

Хемијски састав *Helichrysum italicum* гајеног на земљишту типа смоница

The chemical composition of *Helichrysum italicum* grown on vertisol

Снежана Брајевић^{1*}, Жељко Целетовић², Марко Станимировић³, Предраг Димовски⁴, Александар Симић⁵, Гордана Андрејић⁶, Никола Милановић⁷, Урош Алексић⁸ /
Snežana Brajević^{1*}, Željko Dželetović², Marko Stanimirović³, Predrag Dimovski⁴, Aleksandar Simić⁵, Gordana Andrejić⁶, Nikola Milanović⁷, Uroš Aleksić⁸

^{1,2,6,7,8}Универзитет у Београду, Институт за примену нуклеарне енергије – ИНЕП, Банатска 31Б, Београд-Земун, Србија /
University of Belgrade, Institute for application of nuclear energy. Banatska 31B, Belgrade-Zemun, Serbia

^{3,5}Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Немањина 6, Београд-Земун, Србија /
University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Belgrade-Zemun, Serbia

⁴РУДИНСТ Инжењеринг ДОО, 6. личке дивизије 20, Београд, Србија /
RUDINST Engineering Ltd., 6 Ličke Divizije Street, Belgrade, Serbia

*Аутор за преписку / Corresponding author

Рад примљен / Received: 29.04.2024, Рад прихваћен / Accepted: 18.08.2024.

Сажетак: Смиље (*Helichrysum italicum* Roth G. Don) је вишегодишња биљна врста из фамилије *Asteraceae*, која у Србији спонтано расте на песковитим и сувим земљиштима. Осушена цваст смиља користи се као сировина за лековите чајеве, у козметици и фармацеутској индустрији. На успевање смиља велики утицај имају особине земљишног супстрата. Хемијски састав надземних биљних делова је у великој мери условљен садржајем појединих елемената у земљишту. На подручју села Лешје код Параћина смиље се плантажно гаји од 2016. године на земљишту типа смоница. Узорке земљишта и надземне делове смиља, зелене гранчице и листове, прикупили смо 2023. године са три парцеле. Установили смо да је земљиште под смиљем слабо хумозно, неутралне рН реакције, са ниским садржајем азота и приступачног фосфора и добро обезбеђено у приступачном калијуму. Садржаји Cd, Cr, Cu, Mn, Pb и Zn у земљишту су били у границама максимално дозвољених вредности. Једино је садржај никла био благо повишен у односу на дозвољене вредности. Акумулиране концентрације метала у биљном материјалу биле су у оквиру уобичајених вредности за гајене биљке. У узорку *H. italicum* који расте поред релативно прометног асфалтног пута измерена је већа концентрација олова (4 mg kg⁻¹). С обзиром на садржај овог елемента у земљишту, претпостављамо да је већа концентрација у биљном материјалу антропогено узрокована (близином пута). Установили смо врло јаке корелационе везе између садржаја Cu и Mn у земљишту са садржајем фосфора и калијума у биљном материјалу. Врло јака корелациона веза установљена је и између садржаја Pb у земљишту и K и Mn у биљкама, као и јака корелациона веза са садржајем Cd у биљкама.

Кључне речи: смиље, смоница, основна плодност, тешки метали, микроелементи.

¹orcid.org/0009-0008-7964-8235, e-mail: snezana.brajevic@inep.co.rs

²orcid.org/0000-0001-9166-7094, e-mail: zdzeletovic@inep.ac.rs

³orcid.org/0009-0004-7592-9153, e-mail: markostanimirovic@yahoo.com

⁴orcid.org/0009-0007-3032-1808, e-mail: pdimovski2@gmail.com

⁵orcid.org/0000-0002-7605-3796, e-mail: alsimic@agrif.bg.ac.rs

⁶orcid.org/0000-0002-5515-9321, e-mail: gordanaa@inep.co.rs

⁷orcid.org/0000-0001-8566-4102, e-mail: nikola.milanovic@inep.co.rs

⁸orcid.org/0000-0002-7313-497X, e-mail: urosa@inep.co.rs

Abstract: The immortelle (lat. *Helichrysum italicum* Roth G. Don) is a perennial plant of the *Asteraceae* family that grows spontaneously in Serbia on sandy and dry soils. The dried inflorescences of the immortelle are used as a raw material for medicinal teas, in cosmetics and in the pharmaceutical industry. The growth of *H. italicum* is strongly influenced by the properties of the initial substrate. The chemical composition of the above-ground parts of the plant depends on the content of certain elements in the soil. In the area of the village of Lešje near Paraćin, Serbia, the immortelle has been grown commercially on Vertisol since 2016. Soil samples and above-ground parts of immortelle, green branches, and leaves, were taken from three plots in 2023. Soil fertility analysis showed that the soil was low in humus, neutral in pH and low in nitrogen and phosphorus, but well supplied with potassium. The content of Cd, Cr, Cu, Mn, Pb and Zn in the soil was within the maximum permissible values. The only element that showed a slight increase compared to the maximum values was the nickel content. The accumulated concentrations of metals in the plant material were within the usual values for cultivated plants. In the sample of *H. italicum* growing next to the road, a higher concentration of lead was measured (4 mg kg^{-1}). Considering the content of this element in the soil, we assume that the higher concentration in the plant material is anthropogenic (proximity to the road). We found a very strong correlation between the content of Cu and Mn in the soil and the content of phosphorus and potassium in the plant material. A very strong correlation was also found between the Pb content in the soil and the K and Mn content in the plants, as well as a strong correlation with the Cd content in the plants.

Key words: immortelle, vertisol, basic fertility, heavy metals, microelements.

УВОД / INTRODUCTION

Смиље (лат. *Helichrysum italicum* Roth G. Don) је вишегодишња жбунаста врста из фамилије *Asteraceae*, која се спонтано јавља на подручју Медитерана, а може да расте и на неплодним, сувим, песковитим и сиромашнијим земљиштима до чак 2000 m надморске висине (Ninčević et al., 2019). Захваљујући својим скромним захтевима у погледу услова успевања, као и разноврсним биолошким активностима и примени у козметичкој и фармацеутској индустрији, научно и привредно интересовање за медитеранским смиљем расте у последњим деценијама (Melito et al., 2016). У нашој земљи смиље се може гајити у равничарским деловима Војводине, као и у брдско-планинском подручју Централне Србије, а правилним избором технологије производње може бити уносна гајена врста (Милорадовић, 2018).

На успевање смиља велики утицај имају климатски фактори и матични супстрат. Капацитет акумулације појединих елемената у биљним органима веома зависи од геолошког окружења и у великој мери је условљен њиховим садржајем у земљишту (Vural, 2018). Према Koosaletse-Mswela et al. (2015) врсте из рода *Helichrysum* детерминисане су као металофите, односно биљке толерантне на повећане концентрације појединих тешких метала у земљишту. Brunetti et al. (2018) закључили су да медитеранско смиље има способност раста на земљиштима са повећаним садржајем тешких метала, при чему их након усвајања у највећој мери задржава у корену. Циљ нашег истраживања био је испитивање садржаја појединих елемената у земљишту и биљном материјалу прикупљеним са плантажно гајеног медитеранског смиља.

1. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ / MATERIALS AND METHODS

Узорци земљишта и биљног материјала *H. italicum* прикупљени су средином септембра 2023. године са плантаже смиља засноване 2016. године (Милорадовић, 2018) непосредно дуж пута Лешје-Мириловац у општини Параћин (слика 1). Прикупљени су узорци површинског (0-20 cm дубине) и потповршинског слоја земљишта (30-50 cm дубине) са три парцеле, при чему су прва и друга парцела раздвојене прометним путем и међусобно удаљене више од 50 m, а трећа парцела налази се на више од 100 m удаљености од друге парцеле. Током прикупљања репрезентативних узорака земљишта уклоњени су остаци опалих листова, осушене траве, маховине, као и други животињски и биљни остаци.

За лабораторијске анализе узорци земљишта су осушени на ваздуху, уситњени тучком у керамичком авану и просејани кроз сито са отворима промера 2 mm. Овако припремљен земљишни материјал коришћен је за одређивање основне плодности земљишта: рН вредности, садржаја органског С, укупни N (N_{tot}), приступачни P_2O_5 и K_2O , као и анализа укупног садржаја Cd, Co, Cr, Cu, Mg, Ni, Pb и Zn. Прикупљени биљни материјал, листови и зелене гранчице смиља, опран је детаљно обичном водом, затим испран дестилованом водом, осушен на ваздуху и уситњен млевењем.

Киселост земљишта одређена је у води и 1M KCl, при односу 1:2,5 w/v (ISO 10390/1994). Укупни органски С у земљишту одређен је минерализацијом узорака земљишта кључањем у мешавини дихромата и сумпорне киселине и накнадном титрацијом вишка дихромата раствором Морове соли. N_{tot} у узорцима земљишта и биљака одређен је семи-микро Кјелдаловим методом (ISO 11261:1995)



Слика 1. Смиље на плантажи у околини села Лешје (септембар, 2023)
Figure 1. *Immortelle* on a plantation near Lesje (September, 2023)

Приступачни фосфор (P_2O_5) и калијум (K_2O) у земљишту су анализирани методом по Egner et al. (1960) екстракцијом са AL раствором (смеша 0,1M амонијум лактата и 0,4M сирћетне киселине). Приступачни P_2O_5 је одређен након развијања боје са амонијум хептамолибдатом мерењем на спектрофотометру (580 nm, Shimadzu UV-1900i). Концентрације приступачног K_2O су одређене пламеном емисионом спектрофотометријом на 766,5 nm, на атомском апсорпционом спектрофотометру Shimadzu AA-7000, коришћењем калибрационе криве добијене мерењем стандарда познатих концентрација.

За анализе концентрација метала (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb и Zn) у земљишту и биљном материјалу узорци су подвргнути разарању у концентрованој HNO_3 . Концентрације ових елемената су одређене атомском апсорпционом спектрофотометријом, коришћењем уређаја Shimadzu AA-7000, а њихове вредности апсорбанци су поређене са стандардима.

Резултати приказани у табелама 1-4 представљају аритметичке средине и стандардне девијације резултата добијених од три изведене анализе за сваки проучавани параметар. Коefицијент корелације и статистичка значајност коefицијента корелације одређена је коришћењем програма Microsoft Excel 2023.

2. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА / RESULTS AND DISCUSSION

Земљиште са којег су прикупљени узорци припада типу смоница у процесу огајњачавања.

Смоница припада реду хумусно-акумулативних земљишта која је слабо кисела до благо алкална, при чему рН зависи од садржаја $CaCO_3$ у матичном супстрату и количине падавина током године (Ђорђевић и Радмановић, 2018). Резултати истраживања указују на неутрално до благо киселу реакцију земљишта (рН у KCl) чије се просечне вредности за 3 испитивана узорка крећу у интервалу од 6,27 у потповршинском слоју до 6,44 у површинском слоју земљишта.

На основу садржаја органског угљеника, земљиште се сврстава у групу слабо хумозног земљишта, са нешто нижим садржајем хумуса од уобичајеног за смонице. Према Ђорђевићу и Радмановићу (2018) садржај органског C у смоницама под њивским културама креће се између 3,5 и 5%, док код земљишта под природном вегетацијом износи и 7-8%. Садржај укупног азота у испитиваним узорцима је низак (<0,07%), испод просека за овај тип земљишта, као и садржај лакоприступачних облика фосфора (<8,0 mg/100 g земље). Хемијске анализе указују на добру обезбеђеност калијумом (>20,0 mg/100 g земље) (табела 1).

На концентрације метала у земљишту утичу антропогени и природни процеси, а повећана концентрација у земљишту може бити узрок повећане акумулације у биљним деловима (Andersen et al., 2018). Добијени резултати показују да садржај микроелемената и тешких метала између испитиваних узорка не варира значајно (табела 2).

Табела 1. Основна плодност земљишта под смиљем на 0-20 cm и 30-50 cm дубине
Table 1. Basic soil fertility at depths of 0-20 and 30-50 cm

Узорак	pH у H ₂ O	pH у KCl	N _{tot} (%)	P ₂ O ₅ (mg/100g)	K ₂ O (mg/100g)	Орг С (%)
0-20 cm						
1	7,58	6,53	0,064	4,05	24,84	1,69
2	7,41	6,59	0,068	7,54	25,63	1,95
3	6,56	6,21	0,062	5,19	29,20	1,45
Просек	7,18	6,44	0,065	5,59	26,56	1,70
СД	0,55	0,20	0,003	1,78	2,32	0,25
30-50 cm						
1	7,33	6,39	0,064	2,96	23,61	1,41
2	7,13	6,28	0,062	1,53	23,61	1,31
3	6,35	6,15	0,062	1,82	24,86	1,22
Просек	6,94	6,27	0,06	2,10	24,03	1,31
СД	0,52	0,12	0,00	0,76	0,72	0,10

Табела 2. Садржај микроелемената и тешких метала (mg kg⁻¹) у земљишту под смиљем
Table 2. Content of trace elements and heavy metals (mg kg⁻¹) in soil under *H. italicum*

Узорак	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
0-20 cm							
1	0,07	40,99	21,15	731,10	50,22	21,09	61,30
2	0,10	41,61	20,96	716,10	64,22	20,23	58,68
3	0,14	38,70	21,67	741,30	65,16	22,34	60,69
Просек	0,10	40,43	21,26	729,50	59,87	21,22	60,22
СД	0,04	1,53	0,37	12,68	8,37	1,06	1,37
30-50 cm							
1	0,07	41,02	20,06	679,70	66,67	18,36	56,93
2	0,05	43,31	20,96	682,20	68,18	18,66	59,15
3	0,08	37,23	20,58	794,90	65,58	20,03	58,56
Просек	0,07	40,52	20,53	718,93	66,80	19,02	58,21
СД	0,02	3,07	0,45	65,80	1,31	0,89	1,15
ГМВ*	0,80	100	36,00	НН**	35,00	85	140

*Гранична максимална вредност (Службени гласник РС, 30/18)

**Није наведено (Службени гласник РС, 30/18)

Концентрације испитиваних елемената (осим никла) у површинском и потповршинском слоју земљишта биле су у границама максималних вредности према Уредби о граничним вредностима загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту (Службени гласник РС, 30/18). Изузетак је никл, чије концентрације прелазе граничне вредности прописане Уредбом и износе просечно 66,8 mg kg⁻¹ у потповршинском, односно 59,9 mg kg⁻¹ у површинском слоју. Иако прелази дозвољене вредности, садржај никла налази се у оквиру просечних вредности за пољопривредна земљишта, која се крећу и до 1000 mg kg⁻¹ (Стикић и Јовановић, 2015).

На основу добијених резултата, можемо рећи да је садржај најважнијих хранљивих елемената (N, P, K) у надземним органима смиља био веома низак (табела 3). Концентрација азота у биљном

материјалу износила је у просеку 0,49%, што је знатно ниже у односу на уобичајене просечне концентрације азота у биљкама (1-6% према Топаловић, 2021).

Концентрације фосфора у анализираном биљном материјалу износиле су просечно 0,34%, што се налази у оквиру уобичајених концентрација за биљке које износе 0,05-1% (Топаловић, 2021).

Иако је смиље гајено на земљишту које је добро обезбеђено калијумом, у надземним органима акумулиране су релативно ниске концентрације (просечно 0,77%). Стикић и Јовановић (2015) наводе да оптималне концентрације калијума у биљкама износе 2 – 5%, док се уобичајене вредности за биљне врсте према Топаловићу (2021) крећу од 0,3 до 6%.

Табела 3. Концентрације усвојених макрохранива (%), микроелемената и потенцијално токсичних елемената (mg kg^{-1}) у надземним органима *H. italicum*
 Table 3. The content of the investigated macronutritional (%), microelements and potentially toxic elements (mg kg^{-1}) in the above-ground organs of *H. italicum*

Узорак	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
1	0,56	0,33	0,91	0,57	0,17	14,79	24,89	12,57	<0,10	30,27
2	0,43	0,29	0,80	<0,10	0,21	10,91	17,95	8,13	4,71	25,89
3	0,47	0,41	1,09	0,58	0,20	11,15	98,54	6,56	<0,10	34,01
Просек	0,49	0,34	0,93	0,42	0,19	12,28	47,13	9,09	1,64	30,06
СД	0,07	0,06	0,06	0,27	0,02	2,17	44,66	3,12	2,66	4,06

Бакар (Cu) је неопходан вишим биљкама и алгама, првенствено за процес фотосинтезе. У испитиваним узорцима земљиштима, концентрације бакра налазиле се у оквиру уобичајених концентрација за пољопривредна земљишта ($14\text{--}109 \text{ mg kg}^{-1}$ према Kabata-Pendias, 2011). Акумулиране концентрације бакра у биљном материјалу биле су у оквиру уобичајених вредности за гајене биљке ($2\text{--}20 \text{ mg kg}^{-1}$ према Стикић и Јовановић, 2015). На приступачност бакра велики утицај има рН реакција земљишта, при чему приступачност опада уколико је рН вредност изнад 7, док се повећава испод рН 6.

Хром (Cr) представља есенцијални елемент у људској исхрани, али његов значај у метаболичким и физиолошким процесима у биљкама није доказан. Према Kabata-Pendias (2011) просечан садржај хрома у земљиштима износи 60 mg kg^{-1} , што је нешто више од измерених вредности у нашем земљишту. Садржај хрома у надземним деловима смиља био је $<0,22 \text{ mg kg}^{-1}$. У биљкама, при нормалним условима, садржај хрома налази се испод 1 mg kg^{-1} , а према Thakur et al. (2022) токсичне вредности за већину биљних врста крећу се између 1 и 18 mg kg^{-1} . У нашим узорцима смиља измерене су врло ниске концентрације хрома ($0,20 \text{ mg kg}^{-1}$).

Кадмијум (Cd) не представља неопходан ни користан елемент за биљке, животиње и људе. Насупрот томе, сматра се једним од најтоксичнијих елемената са штетним ефектима на биолошке и метаболичке процесе (Kabata-Pendias, 2011). Концентрације кадмијума у испитиваним узорцима биле су знатно мање од максимално дозвољених вредности за пољопривредна земљишта, али и знатно мање од светског просека који износи $0,41 \text{ mg kg}^{-1}$ према Kabata-Pendias (2011). Иако нема значаја за физиолошке процесе, биљке усвајају Cd и акумулирају у својим подземним и надземним органима. Просечна концентрација кадмијума у надземним деловима смиља износила је $0,42 \text{ mg kg}^{-1}$, што се налази у оквиру уобичајених вредности за биљне

врсте ($0,08\text{--}0,46 \text{ mg kg}^{-1}$ према Kabata-Pendias, 2011).

Манган (Mn) је есенцијални елемент, неопходан за одвијање процеса фотосинтезе у биљкама. Због тога се у листовима углавном акумулира у већим концентрацијама у односу на друге делове биљке. Недостатак мангана манифестује се прво на младим листовима у виду хлорозе (Kabata-Pendias, 2011). Садржај Mn у земљишту под смиљем налазио се изнад уобичајених вредности које износе $400\text{--}500 \text{ mg kg}^{-1}$. Резултати указују на значајно варирање акумулираних концентрација мангана у биљном материјалу од $18,0$ до $98,5 \text{ mg kg}^{-1}$ (табела 3), иако је концентрација у земљишту била релативно уједначена, од 679 до 794 mg kg^{-1} (табела 2). Према подацима из табеле 4 закључујемо да је садржај мангана у биљном материјалу био условљен његовим садржајем у земљишту ($r=0,849$), који је такође корелирао и са садржајем органског угљеника ($r=0,892$) и олова ($r=0,943$) у земљишту.

Никл (Ni) је једини елемент који у испитиваним узорцима земљишта прелази максимално дозвољене концентрације прописане Уредбом о загађујућим, штетним и опасним материјама (Службени гласник РС, 30/18). Према Kabata-Pendias (2011) измерене концентрације премашују и просечне концентрације за пољопривредна земљишта, које износе $13\text{--}37 \text{ mg kg}^{-1}$, мада постоје и земљишта са преко 1000 mg kg^{-1} Ni. Повишене концентрације Ni у земљишту под смиљем вероватно су геохемијског порекла, тј потичу од матичне стене на којој је образовано земљиште. Шире подручје се одликује природно повишеним концентрацијама Ni у земљишту (Mrvić et al., 2011аb; Stajković-Srbinić et al., 2017). Иако су измерене повећане концентрације у земљишту, биљке нису акумулирале значајније концентрације никла. Концентрација никла у биљном материјалу налазила се у оквиру просечних вредности за биљке ($1\text{--}10 \text{ mg kg}^{-1}$), уз примећен нешто већи садржај у узорку смиља на локацији 1 ($12,6 \text{ mg kg}^{-1}$ Ni). Интересантно је да концентрације Ni у смиљу негативно корелирају

са концентрацијама у Ni у земљишту ($r=-0,980$, табела 4).

Концентрација олова у земљишту била је далеко испод граничних вредности, при чему је нешто виши садржај измерен у површинском, у односу на потповршински слој. Биљке су акумулирале мале количине олова, испод $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ са изузетком смиља на локацији 2, код којег је измерена значајно већа концентрација, од $4,71 \text{ mg kg}^{-1}$, чиме је прекорачена максимално дозвољена количина олова у храни која износи $0,30$

mg kg^{-1} (Official Journal of the European Union, 2023/915). Обзиром на то да су сва три узорка *H. italicum* одгајана на земљиштима са прилично уједначеним концентрацијама олова, а да се локација 2 налази у непосредној близини релативно прометног пута, претпостављамо да повишена концентрација Pb у биљном материјалу не води порекло из земљишта, већ од таложења из атмосфере. Према подацима у табели 4 садржај Pb у биљкама корелира са садржајем органског угљеника, азота и приступачних облика фосфора у земљишту.

Табела 4. Корелациони односи између хемијских особина земљишта и садржаја анализираних елемената у *H. italicum*

Table 4. Correlation between soil chemical properties and the content of elements in above-ground organs of *H. italicum*

Биљ. Зем.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
pH-H ₂ O	0.366	-0.883^B	-0.857^B	-0.376	-0.478	0.585	-0.972^A	0.804^B	0.359	-0.748
pH-KCl	0.071	-0.983^A	-0.972^A	-0.636	-0.193	0.316	-0.998^A	0.590	0.622	-0.912^A
C	0.762^B	-0.977^A	-0.987^A	-0.886^B	0.204	-0.078	0.892^B	0.229	0.877^B	-0.999^A
N-tot	-0,071	-0.929^A	-0.947^A	-0.950^A	0.364	-0.243	-0.805^B	0.064	0.945^A	-0.990^A
P ₂ O ₅	0.915^A	-0.506	-0.550	-0.941^A	0.858^B	-0.786^B	-0.272	0.560	0.947^A	-0.694
K ₂ O	-0.380	0.875^B	0.849^B	0.363	0.490	-0.597	0.969^A	0.813^B	-0.345	0.739
Cd	-0.613	0.715	0.678	0.100	0.705	-0.789^B	0.868^B	-0.939^A	-0.082	0.532
Cr	0.015	-0.992^A	-0.984^A	-0.678	-0.138	0.262	-0.992^A	0.543	0.665	-0.934^A
Cu	0,043	0.997^A	0.992^A	0.720	0.080	-0,205	0.983^A	-0.494	-0.707	0.953^A
Mn	0.403	0.955^A	0.969^A	0.923^A	-0.287	0.164	0.849^B	-0.145	-0.915^A	0.998^A
Ni	-0.935^A	0.244	0.193	-0.434	0.972^A	-0.993^A	0.481	-0.980^A	0.451	0.011
Pb	0.197	0.996^A	0.999^A	0.819^B	-0.076	0.051	0.943^A	-0.353	-0.808^B	0.989^A
Zn	0.869^B	0.591	0.632	0.971^A	-0.802^B	0.720	0.368	0.474	-0.975^A	0.763^B

Цинк (Zn) је неопходан елемент за биљке, животиње и људе у малим количинама, док његове повишене концентрације могу имати токсичне ефекте. Садржај цинка у испитиваним узорцима земљишта, као и биљног материјала налазио се у опсегу оптималних вредности ($60-89 \text{ mg kg}^{-1}$ према Kabata-Pendias, 2011). Садржај Zn у биљкама показао је врло јаку корелацију са садржајем Cu, Mn и Pb, као и јаку корелацију са садржајем Zn у земљишту (табела 4).

ЗАКЉУЧАК / CONCLUSION

Земљиште на ком се смиље плантажно гаји од 2016. године на подручју села Лешје код Праћина припада слабо хумозном земљишту, са неутралном pH реакцијом, ниским садржајем укупног азота и лакоприступачних облика фосфора, а добро обезбеђена приступачним облицима калијума.

Садржај испитиваних потенцијално токсичних елемената Cd, Co, Cr, Cu, Mg, Ni, Pb и Zn у земљишту под смиљем био је испод максимално дозвољених концентрација за пољопривредна земљишта.

Концентрације потенцијално токсичних елемената у надземним органима смиља биле су у оквиру уобичајених за пољопривредне гајене усева. Установљене су бројне високозначајне корелације између садржаја појединих елемената у смиљу са концентрацијама у земљишту.

Захвалница / Acknowledgements

Овај рад је финансиран од стране Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије, Уговори бр. 451-03-66/2024-01/200019 и 451-03-65/2024-01/200116.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- [1] Andersen, E., Peiter, E., Küpper, H. (2018). Trace metal metabolism in plants, *Journal of Experimental Botany*, 69(5), 909-954.
- [2] Brunetti, G., Ruta, C., Traversa, A., D'Ambruso, G., Tarraf, W., De Mastro, F., De Mastro, G., Coccozza, C. (2018). Remediation of a heavy metals contaminated soil using mycorrhized and non-mycorrhized *Helichrysum italicum* (Roth) Don., *Land Degradation & Development*, 29(1), 91-104.
- [3] Egner, H., Riehm, H., Domingo, W. R. (1960). Chemische extraktionsmethoden zur phosphor und kaliumbestimmung, und untersuchungen über die chemische bodenanalyse als grundlage für die beurteilung des nährstoffzustandes der böden. *Kungliga Lantbrukshögskolans annaler*, 26, 199-215.
- [4] Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace elements in soils and plants*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- [5] Koosalese-Mswela, P., Przybyłowicz, W.J., Cloete, K.J., Barnabas, A.D., Torto, N., Mesjasz-Przybyłowicz, J. (2015). Quantitative mapping of elemental distribution in leaves of the metallophytes *Helichrysum candolleianum*, *Blepharis aspera*, and *Blepharis diversispina* from Selkirk Cu-Ni mine, Botswana, *Nuclear Instrument and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 363(15), 188-193.
- [6] Melito, S., Petretto, G.L., Podani, J., Foddai, M., Maldini, M., Chessa, M., Pintore, G. (2016). Altitude and climate influence *Helichrysum italicum* subsp. *microphyllum* essential oils composition, *Industrial Crops and Products*, 80, 242-250.
- [7] Mrvić, V., Dinić, Z., Sikirić, B., Maksimović, S., Koković, N. (2011). Content of Ni, Cr and So in soil of Eastern Serbia on different substrate, *Zemljište i biljka*, 60(3), 147-154.
- [8] Mrvić, V., Kostić-Kravljanaš, Lj., Zdravković, M., Koković, N., Perović, V., Čakmak, D., Nikoloski, M. (2011). Methods for assessment of background limit of Ni and Cr in soils of Eastern Serbia, *Ratarstvo i povrtarstvo*, 48(1), 189-194.
- [9] Ninčević, T., Grdiša, M., Šatović, Z., Jug-Dujaković, M. (2019). *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don: Taxonomy, biological activity, biochemical and genetic diversity, *Industrial Crops and Products*, 138, 111487.
- [10] Official Journal of the European Union. Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006.
- [11] Stajković-Srbinić, O., Delić, D., Rasulić, N., Kuzmanović, Đ., Houšková, B., Sikirić, B., Mrvić, V. (2017). Microorganisms in soils with high nickel and chromium concentrations in Western Serbia, *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(4), 1663-1671.
- [12] Thakur, M., Praveen, S., Divte, P. R., Mitra, R., Kumar, M., Gupta, C. K., Kalidindi, U., Bansal, R., Roy, S., Anand, A., Singh, B. (2022). Metal tolerance in plants: Molecular and physicochemical interface determines the "not so heavy effect" of heavy metals, *Chemosphere*, 287 (1), 131957.
- [13] Vural, A. (2018). Relationship between the geological environment and element accumulation capacity of *Helichrysum arenarium*. *Arabian Journal of Geosciences*. 11(11), 258.
- [14] Ђорђевић, А., Радмановић, С. (2018). *Педологија*, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет.
- [15] Милорадовић, З. (2018). Утицај агроеколошких услова Јужног Баната и Поморавља на морфолошке особине, принос и квалитет цветова приморског смиља (*Helichrysum italicum* (Roth) g. Don), Универзитет Едуконс, Факултет еколошке пољопривреде, Сремска Каменица.
- [16] Службени гласник Републике Србије (30/2018). Уредба о граничним вредностима загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту.
- [17] Стикић, Р., Јовановић, З. (2015). *Физиологија биљака*, Научна књига КМД, Београд.
- [18] Топаловић, А. (2021). *Практикум из агрохемије - Методе хемијске анализе и обрада података*, Универзитет Црне Горе, Подгорица.