЕС је одређен аналитички. Број узорака са одређеног типа земљишта био је приближно пропорционалан његовој заступљености. У зависности од типа земљишта са испитиваног подручја, вредности СЕС-а рачунате педотрансферном функцијом су се кретале од 8,06 mol/kg, до максималне вредности од 39,99 mol/kg. Просечна вредност СЕС-а за истраживано подручје износи 26,63 mol/kg. Резултати лабораторијских анализа потврђују средње вредности СЕС-а за територију Војводине и износе 26.68 mol/kg. Будући да аналитичко одређивање СЕС-а има мали учинак по јединици времена, а захтева велики утрошак хемијских средстава, педотрансферна функција пружа могућност приступа подацима са великих територија много брже и ефикасније. Шира употреба педотрансферних функција зависиће од валидације доступних података али и валидације саме функције у различитим истраживањима.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: земљиште, капацитет адсорпције катјона, СЕС, мапирање, педотрансферна функција

УВОД И ЦИЉЕВИ

Земљиште као трофазни систем представља медиум у којем се биљке укоренењују и снабдевају водом и хранљивим материјама. Како чврсту фазу земљишта чине песак, прах, глина и органска материја, за значај разумевања њихове интеракције и интеракције земљиште-биљка, већа пажња се посвећује земљишним колоидима, односно глини и органској материји. Количина и врсте колоида који се налазе у земљишту диктирају целокупну активност земљишта. Специфична површина и грађа колоидних мицела повољно се одражава на стабилност структурних агрегата и пуферна својства земљишта. Биљна хранива, као што су калцијум и магнезијум, често се налазе везани са чврсту фазу земљишта која се понаша као резервоар хранива. Из тог разлога, земљишта са веома ниским капацитетом за адсорпцију катјона ће показати релативно мали резидуални ефекат након примене калијумових и других ђубрива, из разлога што нису адсорбовани на површини колоидних мицела, што великим уделом поспешује њихово испирање. Са друге стране, земљишта са високим капацитетом за адсорпцију катјона имају много мањи

процент катјона у земљишном раствору, што их чини отпорнијим на губитак хранљивих материја путем испирања или испаравања. Такође, уколико земљиште има низак капацитет за адсорпцију катјона, а висок садржај адсорбованог Na^+ , половина катјона ће бити у земљишном раствору, односно невезана за честицу. Размевање сорптивне способности земљишта и њеног утицаја на остала физичка и хемијска својства земљишта омогућава нам да рационално њиме управљамо у циљу одрживости производње. Познавањем ове хемијске особине земљишта, може се одредити време, количина и начин примене ђубрива.

Потреба да се развију алтернативне методе за предвиђање капацитета адсорпције катјона произилази из чињенице да одређивање капацитета адсорпције катјона често није доступно или да се мерења врше различитим аналитичким методама (Manrique, 1991). Разлог томе је различита интеракција различитих група минарала глине са органском материјом, што се одражава на капацитет адсорпције катјона земљишта (Oades, 1989). Примера ради, минерали глине групе монтморилонита имају активну површину од $700 \text{ m}^2/\text{g}$ (Нешић et al. 2013) и највећи капацитет адсорпције катјона од свих група минарала глине. Минерали глине групе каолинита имају најмању активну површину и показују најмању способност за адсорпцију катјона (Parfitt и сад, 2008). Минерали групе илита се по својој активном површини и капацитету адсорпције катјона налазе између групе монтмориланота и каолинита.

У земљштим Војводине доминирају минерали глине групе илита. Велика специфична површина и негативно наелектрисање доводе до повећане интеракције међу честицама и ниже дисперзибилности, што се директно одражава на капацитет адсорпције катјона, односно степен испирања и доступност хранива.

У Србији, на нивоу државе, још увек немамо податке који илуструју капацитет адсорпције катјона наших земљишта. Циљ истраживања био је израда мапе вредности капацитета адсорпције катјона (CEC-а) за територију АП Војводине, у резолуцији од 250 m, која се у комбинацији са осталим мапама својстава земљишта може користити у сврху процене плодности земљишта или степена деградације. Како способност земљишта да се одупре деградационим процесима зависи од капацитета адсорпције катјона (Нешић и сар., 2015), циљ рада био је и сагледавање степена отпорности земљишта Војводине на деградационе процесе који су неминовни у интензивној пољопривреди.

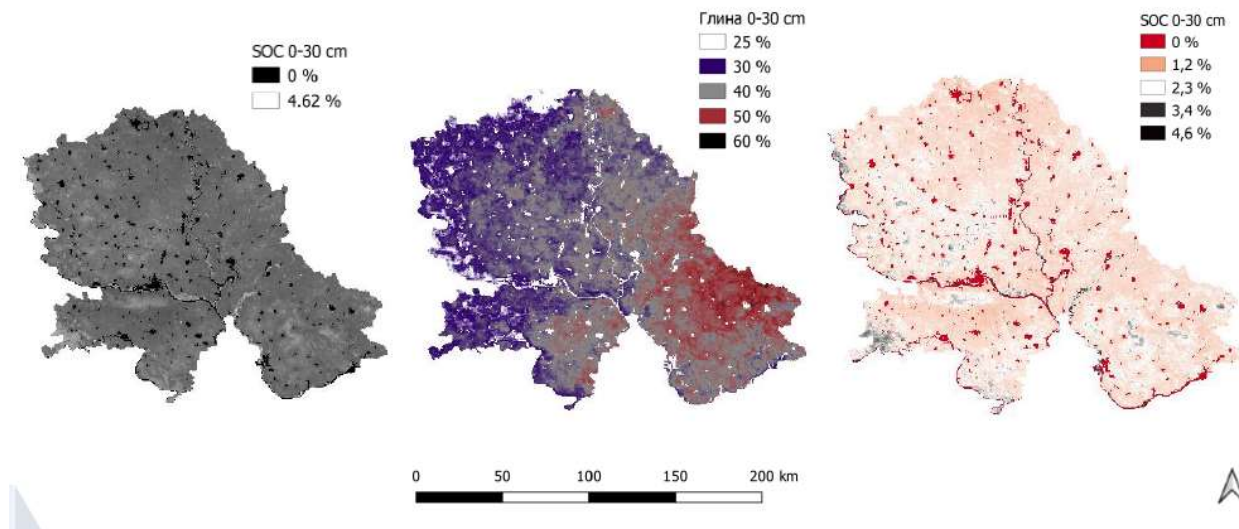
МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД

Број студија које користе предности дигиталног мапирања за израду мапа својстава земљишта стално расте. Разматрају се бројни приступи моделирања, од линеарног модела до гео-статистике, машинског учења и вештачке интелигенције (Sousa et al., 2020). Подаци о фракцији глине и органском угљенику који су коришћени за израчунавање вредности CEC-а, преузети су са SoilGrids-а. SoilGrids представља систем за глобално дигитално мапирање земљишта који користи најсавременије методе машинског учења за мапирање просторне дистрибуције својстава земљишта широм света, у просторној резолуцији од 250 метара (Hengl et al., 2017). Као улазне податке користи посматрања земљишта са око 240 000 локација широм света и преко 400 глобалних независних варијабли животне средине које описују вегетацију, морфологију терена, климу, геологију и хидрологију. Међутим, за локално подручје, националне карте земљишта се обично заснивају на детаљнијим улазним информацијама о земљишту и стога су прецизније од SoilGrids-а (ISRIC – World Soil Information). За предвиђање капацитет адсорпције катјона (CEC), подаци о садржају глине и органског угљеника са дубине од 0-5 cm, 5-15 cm и 15-30 cm, сведени су на дубину од 0-30 cm, а потом су коришћени у педотранферсној функцији аутора Rehmana и сарадника (2019):

$$CEC = 0.60 + (0.61 \times \text{clay}) + (2.00 \times OC),$$

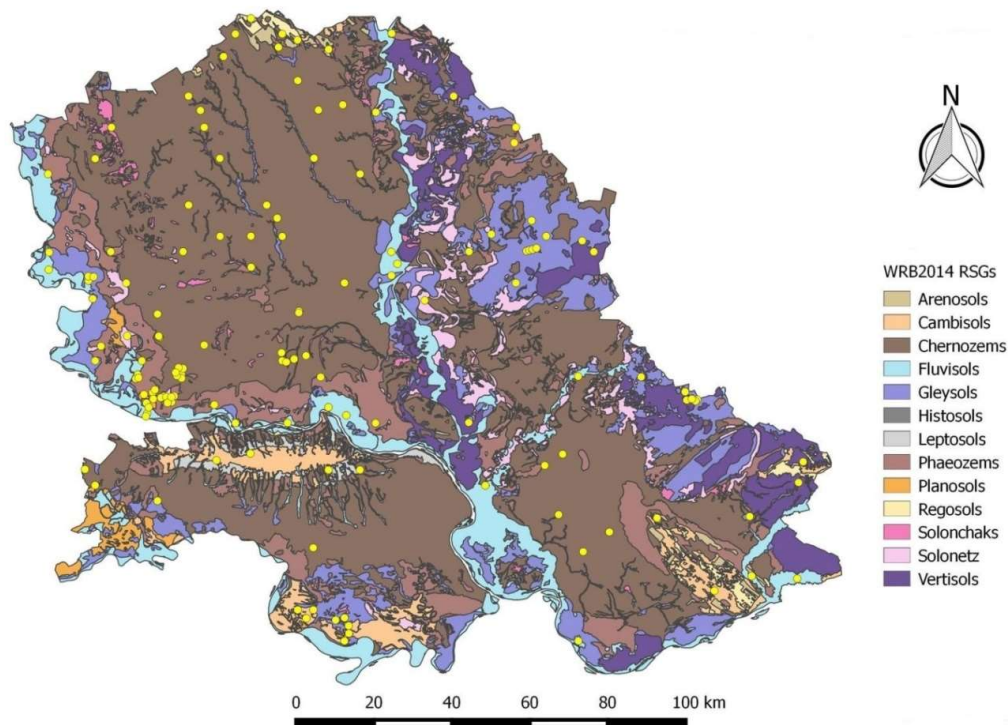
где је CEC изражен у центимолима по килограму, а глина и органски угљеник у масеним процентима. Очитавање растерских података са територије АП Војводине, као и обрада података,

вршено је у софтверском програму QGIS (Прилог 1). Резултати педотрансферне функције су обрађени према WRB педолошкој карти Војводине (IUSS Working Group WRB, 2014).



Прилог 1. Преузимање и обрада растерских слојева за територију АП Војводине у софтверском систему QGIS

У циљу тестирања сигурности коришћених података, за потреба овог истраживања, 150 узорaka земљишта је прикупљено са територије АП Војводине. За потребе одабира места узорковања коришћена је дигитална WRB педолошка карта Војводине (IUSS Working Group WRB, 2014). Распоред узорака је приказан у Прилогу 2. Анализирани узорци земљишта у највећем броју потичу из референтне групе земљишта Chernozems (41%), затим Gleysols (16%), Phaeozems (14%), Fluvisols (10%), Solonetz (5%), Cambisols (4%), Vertisols (4%), Planosols (3%), Arenosols (2) и Solonchaks (1%). Број узорака са одређеног типа земљишта приближно је пропорционалан његовој заступљености. Узорци земљишта су узети на репрезентативном месту са обрадивих површина, са дубине од 0-30 cm и у нарушеном стању. У узорцима је одређен механички састав, садржај хумуса и капацитет адсорпције катјона (СЕС). Лабораторијске анализе су вршене у Лабораторији за Педологију и водни режим земљишта, Пољопривредног Факултета у Новом Саду. Механички састав је одређен интернационалном Пипет методом. Према Thun-у, узорак је припремљен за анализу коришћењем Na-пирофосфата, а текстурна класификација је извршена према Tomtegr-у. Капацитет адсорпције катјона је одређен екстракцијом катјона са натријум-ацетатом и амонијум ацетатом. Концентрација Na⁺ јона у екстракту одређена је помоћу ICP-а (Индуковано купловна плазма ICP—OES VistaPro Varian). Код бескарбонатних узорака, у циљу одређивања СЕС-а, вршено је одређивање суме базних катјона и хидролитичке киселости. Корелациона анализа је коришћена како би се сагледала јачина везе између вредности СЕС-а које су добијају педотрансферном функцијом и вредности СЕС-а које се добијају лабораторијским методама. Корелациона анализа је вршена у статистичком програму Statistica 13.5.



Прилог 2. Педолошка карта Војводине (IUSS Working Group WRB, 2014) са локалитетима на којима су изведена теренска истраживања.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

На основу резултата лабораторијских анализа, средње вредности СЕС-а за различите типове земљишта кретале су се у границама од 23.58 cmol/kg до 36.24 cmol/kg . Према утврђеним средњим вредностима СЕС-а у cmol/kg , редослед испитиваних типова земљишта је следећи: Solonetz (36.24), Cambisols (32.35), Vertisols (32.24), Planosols (31.88), Fluvisols (28.86), Phaeozems (27.97), Arenosols (27.71), Solonchaks (26.10), Gleysols (25.81), Chernozems (23.58). Средња вредност СЕС-а за испитиване типове земљишта износила је 26,68 cmol/kg (Табела 1).

На основу података о капацитету адсорпције катјона који су добијени педотрансферном функцијом, средње вредности СЕС-а за полигоне различитих типова земљишта кретале су се у границама од 23.31 cmol/kg до 33.52 cmol/kg . Према утврђеним средњим вредностима СЕС-а у cmol/kg које су добијене педотрансферном функцијом, редослед испитиваних типова земљишта је следећи: Solonetz (33.52), Vertisols (30.65), Gleysols (27.06), Cambisols (26.53), Chernozems (26.41), Solonchaks (26.04), Arenosols (25.22), Planosols (24.07), Phaeozems (24.03), Fluvisols (23.31). Средња вредност СЕС-а која је добијена педотрансферном функцијом за територију АП Војводине износила је 26,63 cmol/kg (Табела 1).

Табела 1. Просечне вредности капацитета адсорпције катјона за испитиване референтне групе земљишта

RSG (WRB 2014)	Lab.		Pedotrans f.	
	CEC (cmol kg ⁻¹)	SD	CEC (cmol kg ⁻¹)	SD
Fluvisols	28.86	9.27	23.31	8.73
Arenosols	27.71	4.54	25.22	8.54
Chernozems	23.58	5.95	26.41	6.35
Phaeozems	27.97	6.48	24.03	6.86
Cambisols	32.35	9.05	26.53	3.12
Planosols	31.88	7.46	24.07	8.97
Gleysols	25.81	10.31	27.06	5.86
Vertisols	32.24	3.40	30.65	5.35
Solonchaks	26.10	-	26.04	6.08
Solonetz	36.24	4.89	33.52	4.51
Средња вредност	26.68	7.99	26.63	6.44

У оба случаја, већим капацитетом адсорпције катјона одликују се земљишта која садрже више глине и хумуса. Веће вредности капацитета адсорпције катјона на земљишту типа Arenosols указују да су узорци узети на површини која се интензивно ђубри тресетом или другом органском материјом. Код података који су добијени педотрансферном функцијом, одуспања од уобичајених вредности указују на разлике у педолошким картама креираним од стране SoilGrids-a, а који се ослања на World Reference Base (2006) Soil Groups, и Педолошке карта Војводине (IUSS Working Group WRB, 2014).

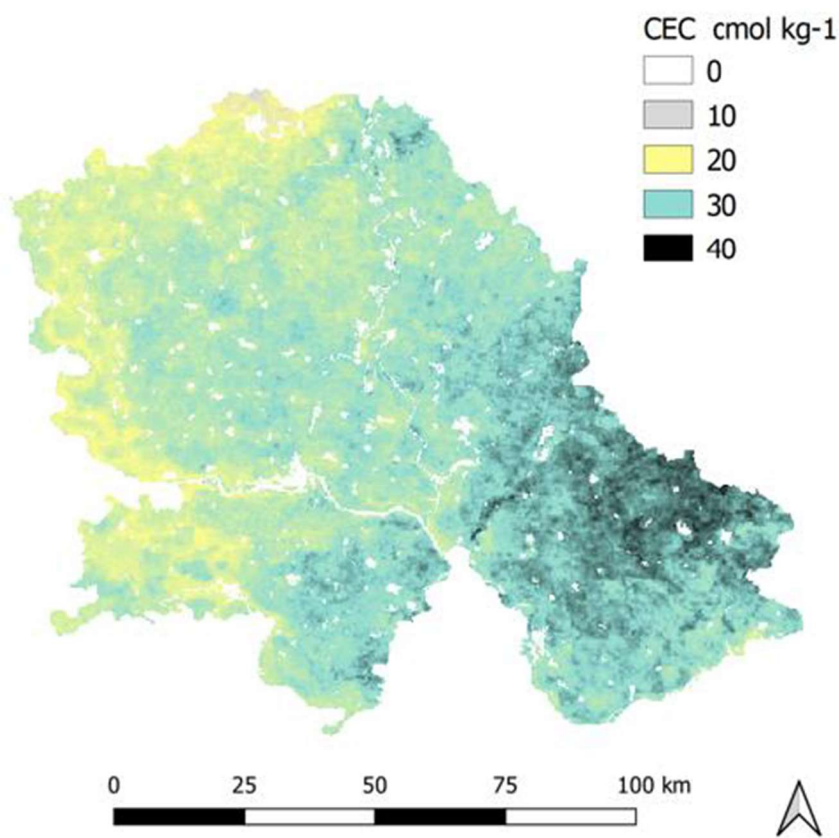
Вредности стандардне девијације за лабораторијске податке варирају у границама од 3.40 до 9.27, што је последица дистрибуције узорковања земљишта, односно великог подручја истраживања. За податке који су добијени педотрансферном функцијом, стандардна дивијација варира од 3.13 до 8.73, што се објашњава 250m резолуцијом полигона са којих су очитани подаци за појединачне типове земљишта.

У односу на подручје истраживања, 79% земљишта територије АП Војводине има вредности капацитета адсорпције катјона од 20 до 30 cmol kg⁻¹, 18% земљишта територије АП Војводине има вредности капацитета адсорпције катјона преко 30 cmol kg⁻¹, док само 3% земљишта територије АП Војводине има капацитета адсорпције катјона нижи од 10 cmol kg⁻¹. Земљишта на територији АП Војводине углавном имају вредности капацитета адсорпције катјона од 18-32 cmol kg⁻¹ (Прилог 3).

Иако земљишта која имају капацитет адсорпције катјона (CEC) нижи од 10 cmol kg⁻¹ нису у значајној мери заступљена у Војводини, ипак захтевају зажљиво управљање уколико се жели одржати стабилна производња. Код киселих земљишта, повећање капацитета адсорпције катјона може се постићи калцизацијом. На осталим земљиштима, уношење органске материје је најефикаснији метод за побољшање капацитета адсорпције катјона. Остале методе се односе на преобраћање обрадивих површина у пашњаке и плодород.

Педотрансферна функција, у којој су коришћени подаци о садржају глине и органског уљеника који су добијени аналитички, показала је значајну стохистичку позитивну линеарну везу са лабораторијским подацима CEC-a, што је потврђено коефицијентом корелације при прагу значајности 0.001, а који износи $r=0.39$.

Резултати истраживања су показали у којој су мери подаци добијени педотрансферном функцијом доследни за коришћење у практичне сврхе. Примена педотрансферних функција има ефекта у пројектовању глобалних мапа земљишта. Међутим, како би се радило на решавању низа хитних глобалних питања, потребне су ажурне информације о светским земљишним ресурсима на нивоу који је сразмеран потребама корисника (Sousa et. al., 2020).



Прилог 3. Мапа приказа вредности капацитета адсорпције катјона за територију АП Војводине

ЗАКЉУЧАК

Будући да аналитичко одређивање СЕС-а има мали учинак по јединици времена, а захтева велики утрошак хемијских средстава, педотрансферна функција пружа могућност приступа подацима са великих територија много брже и ефикасније. Шира употреба педотрансферних функција зависиће од валидације доступних података али и валидације саме функције у различитим истраживањима. Са креираним мапама које пружају увид у тренутно стање отпорности земљишта према деградационим процесима, могу да се планирају активности које имају за циљ побољшање или одржавање појединих својстава земљишта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ljiljana Nešić, Jovica Vasin, Milivoj Belić, Vladimir Ćirić, Jovana Gligorijević, Katarina Milunović, Petar Sekulić; The Colloid Fraction and Cation-Exchange Capacity in the Soils of Vojvodina, Serbia, Ratar. Povrt. 52:1 (2015) 18-23, doi: 10.5937/ratpov52-7720
2. Manrique, L. A., Jones, C. A., & Dyke, P. T. (1991). Predicting Cation-Exchange Capacity from Soil Physical and Chemical Properties. Soil Science Society of America Journal, 55(3), 787. doi:10.2136/sssaj1991.03615995005
3. Rehman, H.U., M. Knadel, L.W. de Jonge, P. Moldrup, M.H. Greve, and E. Arthur. 2019. Comparison of cation exchange capacity estimated from Vis–NIR spectral reflectance data and a pedotransfer function. Vadose Zone J. 18:180192. doi:10.2136/vzj2018.10.0192
4. Luis M. de Sousa, Laura Poggio, Niels H. Batjes, Gerard B. M. Heuvelink, Bas Kempen, Eloi Ribeiro, and David Rossiter; SoilGrids 2.0: producing quality-assessed soil information for the globe; <https://doi.org/10.5194/soil-2020-65>
5. HengIT, Mendes de Jesus J, Heuvelink GBM, Ruiperez Gonzalez M, Kilibarda M, Blagotić A, et al. (2017) SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. PLoSONE12(2): e0169748. doi:10.1371/journal.pone.0169748
6. IUSS Working Group WRB, 2014
7. Nešić, Lj., Belić, M., Ćirić, V., Sekulić, P., & Vasin, J. (2013). *Content of clay and humus in some soils of Vojvodina*. Proc.Intl.Conf. "Ecology in the Service of Sustainable Development", 26-28 September 2013, Fruška Gora, Andrevlje, Serbia. p.70-75
8. ISRIC – World Soil Information, Wageningen, the Netherlands & SoilGrids
9. R.L. Parfitt , D.J. Giltrap & J.S. Whitton (1995) Contribution of organic matter and clay minerals to the cation exchange capacity of soils, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 26:9-10, 1343-1355, DOI: 10.1080/00103629509369376
10. Oades, J.M. 1989. An Introduction to Organic Matter in Mineral Soils, pp. 89. IN: J.B. Dixon and S.B. Weed (eds.) Minerals in Soil Environments. Soil Science Society of America, Madison, WI.

ПРОМЕНЕ У ЛАКОЈ ФРАКЦИЈИ ОРГАНСКЕ МАТЕРИЈЕ КАМБИСОЛА У ЗАВИСНОСТИ ОД ЋУБРЕЊА МИНЕРАЛНИМ ЋУБРИВИМА

Никола Коковић¹, Владимир Угреновић¹, Владимир Миладиновић¹, Марина Јовковић¹, Љубомир Животић³, Горан Јаћимовић²

¹Институт за земљиште, Београд, Србија

²Нови Сад, Пољопривредни факултет, Департман, Нови сад, Србија

³Београд, Пољопривредни факултет, Департман, Нови сад, Србија

*аутор за контакт: soils.kokovic@gmail.com

САЖЕТАК

Лабилну фракцију органске материје земљишта (LFOM) чине органски остаци који још нису укључени у процес распадања, органски остаци који се налази у различитим фазама разлагања, микробна биомаса, продукти њиховог метаболизма и разградивих нехумификованих једињења. Највећи део LFOM чини такозвана „Лака фракција“ органске материје (LF) коју представљају органски остаци са препознатљивом ћелијском структуром, и она попуњава средњи положај између свежег не-разграђеног биљног материјала и више распадануте фракције хумуса. У циљу утврђивања утицаја минералних ђубрива на промене лаке фракције ОМ камбисола обављена су истраживања на следећим варијантама огледа у пољу: контролна варијанта (без ђубрења) 2. N1P2K2 (60/90/80кг/ха) 3. N2P2K2 (90/90/80 кг/ха) 4. N3P2K2 (120/90/80 кг/ха) 5. N4P2K2 (150/90/80 кг/ха), а два узорка су узета са истог типа природног (девичанског) земљишта које се налази у близини огледа и које није било у пољопривредном коришћењу и то: један узорак под природном травном вегетацијом, а други узорак под шумском вегетацијом.

У оба периода узорковања (јесен-пролеће) код ђубрених варијанти највеће количине угљеника и азота „лаке фракције“ су нађене у N4 варијанти огледа, док су најмање количине нађене у N1 варијанти. Са повећањем количине додатог азота у ђубреним варијантама, у оба периода узимања узорака сигнификантно расте количина угљеника (LFC) и азота (LFN) у лакој фракцији. Иако су вредности за оба параметра у N4 варијанти веће него код N3, разлике које се јављају нису сигнификантно значајне. Што се тиче односа између вредности за LFC и за LFN и њихових пропорције у укупном садржају ОМ све вредности су веће код узорака узетих у јесен. Установљено је да примена растућих доза минералног азота на камбисолу, поред тога што утуче на смањење процеса опадања укупних количина C и N, утиче и на повећање садржаја LFC и LFN, као и на повећање њиховог садржаја у укупној ОМЗ, и у директној је корелацији са приносом култура. Сви показатељи „лаке фракције“ су код узорака природне ливаде и шуме изразито већи него код узорака земљишта из огледа. С тим да се заступљеност C и N лаке фракције у укупној ОМЗ и у укупном азоту није изразито променила.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: лабилна органска материја, лака фракција, ђубрење, камбисол

УВОД

Органска материја земљишта састоји се од разних компоненти. Они укључују, у различитим пропорцијама и многим прелазним фазама, активну органску фракцију укључујући микроорганизме (10-40 %) и отпорну или стабилну органску материју (40-60 %), односно хумус (Gregorich and Janzen., 1996; Coiteaux, et al., 1995). Лабилну фракцију чини органски остаци који још нису укључени у процес распадања, органски остаци која се налази у различитим фазама разлагања, микробна биомаса, продукти њиховог метаболизма и разградивих нехумификованих једињења (Saljnikov et al., 2013). Највећи део лабилне фракције чини такозвана „Лака фракција“ органске материје (LFOM) коју представљају органски остаци са препознатљивим ћелијском структуром, и она попуњава средњи положај између свежег не-разграђеног биљног материјала и више распадануте фракције хумуса (Gregorich and Janzen, 1996). LFOM може бити пореклом из различитих извора, али обично доминирају делови из биљних остатака. Ова фракција органског С,

служи као извор енергије и хранљивих материја за земљишне организме, и као извор хранљивих материја за биљке.

Искључива примена минералних ђубрива на садржај ОМЗ у већини вишегодишњих како домаћих, тако и иностраних студија показала је позитиван ефекат на садржај органске материје. Заједничко за све студије је да је садржај органске материје после дугогодишње примене ђубрива већи у ђубреним третманима у односу ка контролу (Manojlović et. al. 2008, Koković et. al 2018.). Такође многа истраживања су показала да обезбеђивањем оптималне исхране биљака применом минералних ђубрива може доћи до повећања садржаја С и N лабилне фракције земљишта. При томе ефекат тог повећања је мањи него у третманима у којима је примењивано органско ђубриво, или заједно органско и минерално ђубриво (Bremer et al., 1994; Campbell et al., 1991; Wang and Zhang, 1998). Механизам тог ефеката се првенствено остварује преко утцаја минералних ђубрива, посебно азотних, на повећање укупне биомасе гајених биљака, која се после жетве уноси у земљиште, односно преко повећања лаке фракције која је главни извор за лабилну фракцију (Saljnikov et al., 2013).

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживања су обављена у оквиру стационарног пољског огледа, где се већ преко 60 година примењују искључиво минерална ђубрива. Одабране су варијанте где је примењена растућа количина азота ђубрива, и средња количина фосфора и калијума.

Истраживања су обављена на следећим варијантама огледа у пољу:

1. Контролна варијанта (без ђубрења)
2. N1P2K2 (60/90/80 кг/ха)
3. N2P2K2 (90/90/80 кг/ха)
4. N3P2K2 (120/90/80 кг/ха)
5. N4P2K2 (150/90/80 кг/ха)

а два узорка су узета са истог типа природног (девичанског) земљишта које са налази у близини огледа и које није било у пољопривредном коришћењу и то:

6. један узорак под природном (самониклом) травном вегетацијом,
7. а други узорак под шумском вегетацијом

Назначене варијанте огледа у пољу имају 4 понављања (димензије парцеле 10x6 м) и са сваке је узет средњи узорак са дубине од 0-10 цм. Са исте дубине су узети узорци под травном и шумском вегетацијом. Узорци земљишта су узети у јесен после жетве пшенице (друга половина октобра) и у пролеће (почетак априла), пре припреме земљишта за сетву кукуруза.

LFOM земљишта је издвојена помоћу методе денситометрије (Janzen et al., 1992; Elliott and Cambardella, 1991), која се примењује за изоловање „лаке фракције“, а она је дефинисана као фракција са густином од 2.0 г/см³ или мање.

Реагенс који је коришћен за сепарацију је раствор NaI после подешавања његове густине до 1,8 г/см³. После центрифугирања суспендовани материјал, односно "лака фракција" (LF), је директно пребачена у филтрациону јединицу. После чега LF је опран (трикратно са 10-мл CaCl₂ а затим три пута са дестилованом водом), после чега је осушен на 70 °C у трајању од 15 сати и измерен. Остатак је поново суспендован, а процедура је поновљена како би се одредила комплетна количина LF. Композитни узорак LF је фино семељен и анализиран на CNS анализатору за укупни садржај N и C.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Квантитативни подаци везани за лаку фракцију органске материје (ЛФОМ) су приказани у табелама бр. 1 и 2.

Табела. 1. Садржај органског угљеника и укупног азота у површинском (0-10) слоју земљишта после дугогодишње примене растућих доза азота(јесен 2013)

варијанта	количине додатог ђубрива	Органски угљеник	укупни азот	C/N однос
	kg/ha	g/kg		
контрола	0	10.79a	1.18a	9.11
N1	N ₆₀ P ₈₀ K ₈₀	12.46b	1.29b	9.63
N2	N ₉₀ P ₈₀ K ₈₀	12.9b	1.38b	9.38
N3	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	12.9b	1.38b	9.38
N4	N ₁₅₀ P ₈₀ K ₈₀	13.07b	1.49c	8.79
ливада	0	32.01	2.96	10.81
шума	0	46.36	3.79	12.23

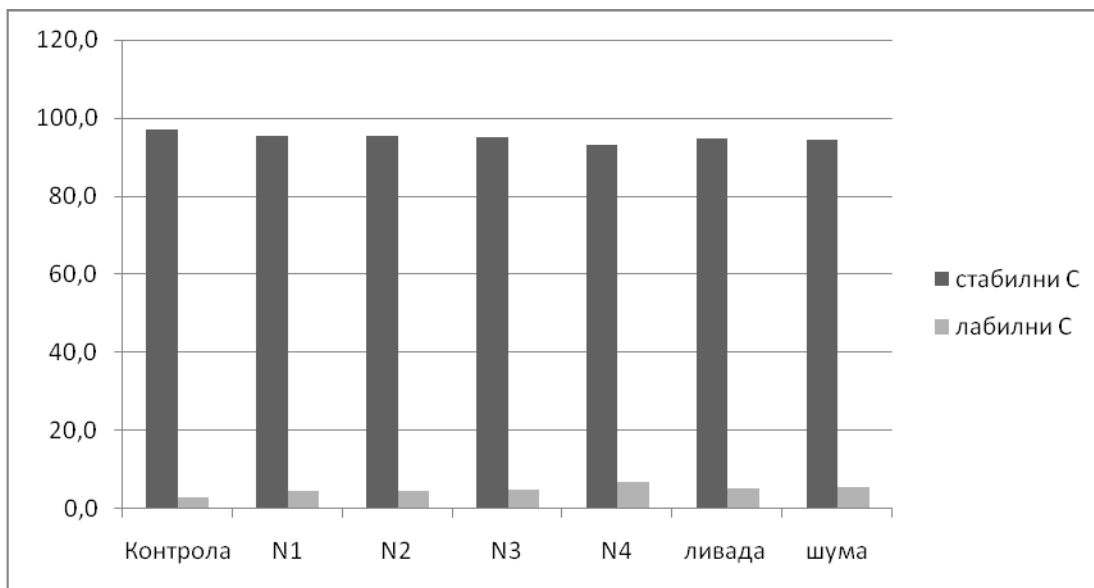
Табела 2. Сува маса „лаке фракције“(LFSM), угљеник и азот лаке фракције(LFC иLFN), Јесен 2013.

варијанта	количине додатог ђубрива	LFSM	LFC	LFN	C/N	% LFSМод укупног органског C	део од земљишног органског Си N(%)	
							као LFC	као LFN
		g/kg земљишта	mg/kg земљишта					
контрола	0	1.606a	332,44a	17,39a	19	14,88	3,08	1,47
N1	N ₆₀ P ₈₀ K ₈₀	2.79b	589,55b	30,77b	19	22,39	4,73	2,39
N2	N ₉₀ P ₈₀ K ₈₀	2.93 b	590,69b	35,13b	17	22,71	4,58	2,55
N3	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	3.356c	650,16c	40,47c	16	26,02	5,04	2,93
N4	N ₁₅₀ P ₈₀ K ₈₀	3.428c	680,49c	42,20c	16	26,23	6,73	3,66
ливада	0	6,948	1692,88	98,52	17	21,71	5,29	3,33
шума	0	10,963	2608,97	142,08	18	23,65	5,63	3,75

У огледу са ђубрењем у оба проучавана периода и "лака фракција" угљеника (LFC) и азота (LFN) и њихове пропорције у укупном COM су биле значајно веће у односу на контролу.

У оба периода код ђубрених варијанти највеће количине угљеника и азота „лаке фракције“ су нађене у N4 варијанти огледа, док су најмање количине нађене у N1 варијанти. Са повећањем количине додатог азота у ђубреним варијантама, у оба периода узимања узорака сигнификантно расте количина угљеника и азота у лакој фракцији. Иако су вредности за оба параметра у N4 варијанти веће него код N3, разлике које се јављају нису сигнификантно значајне. То значи да примена растућих доза минералног азота на камбисолу, поред тога што утуче на смањење процеса опадања укупних количина C и N (Табела 1), утиче и на повећање садржаја LFC и LFN, као и на повећање њиховог садржаја у укупној OM3. Пошто LFOM у великој мери зависи од уноса биљних остатака (Gong et. al. 2009), може се рећи да су и у нашем случају квантитативни параметри добијени за лаку фракцију такође у сагласности са истраживањима претходних аутора.

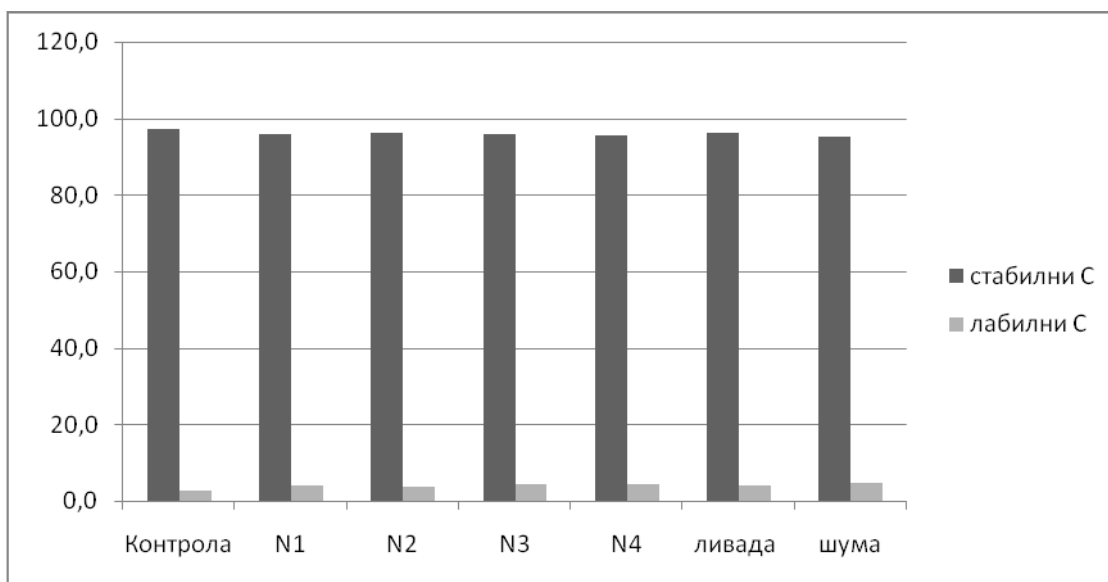
Наиме, повећање додатог азота ђубривом доприноси бољем расту биљака, и повећању жетвених остатака после жетве на парцелама са већом количином додатог азота. (подземна маса корена и материје секреција корена) које се враћају у земљиште. Јаџиновић и сар. (2009) истичу да маса жетвених остатака (сламе стабла, листова, корења) у биљној производњи може бити прилично велика и за пшеницу износи 4-6 т/ха, а за кукуруз и до 10 т/ха. Сaмпбелетал. (1991) су у својим вишегодишњим истраживањима утврдили да за оджавање нивоа ОМЗ посебан значај имају подземни биљни остаци, а да заорани надземни жетвени остаци немају значајан допринос.



Графикон 1. Однос(дистрибуција) лабилног и стабилног угљеника (јесен 2013)

Последњих година много истраживача (Gale et al., 2000; Kuzyakov и Domanski, 2000; Kuzyakov и Schneckenberger, 2004) у својим истраживањима констатују нарочит значај подземних остатака за очување садржаја и квалитета ОМЗ. Многи истраживачи су се бавили утврђивањем односа надземног и подземног дела, јер то чини претпоставку о значају појединих органа биљака за допринос ОМЗ. Тако Bolinderetal. (1997) процењују да је код пшенице SR (shoot:root) просечан однос 4,9 што значи да је маса корена приближно 45% масе сламе. До сличних резултата су дошли и Liljerothetal., (1994) који су утврдили да код пшенице алокација С у подземне органе износи 44-58% од бруто примарне продукције. BeauchampиVoroney (1994) наводе да је вредност SR за пшеницу 5, а да је количина С која потиче од корена и ексудата чини 20% укупне количине фиксираног С. Ако би усвојили да је та вредност 5 онда би укупна количина жетвених остатака у облику корена на основу приноса надземних жетвених остатака и зрна пшенице била: контролу 639,12 kg/ha, за N1 варијанту 834,46 kg/ha, за N2 1003,16 kg/ha, за N3 1196,83 kg/ha и за N4 варијанту 1214,04 kg/ha. Ако би на ову количину додали и органску материју која се акумулира од од метаболизма корена, такозваних ексудата корена или "екстра корена" која по студијама које су се бавиле утврђивањем ове количине (Johansson, 1992; Swinnenetal., 1995) износи 50% или више од укупне количине жетвених остатака који остају од корена. Онда би укупна количина подземних органских остатака била за контролу 958,68 kg/ha, за N1 варијанту 1251,69 kg/ha, за N2 1504,74 kg/ha, за N3 1795,25 kg/ha и за N4 варијанту 1821,07kg/ha. Поред ових подземних органских остатака, у случају одношења надземних остатака са поља, ипак значајан део тих остатака остаје на стрништу. Према истраживањима Martinova и сар.(2005) ова количина пре свега зависи од висине реза, и према његовим мерењима остатак сламе на стрништу код пшенице за висину реза од 15cm је био у влажној сезони 33% а у сувој 39% у односу на принос зрна. Ако се узме и губитак сламе при њеном скупљању, исти аутори наводе да више од 50% надземне биомасе ипак остаје у земљи. Ако би применили овај однос за проучавано огледно поље на коме се надземни остаци сламе односе са поља, за 2013 годину, онда би за приносе сламе у 2013 години таб.3 укупне количине жетвених остатака, надземних и подземних, које остају после жетве биле за контролу 2453,68

kg/ha, за N1 варијанту 3256,69 kg/ha, за N2 3749,74 kg/ha, за N3 4280,25 kg/ha и за N4 варијанту 4381,07kg/ha. Ово су неке оријентационе вредности које нам указују колико се уношењем минералног азота повећава укупна биомаса биљака која је главни извор угљеника у условима искључиве примене минералних ђубрива за ОМЗ, а пре свега LF. И у другим вишегодишњим истраживањима (Gongetal., 2009; Yangetal., 2005; Saljnikovetal., 2005) је потврђено позитивно дејство минералних ђубрива, посебно азота, на количину LFC и LFN и на њихов садржај у укупној у ОМЗ и укупном азоту. И да се значајне промене, односно повећања ОМЗ углавном одвијају у оквиру ове фракције, док промене у вредностима тешке фракције (стабилани део ОМЗ) нису сигнификантни.



Графикон 2. Однос(дистрибуција) лабилног и стабилног угљеника (пролеће 2014)

Што се тиче односа између вредности за LFC и за LFN и њихових пропорције у укупном садржају ЗОМ све вредности су веће код узорка узетих у јесен. И поред тога што је дошло до опадања количине лаке фракције (LFSM) у узорцима узетим у пролеће дошло је и до пада вредности LFC и LFN и до благог смањења односа LFC/ LFN.

Опадање садржаја "лаке фракције" током лабораторијских инкубација (FordandGreenland, 1968) или у току вегетационог периода у пољу (DalalandMayer, 1986) не подразумева нужно минерализацију азота. Овај пад се може објаснити тиме што део "лаке фракције" органске материје се трансформише у стабилну фракцију((CameronandPosner, (1979) LaddandAmato, (1980)) Према томе, пад LF се може повезати са обртом LF, али се не може изједначити са минерализацијом LF и LFN ослобађањем.

Сви показатељи „лаке фракције“ су код узорка природне ливаде и шуме изразито већи него код земљишта из огледа узорка. Ово нам говори да привођењем земљишта пољопривредној производњи поред пада укупног органског угљеника и азота долази до наглог пада С и N лаке фракције. С тим да се заступљеност С и N лаке фракције у укпној ОМЗ и у укупном азоту није изразито променила.

ZAKЉUČAK

Примена минералних ђубрива имала је значајан утицај на повећање количине лаке фракције органске материје.

У оба периода проучавања у огледу са ђубрењем (јесен пролеће), примена растућих количина азотног ђубрива имала је позитиван утицај на количину лаке фракције органске материје као и на количину угљеника и азота у лакој фракцији. Иако су вредности за оба параметра у N4 варијанти веће него код N3, разлике које се јављају нису сигнификантно значајне.

Количине лаке фракције органске материје имају изразит сезонски карактер, на шта указују веће вредности свих проучаваних параметара у јесен у односу на пролеће.

Вредности укупног органског угљеника и азота, као и угљеника и азота лаке фракције органске материје изразито су веће код узорака узетих из природне ливаде и шуме у односу на све варијанте узорака из вишегодишњег огледа са ђубрењем. То нам указује да привођењем земљишта пољопривредној производњи уз примену стандардне пољопривредне праксе долази до неминовног пада органске материје. Пошто је уношење органских ђубрива у Србији ограничен ресурс, у будућности би требало више да се посвети изучавању начина преко којих би се побољшао биланс органске материје обрадивих земљишта. Пре тога неопходно је формирање мониторинга праћења не само квантитативних, већ и квалитативних својстава органске материје, у којем би као кључна мера требало пратити и лабилну фракцију у којој се одвијају најважније промене ОМ, што смо и приказали у истраживању у овом раду.

LITERATURA

- Bolinder, M.A., Angers, D.A., Dubuc, J.P. (1997): Estimating shoot to root ratio and annual carbon input in soil for cereal crops. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, Vol. 63: 61-66.
- Beauchamp, E.G., Voroney, R.P. (1994): Crop carbon contribution to the soil with different cropping and livestock systems. *Journal of soil and water conservation*, Vol. 49 (2): 205-209
- Coûteaux, M.M., Bottner, P. and Berg, B., 1995. Litter decomposition, climate and litter quality. *Tree* 10: 63-66.
- Campbell, C.A., Lafond, G.P., Zentner R.P., Biederbeck, V.O. (1991): Influence of fertilizer and straw baling on soil organic matter in a thin black chernozem in western Canada. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol 23, Pages 443-446.
- Cameron, R.S. and Posner, A.M., 1979. Mineralizable organic nitrogen in soil fractionated according to particle size. *J. Soil Sci.* 30: 565-577.
- Dalal R.C. and Mayer R.J., 1986. Long-term trends in fertility of soil under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. II Total organic carbon and its rate of loss from soil profile. *Aust. J. Soil Res.*, 24: 281-292.
- Elliott, E.T. and Cambardella, C.A., 1991. Physical separation of soil organic matter. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 34: 407-419.
- Ford, G.W. and Greenland, D.J., 1968. The dynamics of partly humified organic matter in some arable soils. *Trans. 9th Int. Congr. Soil Sci.*, Adelaide, 2: 403-410.
- Gale, W.J., Cambardella, C.A., Bailey, T.B. (2000): Surface residue- and root derived Carbon in stable and unstable aggregates. *Soil Science Society of American Journal*, Vol. 64: 196-201
- Gregorich, E. G. and Janzen, H.H. 1996. Storage of soil carbon in the light fraction and macroorganic matter. P. 167-190. In M.R. Carter and B.A. Stewart (ed.) *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. CRC press, Boca Raton, FL
- Jaćimović, G., Malešević, M., Bogdanović, D., Marinković, B., Crnobarac, J., Latković, D., Aćin, V. 2009. Prinos pšenice u zavisnosti od dugogodišnjeg zaoravanja žetvenih ostataka. *Letopis naučnih radova, Poljoprivredni fakultet Novi Sad*, 33: 85-92.
- Janzen, H.H., Campbell, C.A., Brandt, S.A., Lafond, G.P., Townley-Smith, L., 1992. Light fraction organic matter in soils from long-term crop rotation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56, 1799–1806.
- Martinov, M., Tešić, M., Konstantinović, M., Stepanov, B. (2005) *Perspektive u korišćenju biomase za grejanje domaćinstava u seoskim područjima. Savremena poljoprivredna tehnika*, vol. 31, br. 4, str. 211-220
- Johansson, G. (1992): Below-ground carbon distribution in barley (*Hordeum sativum* L.) with and without nitrogen fertilization, *Plant and Soil*, Vol. 144: 93-99.
- Koković N., E. Saljnikov, Z. Dinić, B. Sikirić, V. Mrvić and B. Nerandić. 2018. Hemijske osobine zemljišta posle 50 godišnjeg đubrenja zemljišta mineralnim đubrivima. *Zemljište i Biljka* 67(2):1-9, http://www.sdpz.rs/images/casopis/2018/ZIB_vol67_no2_2018_pp01-09.pdf
- Kuzyakov, Y., Domanski, G. (2000): Carbon input by plant into the soil. *Rev. Journal of Plant Nutrition Soil Science*. Vol. 163: 421-431.
- Kuzyakov, Y., Schneckenberger, K. (2004): Review of estimation of plant rhizodeposition and their contribution to soil organic matter formation. *Archives of Agronomy and Soil Science*, Vol. 50: 115-132.

- Ladd, J.N. and Amato, M., 1980. Studies on nitrogen immobilization and mineralization in calcareous soils-IV. Changes in the organic nitrogen of light and heavy subfractions of silt- and fine clay size particles during nitrogen turnover. *Soil Biol. Biochem.* 12: 185-189.
- Liljeroth, E., Kuikman, P. Van Veen, J. A. (1994): Carbon translocation to the rhizosphere of maize and wheat and influence on the turnover of native soil organic matter at different soil nitrogen levels. *Plant and Soil*. Vol. 161: 233–240.
- Manojlović, M., Aćin, V., Šeremešić, S. 2008. Long-term effects of agronomic practices on the soil organic carbon sequestration in Chernozem, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 54:4: 353-367.
- Gong W, Yan X., Wang J , Hu T , Yuanbo Gong Y. 2009.Long-term manure and fertilizer effects on soil organic matter fractions and microbes under a wheat–maize cropping system in northern China.*Geoderma* 149 :318–324
- Saljnikov, E, Cakmak D., and Rahimgalieva S.,2013: Soil organic Mater Stability as Affected by Land Managment in Steppe Ecosystems. In eds.. Hernandez Soriano M. C., *Soil Processes and current trends in quality assessment*. InTech.Croatia. pp,269-310.
- Swinnen, J., van Veen, J.A., Merckx, R. (1995): Carbon fluxes in the rizosphere of winter wheat and spring barley with conventional vs integral farming. *Soil biology biochemistry*. Vol. 27: 811-820

ЕСЕНЦИЈАЛНИ И ТОКСИЧНИ ЕЛЕМЕНТИ У ТРАГОВИМА У ЗЕМЉИШТУ И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА ЛАНАЦ ХРАНЕ

Маја Манојловић^{1*}

¹Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија

*аутор за контакт: maja.manojlovic@polj.uns.ac.rs.rs

САЖЕТАК

УВОД и ЦИЉЕВИ: Елементи у траговима (TEs) улазе у ланац исхране кроз обogaђено земљиште распадањем геолошких материјала или кроз контаминацију узроковану индустријским активностима, саобраћајем, депоновањем отпада и употребом компоста или другог отпадног материјала као ђубрива. Такође, ђубрива, посебно сирови фосфати, неки пестициди и вода за наводњавање такође могу бити извор есенцијалних и токсичних TEs. Елементи у траговима утичу на биљке, животиње и људе на двоструки начин. Недостатак есенцијалних TEs не само да смањује продуктивност усева, већ ниске концентрације TEs у сточној храни и храни за човека негативно утичу на здравље животиња и људи. С друге стране, акумулација токсичних TEs у земљишту и биљкама може узроковати смањење приноса гајених биљака, као и метаболичке поремећаје код животиња и људи. Многи процеси су укључени у трансформацију TEs у земљишту, контролишући њихову биорасположивост и мобилност, што доводи до тога да укупни TEs у земљишту у многим случајевима не представљају концентрације TEs које биљке могу да усвоје.

МАТЕРИЈАЛ и МЕТОД: Овај преглед разматра TEs, њихове изворе и биорасположивост. Такође је фокусиран на TEs у биљкама за сточну храну и храну за човека у погледу законских прописа и дневних потреба. Поред тога, приказана је студија случаја у вези са недостатком селена у земљишту (Se) који утиче на ланац исхране.

РЕЗУЛТАТИ и ЗАКЉУЧЦИ: Доступни подаци из Србије показују да није било довољно систематских истраживања и праћења комплетног ланца исхране земљиште-биљка-животиња, али указују на то да уопште земљишта, сточна храна и храна не показују значајније загађење TEs. Изузеци су високо индустријска подручја и подручја у близини рудника где су концентрације загађујућих материја повишене и сточна храна која се производи у овој области захтева пажљиво праћење. Као последица ниског нивоа Se у земљишту, сточна храна и храна за људе не обезбеђује довољно Se. Биофортификација биљака Se може бити добар приступ за повећање концентрације Se у сточној храни и храни за људе. Спровођење свеобухватних студија и непрекидно праћење земљишта, сточне хране и прехранбених производа је неопходно како би се заштитио ланац исхране од токсичних TEs и побољшао квалитет хране снабдевањем не само есенцијалним елементима за раст биљака већ и неесенцијалним елементима за биљке, али неопходним за животиње и људе. Истраживања су такође потребна да би се утврдио утицај агротехничких мера управљања на снабдевање биљака TEs и за боље њихово коришћење.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: Микроелементи; тешки метали; биорасположивост; биофортификација

УВОД

Елементи у траговима (TEs) улазе у ланац исхране преко земљишта обогаћеног распадањем геолошких материјала или услед контаминације проузроковане индустријским активностима, саобраћајем, депоновањем отпада и употребом компоста или другог материјала, често непровереног квалитета, као извора хранива или побољшивача земљишта. Ђубрива, посебно сирови фосфати, неки пестициди и вода за наводњавање такође могу да буду извор есенцијалних, али и потенцијално токсичних TEs.

Елементи у траговима утичу на биљке, животиње и људе на више начина. Недостатак есенцијалних TEs, који се називају микроелементи (бакар (Cu), цинк (Zn), манган (Mn), гвожђе (Fe), молибден (Mo), бор (B) и никл (Ni)), не само да смањује продуктивност усева, већ ниске концентрације ових елемената у сточној храни и храни за човека негативно утичу на здравље животиња и људи. С друге стране, акумулација потенцијално токсичних TEs у земљишту и биљкама, као што су кадмијум (Cd), олово (Pb), хром (Cr), жива (Hg) и арсен (As), чак и при ниским концентрацијама може бити узрок смањења приноса гајених биљака, и довести до метаболичких поремећаја код животиња и људи. Постоје и елементи који нису неопходни за живот биљака, али су потребни за животиње и људе, као што су селен (Se), кобалт (Co) и јод (I).

Недостаци микроелемената или „скривена глад“ утичу на животе око 2 милијарде људи широм света. У земљама у развоју више од 10 милиона деце млађе од 5 година умиру сваке године; 60 посто ових смртних случајева је повезано са потхрањеношћу, и око 2 милијарди људи је анемично због недостатка Fe (WHO/WFP/UNICEF, 2007). Недостатак I и Zn такође проузрокује озбиљне здравствене проблеме. Међутим, у високим концентрацијама у земљишту, ови елементи могу негативно утицати на живе организме, односно могу деловати токсично.

Многи процеси и фактори су укључени у трансформацију TEs у земљишту, контролишући њихову биорасположивост и мобилност, што доводи до тога да укупни TEs у земљишту у многим случајевима не представљају концентрације TEs које биљке могу да усвоје. Приступачност TEs за биљке, односи се на концентрације и облике елемената у земљишном раствору, одакле биљке усвајају TEs. Осим тога, бројни процеси у организмима живих бића утичу на мању или већу искористљивост ових елемената.

Овај преглед разматра TEs, њихове изворе, утицај на ланац исхране, као и мере контроле њиховог садржаја у земљишту у циљу спречавања акумулације у земљишту токсичних TEs. Такође је фокусиран на TEs у биљкама за сточну храну и храну за човека у погледу законских прописа и дневних потреба. Поред тога, приказана је студија случаја у Србији вези са недостатком селена у земљишту (Se) који утиче на ланац исхране и могућности за повећање концентрације Se у пшеници, најважнијој житарици за производњу хлеба.

Елементи у траговима у земљишту

Укупан садржај есенцијалних и потенцијално токсичних елемената у траговима (TEs) у земљишту је збир концентрација елемената из литогених, педогених и антропогених извора, умањен за губитке ових елемената (жетвом, испирањем, испаравањем, ерозијом или одношењем). Широки спектар антропогених извора TEs укључује атмосферско таложење честица аеросола, капи кише које садрже честице TEs и гасовите облике елемената. У пољопривреди, извори TEs су директна примена пољопривредног ђубрива, агрохемикалија и разних органских материјала, укључујући канализациони муљ, стајњак, отпад од хране и компост. Осим тога, у непосредној близини рудника, индустријских објеката, настају материјали као што су пепео, рудни отпад и отпадна вода који могу да буду загађивачи земљишта TEs (Kabata-Pendias & Mukherjee, 2007). Осим тога, од 50-тих година прошлог века, дошло је до интензивирања пољопривредне производње уз повећање примене агрохемикалија. Све то је резултирало да је биланс TEs у земљишту углавном позитиван и да се временом концентрације у земљишту повећавају. На основу расположивих података Manojlović & Singh (2012) су радили процену биланса TEs за пољопривредно земљиште у Србији, и указали да је у већини случајева унос TEs 10 пута већи у земљиште у односу на њихово изношење.

Доступни подаци из Србије и региона, показују да нема довољно систематских истраживања и праћења комплетног ланца исхране земљиште-биљка-животиња, али указују на то да уопште земљишта, сточна храна и храна не показују значајније загађење TEs. Изузеци су високо индустријска подручја и подручја у близини рудника где су концентрације загађујућих материја повишене и сточна храна која се производи у овој области захтева пажљиво праћење (Manojlović &

Singh, 2012).

У Табели 1. су приказане уобичајене вредности ТЕs за незагађена земљишта света и најчешћи опсег концентрација ових елемената. Такође, приказане су измерене концентрације ових елемената у земљишту у одређеним регионима у Србији, и углавном се односе на пољопривредна земљишта. Резултати показују нешто више вредности у земљиштима слива Нишаве (Antonović i Mrvić, 2008) у односу на земљишта из Војводине, али и у односу на уобичајене вредности за As и Cd дате од Alloway-a (1990).

Табела 1

Концентрација потенцијално токсичних елемената у земљиштима света и у Србији (mg kg⁻¹ с.м.)

	Земљишта		Србија			
	света	Уобичајене вредности (Опсег)	Војводина <i>n</i> =1,600	Срем <i>n</i> =250	Јужна Бачка <i>n</i> =145	Слив Нишаве <i>n</i> =345
As	9,36	1-20 (0,1-50)	2,19 (0,30-13,0)	8,40 (1,76-21,9)	10,3 (3,26-33,1)	10,6 (1,30-114)
Cd	0,06	0,2-1 (0,01-2,4)	<2	0,43 (0,05-1,50)	0,20 (0,03-2,36)	1,19 (0,05-4,20)
Cr	20–200	70-100 (5–1500)	30,0 (5,33-86,1)	37,9 (7,11-128)	44,8 (17,9-61,2)	24,3 (0,60-121)
Co	10–40	10 (1-40)	.	14,1 (3,81-35,5)	12,4 (5,29-17,3)	
Cu	20	20-30 (2-250)	17,1 (1,85-388)	27,3 (2,49-345)	26,5 (7,83-151)	19,1 (0,10-213)
Hg	0,03	0,03-0,06 (0,01-0,3)				0,16 (0,01-1,54)
Pb	10–150	10-30* 30-100** (2-300)	17,2 (3,0-73,5)	26,8 (7,11-115)	24,4 (7,26-286)	22,1 (0,10-139)
Mo	1–5	1-2 (0,2-5)				
Ni	40	50 (2-1000)	14,8 (1,78-62,7)	52,0 (9,28-255)	35,6 (14,9-58,5)	18,3 (0,10-61,0)
Se	0.20	0,5 (0,01-2)				
Zn	10–300	50 (10-300)	60,3 (10,7-203)	64,4 (5,85-294)	74,4 (22,1-74,4)	38,4 (0,10-147)
Извор	Xie & Lu (2000)	Alloway (1990)	Ubavić et al. (1993)	Nešić et al. (2008)	Nešić et al. (2009)	Antonović i Mrvić (2008)

Прилагођено из: Manojlović & Singh (2012)

Недавна истраживања ТEs у 22000 узорак површинског слоја земљишта са територије Европске Уније су такође показала да је већина испитиваних земљишта безбедна за производњу хране, док 6,24% или 137,000 km² захтева додатна истраживања и могуће мере ремедијације (Tóth et al., 2016).

У циљу контроле евентуалног загађења земљишта, у многим земљама, укључујући Србију, важну смерницу представљају граничне вредности загађујућих материја, односно максималне дозвољене и ремедијационе вредности концентрација опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање. У нашој земљи, оне су дефинисане Правилником о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање и методама њиховог испитивања („Сл. гласник РС”, бр. 23/1994) и Уредбом о граничним вредностима загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту (“Сл. гласник РС”, бр. 30/2018 и 64/2019).

Максимално дозвољене концентрације тешких метала у земљишту и води за наводњавање

Важећи правилник („Сл. гласник РС”, бр. 23/1994) дефинише максимално дозвољене количине (МДК) опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање које могу да оштете или промене производну способност пољопривредног земљишта и квалитет воде за наводњавање, које долазе испуштањем из фабрика, изливањем депонија, неправилном употребом минералних ђубрива и средстава за заштиту биља. Према овом правилнику опасне материје су Cd, Pb, Hg, As, Cr, Ni и F, док су као штетне материје означене Cu, Zn и B (Табела 2).

Табела 2.

Максималне дозвољене концентрације (МДК) опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање у Републици Србији („Сл. гласник РС”, бр. 23/1994)

Елемент	МДК у земљишту	МДК у води
	mg/kg земљишта	mg/l воде
Cd	3	0,01
Pb	100	0,1
Hg	2	0,001
As	25	0,05
Cr	100	0,5
Ni	50	0,1
F	300	1,5
Cu	100	0,1
Zn	300	1
B	50	1

Максимално дозвољене концентрације тешких метала у ђубривима

Да би се избегло загађење земљишта услед евентуално присутних загађујућих материја из ђубрива, законски је прописана максимално дозвољена концентрација тешких метала у ђубривима, помоћним материјама за земљиште и помоћним средствима за биљке, као и дозвољено уношење метала у земљиште на период од 2 године („Службени гласник РС”, бр. 31/2018) (Табела 3). Детаљан приказ потенцијалних загађујућих материја из органских ђубрива и материјала који могу да се користе као ђубрива и побољшивачи земљишта приказан је у раду Manojlović et al. (2021).

Табела 3

Максимално дозвољене концентрације тешких метала у ђубривима, помоћним материјама за земљиште и помоћним средствима за биље (mg kg^{-1}) ("С. гласник РС", бр. 31/2018) и регулисање оптерећености земљишта тешким металима ("Сл. гласник РС", бр. 31/2018)

Метал	Максимални садржај средства за исхрану биља и оплемењивача земљишта (mg/kg по сувој маси)			Максимални садржај ($\text{mg/kg P}_2\text{O}_5$)	Количина у временском периоду од две године (g/ha)
	Ђубрива*, оплемењивачи земљишта и специјални производи	Неорганска ђубрива са више од 5% P_2O_5	Супстрати		
Pb	100	100	50	-	600
Cd	3	-	1	$75 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$	10
Cr	100	500	70	-	600
Ni	100	100	70	-	700
Hg	1	1	0.5	-	400
Pb					10
Zn					3000**

*Изузев неорганских ђубрива са више од 5% P_2O_5

**Изузев неорганских ђубрива са декларисаним садржајем микроелемената

Максимално дозвољене концентрације тешких метала у земљишту

Уредба о граничним вредностима загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту („Службени гласник РС”, бр. 30/2018 и 64/2019) је новији законски пропис који се не примењује искључиво на пољопривредно земљиште. Овом Уредбом дефинисане су граничне вредности загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту чије прекорачење указује на степен загађености који нарушава еколошку равнотежу, намеће се додатна испитивања тог земљишта, као и ограничења у начину управљања, као и вредности загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту на прекораченим нивоима који су безбедни за употребу.

Граничне максималне и ремедијационе вредности загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту дате су у Прилогу 1, који чини његов саставни део. У Табели 4 приказан је део Прилога 1 који се односи на метале.

У случају прекорачења граничних вредности из Прилога 1 и граничних концентрација загађујућих материја у подземним водама утврђених посебним прописом, врше се додатна истраживања на контаминираним локацијама у циљу утврђивања степена загађености земљишта и израде пројеката ремедијације и рекултивације.

Корекција граничних максималних вредности и ремедијационих вредности за метале и арсен у земљишту

Граничне максималне вредности и ремедијационе вредности за метале и As, са изузетком Sn, Mo, Se, Te, Tl и Ag, зависе од садржаја глине и органске материје у земљишту. Приликом утврђивања типа и својстава земљишта, вредности из табеле се коригују у вредности примењиве на актуелно земљиште, а на основу измереног садржаја органске материје и садржаја глине.

За метале се користи следећа корекциона формула, у зависности од типа земљишта, на основу које се врши конверзија.

$$(CW, IW)б = (CW, IW)сб \cdot A + (B \cdot \% \text{ глине}) + (C \cdot \% \text{ органске материје}) \\ A + B \cdot 25 + C \cdot 10$$

Где су:

(CW, IW)б - коригована максимална гранична или ремедијациона вредност за одређено

земљиште

(CW, IW)сб - максимална гранична или ремедијациона вредност из табеле

% глине - измерен проценат глине у одређеном земљишту (величине честица < 2 µm)

% органске материје - измерен проценат органске материје у одређеном земљишту

А, Б, Ц - константе зависне од врсте метала

Табела 4

Граничне максималне и ремедијационе вредности загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту ("Службени гласник РС", бр. 30/2018 и 64/2019) (део Прилога 1)

Metali	Земљиште (mg/kg апсолутно суве материје)	
	Гранична максимална вредност	Ремедијациона вредност
Cd	0,8	12
Cr	100	380
Cu	36	190
Ni	35	210
Pb	85	530
Zn	140	720
Hg	0,3	10
As	29	55
Ba	160	625
Co	9	240
Mo	3	200
Sb	3	15
Be	1,1	30
Se	0,7	100
Te	-	600
Th	1	15
Sn	-	900
V	42	250
Ag	-	15

Максималне концентрације тешких метала у у храни – житарицама, поврћу и воћу

Осим граничних вредности ТЕs које се односе на земљиште, у многим земљама се законском регулативом котролишу концентрације опасних и штетних материја у храни, односно житарицама, воћу и поврћу. У табели 5 су приказане максималне концентрације тешких метала у храни – житарицама, поврћу и воћу у Србији, као део Прилога 1, Правилника о максималним концентрацијама одређених контаминената у храни "Службени гласник РС", бр. 81 од 15. новембра 2019, 126 од 23. октобра 2020, 90 од 17. септембра 2021, 118 од 9. децембра 2021.

Из Табеле 5 се види да се максимално прописане концентрације односе на Pb, Cd, As, док су претходни стандарди укључивали и Hg, која се сада прати само у риби и производима од рибе.

Табела 5

Максималне концентрације тешких метала у храни – житарицама, поврћу и воћу ("Службени гласник РС", бр. 81/2021)

Храна ⁽¹⁾	Максималне концентрације (mg/kg влажне масе)		
	Pb	Cd	As ³
Житарице и махуњарке	0,20		
Махуњарке свеже		0,02	
Махуњарке суве		0,04	
Зрна жита осим пшенице, клица, пиринча, ражи, јечма, <i>T. durum</i>		0,1	
Раж и јечам		0,05	
<i>Triticum durum</i>		0,18	
Пшеничне клице		0,20	
Пиринач, киноа, мекиње		0,15	
Ваљани пиринач који није делимично скуван (полирани и бели пиринач)			0,2
Делимично скуван пиринач и ољуштени пиринач			0,25
Пиринчани вафли, обланде, крекери и кекси			0,3
Коренасто и кртоласто поврће (осим туровца, свежег ђумбира и свеже куркуме), луковичасто поврће, цветајуће купусњаче, главичасте купусњаче, келераба, махунарке и стабљичасто поврће	0,10	0,10 ¹	
Кромпир, ољуштени		0,1	
Поврће и воће (осим коренасто-кртоластог поврћа, лиснатог поврћа, печурки и морских алги) поврћа, свежег зачинског биља, лиснатих купусњача, стабластог		0,05	
Питоме гљиве		0,05	
Дивље гљиве		0,5	
Ротквице		0,02	
Тропско коренасто и кртоласто поврће, першун коренаш, бела репе		0,05	
Цвекле		0,06	
Целер коренаш		0,15	
Целер ребраш		0,10	
Рен, пашканати (паштрнаци), туровац		0,20	
Луковичасто поврће, осим белог лука		0,03	
Бели лук		0,05	
Плодовичасто поврће, осим патлиџана		0,02	
Патлиџани		0,03	
Лиснате купусњаче, туровац, печурке: шампињони, буковача, шитаке и лиснато поврће (осим свежег ароматичног биља) ⁽²⁾	0,30		
Купусњаче, осим лиснатих купусњаче		0,04	
Лиснате купусњаче		0,10	
Лиснато поврће, осим спанаћа		0,10	
Спанаћ и слично поврће (листови), клијанци слачице и свеже ароматично биље		0,20	
Дивље гљиве, свежи ђумбир и свежа куркума	0,80		
Плодовичасто поврће	Кукуруз шећерац	0,10	
	Плодовичасто поврће, осим кукуруза шећерца	0,05	
Воће, осим брусница, рибизли, бобица зове и плодова планике ⁽²⁾	0,10		
Цитруси, јабучасто и коштичаво воће, маслине, киви, банане, манго, папаја, ананас		0,02	
Бруснице, рибизле, бобице зове и плодови обичне планике ⁽²⁾	0,20		
Бобичасто и ситно воће, осим малина		0,03	
Малине		0,04	
Језграсто воће и орашаста плодови, осим пињола		0,20	
Пињоле		0,30	
Остало воће		0,05	

⁽¹⁾ За кромпир, вредности се односе на ољуштени

⁽²⁾ Максимално дозвољена концентрација односи се на воће и поврће после прања и одвајања јестивих делова.

⁽³⁾ Сума тровалентног и петовалентног арсена (As (III) и As (VI)).

Селен

Као последица ниског нивоа селена (Se) у земљишту, сточна храна и храна за људе не обезбеђује довољно Se. Селен је неопходан елемент за људе и животиње, док је за биљке користан, нарочито при стресним условима, где делује као антиоксидант. Недостатак Se је широко распрострањен у свету, укључујући већи део наше земље (Ћивардић, 2003; Manojlović & Lončarić, 2017). Недовољан садржај Se у земљишту, одражава се на обезбеђеност биљака, животиња и човека (Manojlović & Lončarić, 2017). У табели 6 су приказане концентрације укупног и водно-растворљивог Se у земљиштима из Србије, Енглеске и Кине, различито обезбеђеним са Se.

Табела 6
Концентрација Se у земљишту у Србији, Енглеској и Кини

Локација/тип земљишта	<i>n</i>	Опсег ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Средња вредност ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Водно- растворљиви Se ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Референце
Срем и Ванат, Војводина	46	0,110-0,450	0,250	<13	Чувардић (2003)
Војводина	7	0,024-0,194	0,106		Чувардић (2000)
Србија	140	0,079-0,439	0,200		Maksimović et al. (1992)
Северно Поморавље	43	0,120-0,440	0,240		Jakovljević et al. (1995)
Алувијум	18	0,120-0,440	0,250		Jakovljević et al. (1995)
Смеђе шумско земљиште	14	0,140-0,320	0,200		Jakovljević et al. (1995)
Смоница	4	0,130-0,200	0,170		Jakovljević et al. (1995)
Ливадско земљиште	4	0,280-0,430	0,330		Jakovljević et al. (1995)
Хидроморфно црно	2	0,190-0,260	0,170		Jakovljević et al. (1995)
Чернозем	1	-	0,170		Jakovljević et al. (1995)
Енглеска-Велс		<0,01-4,7		50-390	Fordyce (2013)
Кина – Se дефицитарна		0,004-0,48		0,03-5	Fordyce (2013)
Кина – Se токсична		1,49-59,4		1-254	Fordyce (2013)

Прилагођено из: Manojlović & Singh (2012)

На дистрибуцију између појединих облика Se утичу својства земљишта као што су: реакција, аерација, садржај глине и органске материје и микробиолошка активност. Сматра се да је најприступачнији облик Se за биљке водно-растворљива фракција Se, која се састоји од селената, селенита и органских једињења релативно мале молекулске масе. Резултати испитивања концентрације Se у земљиштима из Војводине (Чувардић, 2003), показују ниску концентрацију водно-растворљивог Se (Табела 7), без обзира на повољне услове за његову растворљивост, који се огледају у слабо алкалној реакцији земљишта. Такође, у испитиваним земљиштима у Србији, утврђен је низак садржај укупног Se у земљишту (Табела 6), што је резултирао и у ниској концентрацији Se у пшеници и кукурузу (Табела 6), као и недовољним дневним уносом Se храном (Табела 9).

Ако се концентрације Se у узорцима пшенице упореде са дневним потребама у Se, које треба да обезбеде адекватно снабдевање Se (Leblanc et al., 2005; цитат Kabata-Pendias & Mukherjee, 2007), може да се види да би исхрана искључиво пшеницом довела до озбиљних недостатака Se (Табела 7). Такође, веома ниске концентрације Se у различитим житарицама, воћу и поврћу су утврђене на подручју Србије и Хрватске и приказане у прегледном раду Manojlović & Singh (2012).

Табела 7
Концентрација Se у пшеници (ng g⁻¹)

Усев	n	Локација	Средња вредност	Опсег	Референца
Пшеница		Војводина, Србија	34,6		Mihaljev et al. (2003)
	31	Војводина, Србија	25,3±7,2		Maksimović et al. (1992)
	14	Западна Србија	15,0±14,8		Maksimović et al. (1992)
	58	Србија	20,5±12,4	3,6-65,5	Maksimović et al. (1992)
Житарике ¹	187		34,3 ± 17.1		Valčić et al. (2013)
Кукуруз		Војводина, Србија	25,5-40,5		Mihaljev et al. (2003)
		Централна Србија	22,1-31,1		Mihaljev et al. (2003)
		Јужна Србија	12,5-21		Mihaljev et al. (2003)

¹ Пшеница, кукуруз, јечам, овас

Табела 8
Нутритивна и токсиколошка вредност дневног уноса Se храном

Нутритивна вредност, доњи праг уноса Se (µg) ¹	Токсиколошка вредност, Горњи ниво уноса Se (µg) ²	Концентрација Se у пшеници (µg kg ⁻¹) ³	Маса пшенице која садржи најнижи праг дневног уноса Se (kg)	Маса пшенице која садржи највижи ниво дневног уноса Se (kg)
20	150-300	34,6	0,58	4,33-8,67

Прилагођено из: Manojlović & Singh (2012)

^{1,2} Нутритивна и токсиколошка референтна вредност дневног уноса Se за одрасле утврђене од стране различитих аутора (Leblanc et al., 2005; цитат Kabata-Pendias & Mukherjee, 2007)

³ Концентрација Se у зрну пшенице (Mihaljev et al., 2003)

Према Food and Nutrition Board USA (2000), адекватан дневни унос Se исхраном је у распону од 50 до 200 µg, са средњом вредношћу од 55 µg за одрасле људе, док је максимално подношљив унос Se исхраном 400 µg.

У Србији је од 2000. године уведена обавезна суплементација Se хране за животиње. На тај начин довољним количинама Se су обезбеђене животиње и део хумане популације (која конзумира месо, млеко и млечне производе) (Pavlovic et al., 2018). Међутим, поједине категорије не уносе довољно Se (нпр. вегетаријанци и они који претежно конзумирају храну биљног порекла).

Табела 9
Дневни унос Se храном и препоруке

Земља	Дневни унос (µg дан ⁻¹)	Референце
Србија	29,7	Djujic et al. (1995)
Србија	40,9	Pavlović et al. 2013
Препоруке		
Адекватан дневни унос Se исхраном	50 - 200 за одрасле људе	Food and Nutrition Board USA (2000)
Максимално подношљив унос Se исхраном	400	Food and Nutrition Board USA (2000)

Прилагођено из: Manojlović & Lončarić (2017)

Отклањање недостатка Se

Постоји више могућности за отклањање недостатка Se код људи и животиња: додавање Se преко витаминско-минералних смеша; инекције; селенизовање кухињске соли; увоз житарица из подручја богатих са Se; повећање садржаја Se у биљкама- биофортификација Se. Сматра се да је један од најпогоднијих начина биофортификација, јер је биоприступачност Se из пшенице и биљних производа већа од биоприступачности Se из меса и рибе (Cantor et al., 1975). Садржај Se у биљци може да се повећа: применом Se преко земљишта, фолијарном применом Se и третирањем семена са Se.

Експерименти биофортификације са три сорте озиме пшенице ђубрене са Se примењеним преко листа (фолијарно) и уношењем у земљиште, спроведени су у Србији и Хрватској у две узастопне године, како би се испитао утицај ђубрења са Se на повећање концентрације Se у зрну пшенице за производњу хлеба. Истраживањем Манојловић et al. (2019) је утврђено:

- Ђубрење Se (фолијарно и преко земљишта) повећало је концентрацију Se у зрну од 2,6 до 4,6 пута. Концентрација Se је повећана са 0,09 на 0,41 mg Se /kg суве материје зрна у просеку за све локације и годишња доба. Концентрација Se у зрну била је највећа са фолијарним ђубрењем од 10 g Se /ha. Сваки грам примењеног Se /ha повећао је концентрацију Se у зрну за 29–32 µg Se.

- Сорте пшенице су се значајно разликовале у приносу зрна и акумулацији Se (g/ha). Високо приносна и квалитетна сорта („Симонида“) и високоприносна сорта („Српањка“) имале су већу акумулацију Se зрном од висококвалитетне сорте („Дивана“). Разлике у концентрацији Se у зрну између високоприносних и висококвалитетних сорти указују на то да за високоприносне сорте треба применити више Se (Графикон 1).

- Фолијарна примена Se је била ефикаснија од примене преко земљишта у повећању концентрације и акумулације Se зрном пшенице. Агрономска ефикасност употребе (AUE), која показује колико се Se усвоји од примењене количине, била је: 18% за примену 5 g Se /ha фолијарно; 20% за 10 g Se /ha фолијарно; и 13% за 10 g Se /ha преко земљишта. AUE је била већа за локацију Бановци у поређењу са Футогом, што одражава локалне карактеристике земљишта и животне средине.



Прилагођено из: Манојловић et al. (2019)

Графикон 1. Концентрација Se у зрну три сорте пшенице и две вегетационе сезоне. Вредности означене различитим словима представљају значајне разлике између средина третмана

ЗАКЉУЧАК

Спровођење свеобухватних студија и непрекидно праћење земљишта, сточне хране и прехранбених производа је неопходно како би се заштитио ланац исхране од токсичних TEs и побољшао квалитет хране снабдевањем не само есенцијалним елементима за раст биљака већ и

неесенцијалним елементима за биљке, али неопходним за животиње и људе.

Такође, истраживања су потребна да би се утврдио утицај агротехничких мера на снабдевање биљака ТЕs и за боље њихово коришћење. Осим тога потребно је ускладити законску регулативу која се односи на максималне вредности опасних и потенцијално токсичних елемената у свим земљиштима са регулативом за пољопривредна земљишта.

Биофортификација биљака може да буде добар начин за повећање концентрације микроелемената у зрну/плоду гајених биљака и тиме унос од стране животиња и човека. Биофортификација пшенице Se се показала успешном за земљишне и климатске услове Србије и Централне и Југоисточне Европе. Повећање концентрације и усвајање Se зрном пшенице зависи од количине примењеног Se, начина примене (земљиште или фолијарно), локалних услова животне средине (земљиште, временске прилике) и примењене агротехнике.

ЛИТЕРАТУРА

- Antonović, G., & Mrvić, V. (2008). *Zemljišta sliva Nišave*. Institut za zemljište, Beograd.
- Cantor, A. H., Scott, M. L., & Noguchi, T. (1975). Biological availability of selenium in feedstuffs and selenium compounds for prevention of exudative diathesis in chicks. *The Journal of Nutrition*, 105(1), 96-105.
- Čuvardić, M. S. (2003). Selenium in soil. *Zbornik matice srpske za prirodne nauke*, (104), 23-37.
- Čuvardić, M. (2000): Selen u zemljištima Vojvodine i његова pristupačnost. Doktorska disertacija. Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду, Србија.
- Djujic, I., Djujic, B., & Trajkovic, L. J. (1995). Dietary intake of selenium in Serbia: results for 1991. *Naucni Skupovi (Srpska Akademija Nauka I Umetnosti). Odeljenje Prirodno-Matematichkih Nauka*, 6, 81-87.
- Kabata-Pendias, A. (2004). Soil–plant transfer of trace elements—an environmental issue. *Geoderma*, 122(2-4), 143-149.
- Kabata-Pendias, A. & Mukherjee, A. B. (2007). *Trace Elements from Soil to Human*. Springer, Berlin.
- Kovačević, D., Manojlović, M., Čabilovski, R., Ilić, Z. S., Petković, K., Štrbac, M., & Vijuk, M. (2022). Digestate and Manure Use in Kohlrabi Production: Impact on Plant-Available Nutrients and Heavy Metals in Soil, Yield, and Mineral Composition. *Agronomy*, 12(4), 871.
- Maksimović, Z. J., Djujić, I., Jović, V., & Ršumović, M. (1992). Selenium deficiency in Yugoslavia. *Biological trace element research*, 33(1), 187-196.
- Manojlović, M., & Lončarić, Z. (2017). Selenium deficiency in regional soils affecting animal and human health in Balkan and other European countries. *The Nexus of Soils, Plant, Animals and Human Health*, ed. Singh, BR, McLaughlin, MJ and Brevik, Catena- Schweizerbart, Stuttgart, E, 87-98.
- Manojlović, M., & Singh, B. R. (2012). Trace elements in soils and food chains of the Balkan region. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 62(8), 673-695.
- Manojlović, M.S., Lončarić, Z., Čabilovski, R.R., Popović, B., Karalić, K., Ivezić, V., Ademi, A. & Singh, B.R. (2019): Biofortification of wheat cultivars with selenium, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, DOI: 10.1080/09064710.2019.1645204
- Manojlović, M., Kovačević, D., Čabilovski, R., Petković, K. & Štrbac, M. (2021). Organic fertilizers as a source of microelements and potentially toxic elements. *Internacional Symposium on Soil Science and Plant Nutrition*. 18-19 December 2021, Samsun, Turkey.
- Mihaljev, Ž., Jakšić, S. & Živkov-Baloš, M. (2003a). Nivoi selena u kukuruzu različitog porekla u Republici Srbiji. U J. Levčić i S. Sredanović (ur.) *Simposium Tehnologija stočne hrane* (Novi Sad, Srbija: Tehnološki fakultet), str. 260- 265.
- Mihaljev, Ž., Živkov-Baloš, M., & Pavkov, S. (2003b). Different kinds of feed as possible source of selenium in feed. In *Proceedings of 10th Symposium on analytical and environmental problems* (pp. 223-226). Szeged, Hungary: SZAB.
- Montereali, M. R., Pinto, V., Schiavella, F., Armiento, G., Angelone, M., Crovato, C., ... & Cremisini, C. (2017). A field screening test for the assessment of concentrations and mobility of potentially toxic elements in soils: a case study on urban soils from Rome and Novi Sad. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(9), 1-15.
- Pavlovic, Z., Miletic, I., Zekovic, M., Nikolic, M., & Glibetic, M. (2018). Impact of selenium addition to animal feeds on human selenium status in Serbia. *Nutrients*, 10(2), 225.
- Petković, K., Manojlović, M., Lombnæs, P., Čabilovski, R., & Lončarić, Z. (2019). Foliar application of selenium, zinc and copper in alfalfa (*Medicago sativa* L.) biofortification. *Turkish Journal of Field Crops*, 24(1), 81-90.
- Petković, K., Manojlović, M., Čabilovski, R., Lončarić, Z., Krstić, Đ., Kovačević, D., & Ilić, M. (2022). Nitrogen fertilisation affected zinc and selenium biofortification in silage maize. *Crop and Pasture Science*.
- Pravilnik o maksimalnim koncentracijama određenih kontaminanata u hrani: Slu81/2019-17, 126/2020-19, 90/2021-39, 118/2021-39.
- Tóth, G., Hermann, T., Da Silva, M. R., & Montanarella, L. J. E. I. (2016). Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environment international*, 88, 299-309.

- Xie, Z.M., Lu, S.G. (2000): Trace elements and environmental quality, in Wu, Q.L. (ed.): Micronutrients and biohealth. Guiyan, China. Guizhou Sci. Technol. Press, pp. 208–216.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. (2001). Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton.
- WHO/WFP/UNICEF. Preventing and Controlling Micronutrient Deficiencies in Population Affected by an Emergency; Joint Statement by the World Health Organization, the World Food Programme and the United Nations Children's Fund. 2007. Available online: http://www.who.int/nutrition/publications/WHO_WFP_UNICEFstatement.pdf (accessed on 30 July 2022).
- Valčić, O., Jovanović, I., Milanović, S., & Gvozdić, D. (2013). Status selena u hranivima za ovce na ispaši u Srbiji. Acta veterinaria, 63(5-6), 665-675.

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

631.4:004.7(082)

**СИМПОЗИЈУМ "Земљиште у доба прецизне пољопривреде и
информационих технологија" (2022 ; Нови Сад)**

Зборник радова са Симпозијума "Земљиште у доба прецизне пољопривреде
и информационих технологија", 16-17. јун 2022, Нови Сад / [уредници
Владимир Ђирић, Ксенија Мачкић, Срђан Шеремешкић]. - Нови Сад :
Пољопривредни факултет, 2022 (Нови Сад : Перинс инжењеринг). - 114 стр. :
илустр. ; 24 см,

Тираж 160. - Библиографија уз сваки рад.

ISBN 978-86-7520-569-2

а) Пољопривредно земљиште - Информационе технологије - Зборници

COBISS.SR-ID 77762825