

POTENCIJAL BIOAKUMULACIJE I TRANSLOKACIJE METALA KOD VRSTE ACHILLEA MILLEFOLIUM SA RAZLICITIH LOKALITETA

Gorica Đelić¹, Zoran Simić¹, Snežana Branković¹, Milan Stanković¹, Milica Pavlović¹, Tatjana Jakšić², Predrag Vasić²

Izvod: *Achillea millefolium* L. ima veliku upotrebnu vrednost kao lekovita biljka i uključena je u nacionalne farmakopeje mnogih evropskih zemalja. Cilj istraživanja je da se utvrdi potencijal usvajanja teških metala i intraspecijske razlike između jedinki vrste *Achillea millefolium* sa različitih lokaliteta, a na osnovu usvojenih količina teških metala, njihove distribucije u biljnim organima i faktora obogaćivanja. Rezultati su pokazali da biljke koje rastu na zemljištu bogatom teškim metalima (jalovište) usvajaju znatno veće količine metala u odnosu na biljke sa lokaliteta Ovčarsko-kablarske klisure (nezagadjeno zemljište).

Gljučne reči: *Achillea millefolium* L., metali, usvajanje, translokacija

Uvod

Upotreba biljaka u terapijske svrhe ima dugu i kontinuiranu tradiciju kod ljudi na svim kontinentima. Kao prirodni lekovi smatraju se sigurnijim za zdravlje ljudi od sintetičkih, jer njihova upotreba najčešće nije praćena neželjenim efektima. Međutim, zbog usvajanja metala iz zemljišta, biljni materijal može sadržati znatne količine istih. S obzirom da teški metali imaju kumulativno dejstvo zbog čega su i u malim količinama toksični za žive organizme neophodno je odrediti nivo metala u bilju koje se koristi u medicinske svrhe. Svetska zdravstvena organizacija (WHO) utvrdila je maksimalne granične koncentracije ovih elemenata u cilju osiguranja sigurne upotrebe biljaka (World Health Organization, 1994.). Teški metali su među najštetnijim zagađivačima sredine i otuda su predmet brojnih istraživanja (Đelić i sar 2016., Stanković i sar 2010.).

Achillea millefolium L. je kosmopolitska vrsta koja ima veliku upotrebnu vrednost kao lekovita biljka. Lekovita svojstva *A. millefolium* su svetski priznata i biljka je uključena u nacionalne farmakopeje zemalja kao što su Nemačka, Češka, Francuska i Švajcarska. Odlikuje se visokim sadržajem fenola i flavonoida (Ayoobi i sar. 2017.). Bogata je esencijalnim uljima (Pljevljakušić i sar., 2017.). Brojna istraživanja hajdučke trave u *in vitro* i *in vivo* uslovima pokazala su da *Achillea millefolium* L ima antiinflamatorno, antiulkusno, antikancerogeno (Ali i sar., 2017.) i antimikrobno dejstvo. Etnobotanička istraživanja pokazuju da se primenjuje u lečenju bolesti respiratornih organa, otklanja probleme vezane za anoreksiju, digestivni sistem, pomaže kod prekomernog krvarenja...

¹Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet Kragujevac, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Srbija (gorica.djelic@pmf.kg.ac.rs);

²Univerzitet u Prištini, Prirodno-matematički fakultet, Kosovska Mitrovica

Materijal i metode rada

Biljni material *A. millefolium* i zemljište prikupljeni su sa lokaliteta Ovčarsko-kablarske klisure (OKK) i sa lokaliteta kod Kosovske Mitrovice (jalovište). Zemljište je uzorkovano na mestima sa kojih je prikupljen i biljni materijal, u blizini korenovog sistema biljaka na dubini od 1 do 10 cm. Sakupljeni biljni materijal i uzorkovana zemljišta sušeni su prirodno u hladu a zatim su samleveni. Biljni materijal je podvrgnut mokroj digestiji. Razaranje zemljišta je vršeno azotnom i perhlornom kiselinom. (Mickovski-Stefanović, 2012.). U zemljištu i uzorcima nadzemnih i podzemnih biljnih organa, izvršeno je laboratorijsko određivanje sadržaja Mn, Ni, Fe, Cu, Zn, Cr, Ca, Mg na atomskom spektrofotometru (Perkin Elmer 3300), principom atomsko-apsorpcione plamene fotometrije, na Prirodno-matematičkom fakultetu u Kragujevcu. Svaki uzorak je očitao u pet ponavljanja, nakon čega je izračunata srednja vrednost. Koncentracije metala u biljnom materijalu i zemljištu izražene su u mg kg^{-1} suve materije. Biokoncentracioni faktor (BCF) korišćen je za utvđivanje akumulacije metala iz zemljišta u koren, a računa se kao odnos koncentracije metala u korenu i koncentracije u zemljištu. Za analizu translokacije metala iz korena u nadzemne delove biljke korišćen je translokacioni faktor (TF) koji predstavlja odnos koncentracije metala u nadzemnom organu i njegove koncentracije u korenu (Gupta i sar., 2008.). Akumulacija postoji ukoliko je $\text{BCF} > 1$ a efikasna translokacija metala se odvija kada je $\text{TF} > 1$. Faktor obogaćenja (EF) izračunat (Alagić i sar., 2019) je po formuli $\text{EF biljke} = \text{Cx zagađeno} / \text{Cx kontrolno}$, gde su: Cx – koncentracija metala ili metaloida u biljnom uzorku ili zemljištu na zagađenom i kontrolnom području ($\mu\text{g/g sm}$). Kontrolno zemljište je ono koje je uzeto sa lokaliteta Ovčarsko-kablarske klisure.

Rezultati istraživanja i diskusija

Rezultati istraživanja pokazuju da na osnovu konstatovane količine u zemljištu sa jalovišta lokaliteta Kosovska Mitovica (Tabela 1) ispitivane elemente možemo da poređamo u niz: $\text{Fe} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Mn} > \text{Pb} > \text{Cr} > \text{Ni} > \text{Zn} > \text{Cu}$ a u zemljištu sa lokaliteta Ovčarsko-kablarske klisure u niz $\text{Fe} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Cr} > \text{Mn} > \text{Ni} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu}$ (Tabela 2.) Zemljište sa jalovišta sadrži mnogo veće količine Pb (čak 26 puta više), Fe, Mn, Cu, Zn, Ni nego zemljište iz Ovčarsko-kablarske klisure (Tabela 1, Tabela 2). Količine Cu, Zn, Cr, Ni i Pb u zemljištu sa jalovišta su u okviru remedijacionih vrednosti. Remedijacione koncentracije metala i metaloida u zemljištu (Uredba br 30/2018 i 64/2019) su za Cu 36-190 mg kg^{-1} , za Zn od 140-720 mg kg^{-1} , za Cr od 100-380 mg kg^{-1} , za Ni 35-180 mg kg^{-1} i za Pb 85-530 mg kg^{-1} . Osnovne funkcije zemljišta u kome se konstatuju količine metala i metaloida u okviru granica remedijacionih vrednosti ozbiljno su narušene pa se moraju primeniti remedijacione mere u cilju vraćanja kvaliteta zemljišta.

Tabela 1. Sadržaj ispitivanih metala [mg kg^{-1}] u vrsti *A. millefolium* sa lokaliteta Kosovska Mitrovica¹
 Table 1. The content of investigated metals [mg kg^{-1}] in species *A. millefolium* from Kosovska Mitrovica

metal	Zemljište/soil		Stablo i list/ herb	Cvast inflorescence
		Koren /root		
Mn	2685.58±16.06	164.12±0.81	71.68±0.91	61.08±0.48
Fe	77363.08±682.37	3274.54±34.36	766.94±3.24	162.1±0.62
Cu	113.88±0.8	11.42±0.31	8.8±0.014	11.38±0.27
Zn	176.24±0.78	46.76±0.57	52.44±0.71	56.52±0.58
Cr	453.36±1.36	36.42±0.44	8.83±0.031	1.86±0.02
Ni	199±0.97	50.72±0.47	36.42±0.39	31.22±0.36
Mg	4540.54±23.4	6477.3±28.81	1896.98±42.01	4354.18±35.45
Ca	3649.76±31.20	15391.96±82.14	9266.74±24.97	9147.92±34.69
Pb	873.66±2.057	36.26±0.42	17.16±0.29	<LOD

¹srednja vrednost (n=5) ± standardna devijacija [mg kg^{-1}]

Tabela 2. Sadržaj ispitivanih metala [mg kg^{-1}] u vrsti *A. millefolium* sa lokaliteta Ovčarsko-kablarske klisure¹
 Table 2. The content of investigated metals [mg kg^{-1}] in species *A. millefolium* from Ovcar-Kablar gorge

metal	Zemljište/soil		Stablo i list/ herb	Cvast inflorescence
		Koren /root		
Mn	429,2±5,27	30.04±1.7	12,88±0.5	8,58±0.01
Fe	42127,8±52,31	2106,39±30.51	1685,11±7.46	84,25±0.32
Cu	29,6±0,40	6.75±0.12	1,48±0.002	2,8±0.001
Zn	52,2±0,51	36.71±0.59	37,7±0.36	39,7±0.17
Cr	613,3±6,47	24,53±0.67	18,4±0.81	2,45±0.005
Ni	89,5±0,69	26,85±0.55	20,01±0.24	13,42±0.2
Mg	27824,7±186,54	2504,1±14.02	1391,2±18.41	1669,4±10.11
Ca	6722,3±16,67	2318,0±71.23	2019,69±6.16	4705,6±24.01
Pb	33,5±0,49	3,95±0.21	0,7±0.008	<LOD

¹srednja vrednost (n=5) ± standardna devijacija [mg kg^{-1}]

Biljke sa jalovišta usvajaju sve ispitivane metale u većim količinama u odnosu na biljke sa lokaliteta OKK (Tabela 1., Tabela 2). Sadržaj Mn u biljkama sa jalovišta kreće se od 61,08 (cvast) do 164,1 mg kg^{-1} a u biljkama sa lokaliteta OKK 8,58 (cvast) do 30,04 mg kg^{-1} što je kod biljaka sa oba lokaliteta u okviru prosečnog sadržaja (50-250 mg kg^{-1}) u biljkama. Međutim količine Ni, Fe, Cu, Cr, Pb u biljkama sa oba lokaliteta su veće od prosečnog sadržaja u biljkama koji se navode u literaturi. Koren je biljni organ *A. millefolium* koji sadrži najveće količine Mn, Fe, Cu, Cr, Ni, Mg, Ca, Pb dok je u cvasti najveća količina Zn kod biljaka sa oba lokaliteta.

Biokoncentracijski faktor (BCF) je veći od 1 za Ca kod biljaka sa oba lokaliteta s tim što biljke sa jalovišta imaju 4 puta veći BCF od biljaka sa lokaliteta OKK (Tabela 3). Koren biljaka sa jalovišta usvaja tri puta veće količine Mg nego koren biljaka sa lokaliteta OKK. BCF je veći od 1 kod biljaka sa jalovišta dok je kod biljaka sa lokaliteta OKK 0.9. Vrednosti BCF za ostale metale su ispod 1 i približne su tako da možemo reći da ne postoje interspecijske razlike između biljaka različitih lokaliteta za Mn, Fe, Cu, Cr, Ni, Pb. Dobijeni rezultati za BCF pokazuju da vrsta *A. millefolium* ima sposobnost akumuliranja Ca i Mg u korenu.

Tabela 3. Biokoncentracijski (BCF), i Translokacioni faktor (TF) vrste *A. millefolium*
 Table 3. Bioconcentration factor (BCF) and Translocation factor (TF) of species *A. millefolium*

Metal/ metals	Biokoncentracijski faktor/Bioconcentration factor BCF		Translokacioni faktor/ Translocation factor zeljasti deo/herb		Translokacioni faktor/ Translocation factor Cvasti/ inflorescence	
	OKK	K. Mitrovica	OKK	K. Mitrovica	OKK	K. Mitrovica
Mn	0.07	0.06	0.42	0.44	0.28	0.37
Fe	0.05	0.04	0.8	0.23	0.04	0.05
Cu	0.22	0.1	0.22	0.77	0.9	1*
Zn	0.7	0.26	1.03*	1.12*	1.08*	1.21
Cr	0.03	0.08	0.75	0.24	0.1	0.05
Ni	0.23	0.25	0.75	0.71	0.5	0.61
Mg	0.9	1.42*	0.55	0.29	0.64	0.67
Ca	1.08*	4.21*	0.88	0.6	0.64	0.59
Pb	0.12	0.003	0.17	0.47	/	/

Efikasna translokacija utvrđena je za Zn iz korena u stablo i u cvasti kod biljaka sa oba lokaliteta (Tabela 3). Kod biljaka sa jalovišta konstatovana je translokacija Cu iz korena u cvast (TF=1). S obzirom da su vrednosti za TF za ostale ispitivane metale manje od 1 možemo konstatovati da je karakteristika vrste *A. millefolium* da se Zn i Cu premeštaju od korena ka nadzemnim organima gde se akumuliraju.

Faktor obogaćivanja (Tabela 4) smo koristili radi procene stepena zagađenja zemljišta i biljnih organa. Vrednost EF od 2 ukazuje da postoji antropogeno zagađenje ali nije alarmantno, umereno zagađenje postoji ako je EF = 2 - 5; značajno zagađenje je ako je EF= 5 - 20; vrlo veliko zagađenje je ako je EF = 20 - 40; i izuzetno veliko zagađenje je kada je EF> 40 (Alagić i sar 2019). Zemljišni EF pokazali su vrlo veliko zagađenje olovom, značajno zagađenje manganom, umereno zagađenje bakrom, cinkom i niklom. Vrednosti za EF korena i nadzemnog dela ukazuju na značajno zagađenje olovom i manganom. Kod cvasti postoji značajno zagađenje manganom i umereno zagađenje niklom.

Vrste jedinike *A. millefolium* mogu da rastu i na zemljištu koje sadrži metale u količinama koje su u okviru remedijacionih vrednosti. Na osnovu usvojenih i akumuliranih količina ispitivane metale kod biljaka prikupljenih sa jalovišta možemo

da poređamo u niz Ca>Mg>Fe>Mn>Zn>Ni>Pb>Cr a kod biljaka sa nezagađenog zemljišta (OKK) u niz Ca>Mg>Fe>Zn>Mn>Ni>Cr>Pb.

Tabela 4. Faktor obogaćivanja
 Table 4. Enrichment factor

metal	Factor obogaćivanja/ Enrichment factor			
	zemljište Soil	koren Root	zelj. deo herb	cvast inflorescence
Mn	6,25	5,46	5,56	7,11
Fe	1,83	1,55	0,45	1,92
Cu	3,84	1,69	5,94	1,86
Zn	3,37	1,27	1,39	1,42
Cr	0,73	1,48	0,47	0,75
Ni	2,22	1,88	1,82	2,32
Mg	0,16	0,24	1,36	0,26
Ca	0,54	2,01	4,58	1,94
Pb	26,07	9,17	24,5	/

Zaključak

Na osnovu rezultata istraživanja možemo zaključiti da se u korenu *A. millefolium* akumulira većina ispitivanih metala osim Zn i Cu kojih najviše ima u cvasti. Biljke koje rastu na zemljištu bogatom teškim metalima (jalovište) usvajaju znatno veće količine metala u odnosu na biljke sa lokaliteta Ovčarsko-kablarske klisure. Vrednosti faktora obogaćivanja pokazuju da postoji značajno zagađenje biljnih organa pa biljke hajdučke trave sa zemljišta zagađenih teškim metalima ne treba koristiti u medicinske i farmakološke svrhe.

Literatura

- Alagić S., Tošić S., Nikolić M., Milić S., Papludis A., Stević Z. (2019). Biomonitoring mangana u regionu Bora (istočna Srbija) na bazi sadržaja u uzorcima lišća, korenja i zemljišta divlje kupine. Zbornik Međunarodne konferencije o obnovljivim izvorima električne energije – MKOIEE, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 55-60.
- Ali S., Gopalakrishnan B, Venkatesalu V, (2017). Pharmacognosy, Phytochemistry and Pharmacological Properties of *Achillea millefolium* L. A Review, *Phytother Res*31(8):1140-1161.
- Ayoobi F, Shamsizadeh A, Fatemi I, Vakilian A, Allahtavakoli M, Hassanshahi G, Moghadam-Ahmadi A (2017). Bio-effectiveness of the main flavonoids of *Achillea millefolium* in the pathophysiology of neurodegenerative disorders- a review. *Iran J Basic Med Sci.* 20(6): 604–612.
- Djelic G., Krstic D., Stajic M.J., Milenkovic B., Topuzovic M., Nikezic D., Vucic D., Zeremski T., Stankovic M., Kostic, D. (2016): *Transfer factors of natural radionuclides and 137Cs from soil to plants used in traditional medicine in central Serbia*, *Journal of Environmental Radioactivity*, 158-159:81.

- Gupta S., Nayek S., Saha R. N., Satpati S. (2008). Assessment of heavy metal accumulation in macrophyte, agricultural soil and crop plants adjacent to discharge zone of sponge iron factory. *Environ. Geol.*, 55, 731–739.
- Mickovski Stefanović V. (2012). Uticaj genotipa i lokaliteta na dinamiku akumulacije teških metala u vegetativnim organima pšenice - Doktorska disertacija – Beograd, pp 94.
- Pljevljakušić D., Ristić M., Šavikin K. (2017) Screening of yarrow (*Achillea millefolium* Agg.) populations in Serbia for yield components and essential oil composition, *Lekovite sirovine* vol. 37, 1-7.
- Stanković M, Topuzović M, Marković A, Pavlović D, Đelić G, Bojović B, Branković S. (2010) Influence of Zinc (Zn) on germination of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biotechnology and Biotechnological Equipment* 24(2), 236–239.
- Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih, štetnih I opasnih materija u zemljištu, Sl. Glasnik br 30/2018 I 64/2019.
- World Health Organization (1994). IPCS Environmental Health Criteria 170; Assessing human health risk of chemicals: Derivation of guidance values for health-based exposure limits. Geneva).

POTENTIAL OF BIOACCUMULATION AND TRANSLOCATION OF METALS IN ACHILLEA MILEFOLIUM FROM DIFFERENT SITES

Gorica Đelić¹, Zoran Simić¹, Snežana Branković¹, Milan Stanković¹, Milica Pavlović¹, Tatjana Jakšić², Predrag Vasić²

Abstract

Achillea millefolium L. has a great value as medicinal plant. The aim of the research is to determine the uptake potential for heavy metals and the intraspecific difference between unique species of *A. millefolium* from different localities based on the heavy metals uptake, their distribution in plant organs and enrichment factors. The results showed that plants growing on soil rich in heavy metals (tailings) absorb significantly higher amounts of metals compared to plants from the Ovčar-Kablar gorge (non-contaminated soil).

Key words: *Achillea millefolium* L., metals, adoption, translocation

¹University of Kragujevac, Faculty of Science Kragujevac, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia (gorica.djelic@pmf.kg.ac.rs);

²University of Priština, Faculty of Science, Kosovska Mitrovica