

ECOLOGICA

UDC:502

YU ISSN 0354 - 3285

Posebno tematsko izdanje broj 13 - Godina XIV - 2007.

Urednik

Prof. dr Larisa Jovanović

MEĐUNARODNA KONFERENCIJA

ŽIVOTNA SREDINA
I ODRŽIVI RAZVOJ

INTERNATIONAL CONFERENCE

on

ENVIRONMENT AND
SUSTAINABLE DEVELOPMENT

ECOLOGICA

Osnivač i izdavač:

NAUČNO – STRUČNO DRUŠTVO ZA
ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE SRBIJE
"ECOLOGICA"

Publisher

SCIENTIFIC PROFESSIONAL SOCIETY
FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION
OF SERBIA - ECOLOGICA -

Urednik:

Prof. dr Larisa Jovanović

NAUČNI I RECENZIONI ODBOR

Prof. dr Larisa Jovanović, predsednik
Prof. dr Duško Bajin, potpredsednik
Prof. dr Slavko Mentus
Prof. dr Dragan Veselinović
Prof. dr Vidojko Jović, dopisni član SANU
Prof. dr Vladan Joldžić
Prof. dr Dragan Marković
Dr Dragana Pešić Mikulec
Dr Marina Ilić
Dr Ivan Pavlović
Dr Dragan Škobalj
Dr Dušan Stojadinović
Akademik dr Alexander Tetior,
Ruska Federacija
Dr Vadim Ermakov, Ruska Federacija
Dr Atanas Atanasov, Bugarska
Dr Robert Seeman, Austria
Prof. dr Vladimir Tomov, Bugarska
Prof. dr Petar Hristov, Bugarska
Dr. Agni Vlavianos-Arvanitis, Greece

Adresa redakcije:

ECOLOGICA, Beograd, Kneza Miloša 7a
tel. (011) 32 44 248; Fax: (011) 32 30 067
E-mail: ecologica@ptt.yu

Tekući račun Društva ECOLOGICA:
255 – 0020030101000 - 89
Privredna banka, Beograd

Tehnički urednik:

Slavka Vukašinović

Štampa:

Akademski izdanja, Zemun
Časopis ECOLOGICA se publikuje uz finan-
sijsku podršku Ministarstva nauke Republike
Srbije

Preštampavanje dozvoljeno uz puno
navođenje izvora – ECOLOGICA –

Rukopisi se ne vraćaju

Posebno tematsko izdanje broj 13 – 2007. god.

Naučno-stručno društvo za zaštitu životne
sredine Srbije »ECOLOGICA«
Fakultet za fizičku hemiju
Privredna komora Beograda
Savez inženjera i tehničara Srbije
Bulgarian National Union of Scientists
– Rousse, Bulgaria
Bulgarian National Society of Agricultural Engineers
"Engineering and Research for Agriculture",
Bulgaria
Fakultet za primenjenu ekologiju - FUTURA,
Beograd, Srbija

Pod pokroviteljstvom
Ministarstva nauke Republike Srbije

**MEĐUNARODNI NAUČNI SKUP
ŽIVOTNA SREDINA
I ODRŽIVI RAZVOJ**

**INTERNATIONAL CONFERENCE
ON
ENVIRONMENT
AND SUSTAINABLE
DEVELOPMENT**

Beograd, 23 – 25. april 2007. godine

Posebnu zahvalnost Upravni odbor Društva »Ecologica«
izražava Savezu inženjera i tehničara Srbije, organima,
rukovodstvu i Stručnoj službi za pomoć u realizaciji
Programa rada Društva »Ecologica«

Desorpcija ^{137}Cs iz lišaja *Cetraria islandica* rastvorima sličnim kiseloj kiši

A. ČUČULOVIĆ, D. VESELINOVIĆ*
Š. S. MILJANIĆ*

Originalni naučni rad
UDC:504.7.06:546.655.027.137=861

UVOD

Ahmadijan je definisao lišajeve kao simbiozu dva ili tri organizma: gljive (*mycobiont*), alge (*phycobiont*) i ređe azotofiksirajuće bakterije, koji zajedno obrazuju organizam sa novim morfološkim i fiziološkim osobinama (dugi život, neodbacivanje starih delova talusa, odsustvo kutikula i stoma)¹. Golubkova je dala svoju definiciju lišajeva: sa biološke tačke posmatranja, lišaj predstavlja u širem smislu simbiozu dva ili više organizma genetski osposobljenih i zasnovanih na metaboličkim potrebama jednog od njih².

Lišajevi su organizmi sa najprostijom građom tela. Nemaju formiran koren, list, a ni stablo, nemaju kutikulu, ni stome i vodu i mineralne materije upijaju celom površinom talusa i time su manje ili više nezavisni od podloge na kojoj se nalaze. Talus se može smatrati fizičkom površinom na kojoj se dešavaju padavine različitih materija. Talus je živo telo, koje sakuplja u sebe materije iz njegove spoljne sredine.

Cezijum je hemijski element otkriven 1860. godine spektralnom analizom. Stabilan cesijum je dosta redak u prirodi. Rednog broja je 55, relativne atomske mase 132,9054. U stručnoj literaturi mogu se naći podaci da postoje 22 izotopa cesijuma u opsegu masa od 123 do 144, od kojih se samo izotop mase 133 smatra stabilnim (njegov osnovni izvor je mineral polucit). Cezijum se nalazi u 1a grupi Periodnog sistema i pripada alkalnim metalima. U rastvoru se nalazi u obliku monovalentnog katjona. Katjon cesijuma je slaba Luisova kiselina sa malim odnosom naelektrisanje -

Adresa autora: Institut za primenu nuklearne energije - INEP, Banatska 31b, Zemun, *Univerzitet u Beogradu, Fakultet za fizičku hemiju, P. Pr. 137, 11001 Beograd

radijus. Slabo reaguje sa ligandima. Smatra se da je sedam radioaktivnih izotopa cesijuma, proizvedenih tokom fisije različitih izotopa uranijuma, plutonijuma i torijuma ili bombardovanjem neutronima ^{133}Cs ili ^{136}Ba , radiološko značajno. Od sedam radioaktivnih izotopa dva su značajni za životnu sredinu i to ^{134}Cs (vreme poluživota 2,06 god) i ^{137}Cs (vreme poluživota 30,17 godina). Oba su prisutna u gorivnim elementima nuklearnog reaktora iz koga se emisijom oslobađaju u životnu sredinu. Jon ^{137}Cs je hemijski i biohemijski homolog kalijuma i u organizmu prati njegov metabolizam. Potpuno je rastvorljiv u telesnim tečnostima i ravnomerno se raspoređuje u organizmu. Zbog ove osobine ^{137}Cs nema kritičan organ i predstavlja organotropni radionuklid. ^{137}Cs je izrazito toksičan element, a fizičko-hemijske karakteristike su mu takve da se aktivno uključuje u lanac ishrane ljudi i životinja preko biljaka, jer metabolički zamenjuje kalijum³.

U spoljašnjoj sredini se nalaze i prirodni i veštački radionuklidi, različitog porekla, koji se sakupljaju ili ulaze u žive organizme. Radionuklidi koji su se ugradili u telo organizma postaju izvorom unutrašnjeg zračenja konkretnog živog organizma, ali i izvor zračenja za druge organizme, neposredno povezane. Lišaji se smatraju hiperakumulatorima radionuklida iz životne sredine, što je najverovatnije posledica reaktivnog mehanizma sa organskim kiselinama stvorenih od strane lišaja. Smatra se da je tolerantnost ka radionuklidima pasivna i da nastaje obrazovanjem različitih kompleksnih jedinjenja, kao i da su tolerancija i hiperakumulacija radionuklida u lišajevima posledica genetski nezavisnih svojstava organizma⁴. Kao što se radionuklidi apsorbuju, tako se i desorbuju iz lišaja i vraćaju manjom ili većom

brzinom u životnu sredinu. Sušenjem i lomljenjem delova talusa, rasturanjem uz pomoć životinja, šumskim požarima, padavinama kao što su kiša ili sneg, lancem ishrane lišajživotinja-čovjek lišajevi postaju sekundarni izvori zagađivanja. Pokazalo se da reakcije radiocezijuma sa vodom omogućavaju dalji prenos radionuklida u okolinu⁵.

Cetraria islandica ima veliku upotrebnu vrednost. Na Severu Zemljine polulopte, u Laponiji i na Islandu, lišajevi predstavljaju glavni deo biljnog pokrivača i kao takvi se koriste u ishrani domaćih i divljih životinja. Lišaj poseduje slab miris koji se oseća samo kad se lišaj sitni i podseća na miris morske alge. Lišaj je sluzavo – gorkog i bljutavog ukusa. Gorak ukus potiče od cetrarske kiseline (vrsta lišajske kiseline), koji se delimično gubi potapanjem lišaja u vodu; a potpuno, ispiranjem lišaja alkoholom ili 1 % KOH. U Norveškoj i Irskoj, se koristi za ljudsku ishranu. Lekari brašno iz lišaja preporučuju dijabetičarima za pravljenje dijetalnog hleba. Lihenin i izolihenin (ugljeni hidrati) iz lišaja hidrolizom sa razblaženom sumpornom kiselinom daju glikozu i druge šećere (do 70 %) koji dalje mogu prevreti u alkohol koji narodi Severa koriste za pravljenje alkoholnih pića. Od lihenina i izolihenina pravi se želatin koji se, takođe, upotrebljava u ishrani, sa različitim dodacima kao što su limun, šećer, čokolada. Islandski lišaj se upotrebljava u medicini kao *amarum mucilaginosum* (gorko sluzno sredstvo), čija se tinktura, davala kao lek protiv povraćanja i muke, naročito za vreme trudnoće. Kada se odstrani gorka komponenta tinktura se može koristiti i kao sredstvo za ublažavanje kašlja i protiv promuklosti. *Cetraria islandica* sadrži kinone, depside atranorin i depsidone fumaroprotocetrarne kiseline koji su našli veliku primenu u lečenju leukemije, tumora dojki, pankreasa i prostate. U novije vreme u lišaju su otkrivene materije sa antibiotskim dejstvom (usninska kiselina), koje se koriste u medicini i vetrini. Neke lišajske materije deluju i kao stimulatori organizma, neke protiv hroničnog proliva, neke kao tonik i stomahik (dejstvo gorke cetrarne kiseline). Lišaj sadrži šećere, skrob, mucin, pektin, lišajske kiseline, vitamin B12, provitamin A, jod⁶.

Cilj ovog rada je da se ispita desorpcija radiocezijuma iz lišaja *Cetraria islandica* rastvorima koji imitiraju kisele kiše, kao i da se

sagleda učinak delovanja padavina na desorpciju ^{137}Cs iz lišaja i njegov prenos, u okolinu u cilju smanjenja opasnosti od radijacionog opterećenja ljudi i životinja.

MATERIJAL I METODA

Uzorci lišaja *Cetraria islandica*, sakupljeni su na planini Sinjajevina (Crna Gora) 1994. godine i čuvani u papirnim vrećama. Osušeni, očišćeni od nečistoća koje su vizuelno mogle da se uoče i mehanički usitnjeni uzorci su odmeravani u količini od 10 grama. U tako pripremljenim uzorcima meren je nivo aktivnosti ^{137}Cs .

U prvom delu eksperimenta 10 g suve mase lišaja je preliveno sa 200 mL rastvora koji simuliraju kiselu kišu: (1) $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3$; (2) $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3\text{-(NH}_4)_2\text{SO}_4$; (3) $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3\text{-Na}_2\text{SO}_4$ i (4) $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3\text{-K}_2\text{SO}_4$. Rastvor (a) (H_2SO_4) je napravljen tako što je u 200 mL destilovane vode dodavata koncentrovana H_2SO_4 dok nije postignuta pH vrednost 3,28. Rastvor (b) (HNO_3) je napravljen tako što je u 200 mL destilovane vode dodavata koncentrovana HNO_3 dok nije postignuta pH vrednost 3,28. Rastvor (1) je dobijen mešanjem 100 mL rastvora (a) i 100 mL rastvora (b). Smeše (2), (3) i (4) u dobijene dodavanjem u 100 mL rastvora (1) 1 g amonijum sulfata, odnosno natrijum sulfata ili kalijum sulfata. pH vrednost smeša od 3,28 je podešavana dodavanjem koncentrovane sumporne kiseline. Uzorci su uzastopno desorbovani smešama 5 puta, a sve serije desorpcija su ponovljene 2 puta. Vreme uravnotežavanja je 24 časa. U tabeli 1 su navedene srednje vrednosti izmerenih aktivnosti.

U drugom delu eksperimenta 10 g suve mase lišaja je preliveno sa 200 mL destilovane vode pH 6,48 (5) i 200 mL snežnice (6). Sneg je uzorkovan 25. januara 2005. godine u 10 h pre podne u INEP-u. Te zime sneg je pao prvi put. pH otopljenog snega je bio 4,71. Niska vrednost pH snežnice govori o dejstvu kiselog snega, zbog velikog zagađenja na datom području grada Zemuna, tj. Beograda. Uzorci lišaja su desorbovani i destilovanom vodom i snežnicom 5 puta uzastopno, a sve desorpcije su ponovljene 2 puta. Vreme uravnotežavanja je 24 časa. U tabeli 2 su navedene srednje vrednosti izmerenih aktivnosti.

Posle svake desorpcije, nakon filtracije, uzorci lišaja su sušeni na sobnoj temperaturi do konstantne mase i stavljeni u plastične posude dimenzija prečnika 7,5 mm i zapremine 150 cm³. Nivo aktivnosti ^{137}Cs meren je u uzorcima pre i posle svake desorpcije, pod istim geometrijskim uslovima. Na osnovu merenja su izračunavane specifične aktivnosti (Bq/kg). Specifična aktivnost uzoraka lišaja merena je na gamaspektrometru ORTEC-AMETEK sa 8192 kanala, rezolucije 1,65 keV-a i efikasnosti od 34 % na 1,33 MeV ^{60}Co , sa greškom merenja ispod 5%.

REZULTATI I DISKUSIJA

Obična kišnica sadrži u proseku 2,0 ppm Na⁺; 0,3 ppm K⁺; 0,1 ppm Ca²⁺; 3,8 ppm Cl⁻; 0,6 ppm SO₄²⁻ i oko 0,12 ppm HCO₃⁻, a ima kiselost (pH) oko 5,7. pH kišnice se može dodatno menjati promenom sadržaja CO₂, SO₂ i NO_x u atmosferi. Primećeno je da joni koji imaju visok stepen naelektrisanja i mali jonski radijus (visok jonski potencijal = naelektrisanje/radijus) u reakciji sa vodom daju najčešće nerastvorne hidrokside, dok su joni sa malim jonskim potencijalom (malo naelektrisanje i veliki radijus) vrlo rastvorljivi. U ovu drugu grupu spadaju gotovo svi srednje teški i teški elementi periodnog sistema, koji ujedno spadaju u grupu štetnih elemenata⁷.

U zagađenoj atmosferi vrednosti pH padavina mogu da budu značajno izmenjene. Male koncentracije SO₂ u atmosferi imaju znatan uticaj na pH, jer ga visoka rastvorljivost i visoka vrednost konstante disocijacije sumporaste kiseline čine efikasnim u snižavanju pH vrednosti. U prisustvu metala, kao što su Fe ili Mn, rastvoreni sumpordioksid može dalje katalitički da se oksiduje čime se stvara sumporna kiselina, što još više snižava vrednost pH jer se dobijaju još dva slobodna jona. Sumpordioksid može da se oksiduje, sa istim rezultatom, još i ozonom, OH⁻radikalima ili peroksidima, ukoliko su oni prisutni u atmosferi. U prisustvu ozona može da nastane i azotna kiselina. Povećanje kiselosti atmosferske vode može da nastane rastvaranjem različitih gasova kiselog karaktera, porast pH se uglavnom može pripisati rastvaranju NH₃. Amonijak je jedini gas baznog karaktera koji, ako je prisutan, može da utiče na kiselost padavina. Međutim, kako su u atmosferi uvek prisutni i

oksid sumpora, NH₃ se obično neutrališe uz nastajanje (NH₄)₂SO₄, najčešće u obliku aerosola. U novije vreme, od vremena industrijske revolucije pa do danas kiselost vodenih rastvora usled prisustva SO₂ ili NO_x može da dostigne i do pH 2,0, što predstavlja izuzetno agresivne rastvore⁸.

Atmosferske padavine dolaze do lišaja ili vlažnim padavinama (kiša, sneg, rosa) ili suvim padavinama (sedimentacija aerosoli, čađi). Morfološke i fiziološke promene na talusu lišajeva izazvane kiselim kišama su specifične i zavise i od vrste lišaja. U zavisnosti od pH kiselih kiša kod lišaja dolazi do promena u rastu i izgledu talusa, boje (od roze ili braon do potpunog obezbojavanja, što je posledica odumiranja alginih ćelija), ili čak i nekroze, koje se mogu pratiti svetlosnim mikroskopom (SM) ili skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM). Istraživanja pokazuju da kisele kiše izazivaju i fiziološke promene kod lišajeva, naime, utiču na proces fotosinteze, nitrogenoznu aktivnost, a samim tim i na rast lišaja.

U tabeli 1 dati su rezultati desorpcije ^{137}Cs iz lišaja *C. islandica* koji je tretiran rastvorima koji su simulirali kisele kiše, pH 3,28. Srednji nivoi aktivnosti ^{137}Cs u lišaju su bile od 2140 do 2872 Bq/kg. Rastvorima pH 3,28 desorbavano je od 44,3 % (smeša (1)) do 64,5 % (smeša (4)) ^{137}Cs . Najuspešnija desorpcija je bila korišćenjem smeše (4). Najverovatnije je uspešnoj desorpciji ^{137}Cs iz lišaja doprineo K⁺ jon iz rastvora koji ga je zamenio, jer su ova dva jona homolozi. Najslabija desorpcija radiocezijuma iz lišaja je bila desorpcija smešom (1) samo 44,3 % od početne vrednosti. Verovatno je ova desorpcija najslabija zbog toga što u smeši (1) nema jona koji bi zamenio ugrađeni jon radiocezijuma u lišaju. Lišaj tretiran desorpcionim rastvorima (1-4) nije pretrpeo značajne strukturne promene, a rastvore dobijene posle desorpcije lišaja ne treba koristiti, niti bacati.

U tabeli 2 dati su rezultati desorpcije ^{137}Cs iz lišaja *C. islandica* koji je tretiranim destilovanom vodom (5) pH 6,48 i otopljenim snegom (6) pH 4,71. Destilovanom vodom je iz lišaja desorbavano 59,7% radiocezijuma od početne vrednosti, dok je desorpcija otopljenim snegom bila u odnosu na sve navedene desorpcije najslabija i svega 37,3%. Lišaj tretiran

rastvorima (5) i (6) nije pretrpeo značajne strukturne promene. Rastvore dobijene posle svake od pet desorpcija lišaja ne treba koristiti, niti bacati.

Svi rezultati ukazuju da je moguće desorbovati ^{137}Cs iz lišaja, za koji je pretpostavljeno da je strukturno vezan i da je zauzeo mesto

kalijuma u biljci (kao njegov homolog) i da se tamo ugradio, jer je površinska kontaminacija uklonjena u toku prethodnog perioda kišama i otopljenim snegom. Naime, od akcidenta u Černobilju 1986. godine do uzimanja uzoraka 1994. godine je prošlo osam godina.

Tabela 1 - Procenti nedesorbovanog ^{137}Cs u lišaju *C. islandica* posle svake od pet uzastopnih desorpcija smešama (1), (2), (3) i (4) koji simuliraju kisele kiše pH 3,28 u trajanju od 24 časa

Srednje aktivnosti ^{137}Cs u lišaju pre desorpcije (Bq/kg)	2779±116	2872±16	2140±42	2435±58
Smeše	$\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3$ (1)	$\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3\text{-}$ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2)	$\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3\text{-Na}_2\text{SO}_4$ (3)	$\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3\text{-K}_2\text{SO}_4$ (4)
Desorpcija	Procenti nedesorbovanog ^{137}Cs u lišaju posle svake od pet desorpcija			
I	74,8±1,9	47,7±1,0	63,8±1,3	38,8±0,8
II	60,2±1,6	42,5±0,9	51,7±1,1	37,5±0,8
III	59,3±1,5	38,3±0,8	49,8±1,1	36,7±0,8
IV	58,6±1,5	37,5±0,8	47,2±1,0	36,2±0,8
V	55,7±1,4	36,8±0,8	47,1±1,0	35,5±0,8
Ukupno desorbovano (%)	44,3	63,2	52,9	64,5

Tabela 2 - Procenti nedesorbovanog ^{137}Cs u lišaju *C. islandica* posle svake od pet uzastopnih desorpcija destilovanom vodom pH 6,48 i snežnicom pH 4,71 u trajanju od 24 časa

Srednje aktivnosti ^{137}Cs u lišaju pre desorpcije (Bq/kg)	2596±145	2433±77
Smeše	Destilovana voda (5)	Snežnica (6)
Desorpcija	Procenti nedesorbovanog ^{137}Cs u lišaju posle svake od pet desorpcija	
I	54,4±1,0	75,2±1,3
II	45,2±0,8	66,5±1,2
III	45,1±0,8	64,1±1,1
IV	44,3±0,8	63,1±1,0
V	40,3±0,7	62,7±1,0
Ukupno desorbovano (%)	59,7	37,3

ZAKLJUČAK

Nivo aktivnost radiocezijuma u uzorcima lišaja *Cetraria islandica* su bili visoki od 2140 do 2872 Bq/kg.

Smešama čiji sastav imitira sastav kiselih kiša pH 3,28 desorbovano je od 44,3 % (smeša (1)) do 64,5 % (smeša (4)) ^{137}Cs . Najuspešnija desorpcija je bila korišćenjem smeše (4). Najverovatnije je uspešnoj desorpciji $^{137}\text{Cs}^+$ iz lišaja doprineo K^+ jon iz rastvora koji ga je zamenio u lišaju, jer su ova dva jona homolozi. Najslabija desorpcija radiocezijuma iz lišaja je bila desorpcija smešom (1) samo 44,3 % od početne vrednosti. Verovatno je ova desorpcija najslabija zbog toga što u smeši (1) nema

jona koji bi zamenio ugrađeni jon radiocezijuma u lišaju.

Destilovanom vodom (5) je iz lišaja desorbovano 59,7 % radiocezijuma od početne vrednosti, dok je desorpcija otopljenim snegom (6) bila u odnosu na sve navedene desorpcije najslabija i svega 37,3%.

Lišaj tretiran svim rastvorima nije pretrpeo značajne strukturne promene. Rastvore dobijene posle svake od desorpcija lišaja ne treba koristiti, niti bacati.

Zahvalnica

Ovaj rad je finansiran od strane Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije, projekt: ON 142039.

LITERATURA

- [1] Ahmadjian V., The lichen symbiosis. New York: John Wiley & Sons, Inc., (1993) 250.
- [2] Голубкова Н. С., К вопросу о происхождении и путях эволюции лишайникового симбиоза, Новости систематики низших растений, СПб, Наука 29 (6) (1993) 84-104.
- [3] S. Russel, R. S. Bruce, Environmental Contamination by Radioactive Materials, IAEA, Vienna, (1969).
- [4] Sloof E. J., Environmental lichenology: Biomonitoring Trace-Element air Pollution; doctoral thesis, Technical University, Delft, The Netherlands, (1993).
- [5] Čučulović A., Veselinović D., Miljanić Š. S., Extraction of ^{137}Cs from lichen *Cetraria islandica* with water, J. Ser. Chem. Soc. 71(5) (2006) 565-571.
- [6] Richardson D. H. S., Frontiers in Mycology, Honorary and General Lectures from the Fourth International Mycological Congress, Regensburg 1990, Ed. D. L. Hawksworth., Lichens and Man, (1991).
- [7] Mc Cune B., Lichen communities along O₃ and SO₃ gradients in Indianapolis, Bryologist, 9 (1988) 223-228.
- [8] Veselinović D., Gržetić I. A., Đarmati Š. A., Marković .A., Stanja i procesi u životnoj sredini, Fizičko-hemijski osnovi zaštite životne sredine, knjiga I, Udžbenici Fizičke hemije, Fakultet za fizičku hemiju, Univerzitet u Beogradu, Beograd, (1995).

IZVOD

DESORPCIJA ^{137}Cs IZ LIŠAJA *CETRARIA ISLANDICA* RASTVORIMA SLIČNIM KISELOJ KIŠI

Lišajevi mogu usvajati i akumulirati zagađujuće supstance (radionuklide, teške metale, pesticide) u tkivima ili na površini talusa. Usvajanje, odnosno, zastupljenost zagađujućih supstanci u talusu lišaja je posledica unutrašnjih i spoljašnjih činilaca, tako da tkivo lišajeva odražava sastav životne sredine. Desorpcija akumuliranih zagađujućih supstancija sa padavinama dovodi do prenosa zagađujućih supstancija u okolinu i njenog zagađivanja.

*Lišaj *Cetraria islandica* je zbog svoje velike upotrebe uzet kao model sistem za ova istraživanja. Uzorci lišaja *C. islandica* sakupljeni su na planini Sinjajevina 1994. godine.*

U radu je ispitivana desorpcija ^{137}Cs iz lišaja različitim rastvorima. Merenja specifične aktivnosti radiocezijuma su vršena na gamaspektrometru ORTEC-AMETEK, sa greškom merenja ispod 5%.

Urađene su četiri serije od po pet uzastopnih desorpcija jednog uzorka lišaja rastvorima pH 3,28 sličnog sastavu kiselih kiše: (1) $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3$; (2) $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3\text{-(NH}_4)_2\text{SO}_4$; (3) $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3\text{-Na}_2\text{SO}_4$ i (4) $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3\text{-K}_2\text{SO}_4$. Desorpcije ^{137}Cs su vršene, svaka, u trajanju od 24 časa, na sobnoj temperaturi (22 °C), uz povremeno mešanje. Svaka serija desorpcija vršena je dva puta.

Iz lišaja je desorbovano od 44,3% (smeša (1)) do 64,5% (smeša (4)) ^{137}Cs od početne vrednosti. Prvom desorpcijom se najviše desorbuje ^{137}Cs iz lišaja: od 25,2% (smeša (1)) do 61,2% (smeša (4)), dok su procenti desorpcije ovog radionuklida narednim desorpcijama niži. Lišaj desorbovan navedenim smešama nije pretrpeo strukturne promene vidljive okom.

U radu je vršena i desorpcija radiocezijuma iz lišaja destilovanom vodom (5) pH 6,48 i snežnicom (otopljenim snegom) (6) pH 4,71 sakupljenim januara

2005. godine u INEP-u. Niska vrednost pH snežnice govori o postojanju kiselog snega na datom području grada Zemuna, tj. Beograda. Izvršeno je pet uzastopnih desorpcija u trajanju od 24 časa, uz povremeno mešanje. Urađene su dve serije merenja. Destilovanom vodom iz lišaja je desorbovano 59,7% ^{137}Cs , a snežnicom samo 37,3%.

Rastvore nakon desorpcije ne treba koristiti za dalju upotrebu, niti odbaciti u životnu sredinu bez prethodnog prečišćavanja od ^{137}Cs .

Ključne reči: lišaj, *Cetraria islandica*, desorpcija, ^{137}Cs , kisele kiše

ABSTRACT

DESORPTION OF ^{137}CS FROM *CETRARIA ISLANDICA* LICHEN WITH SOLUTIONS SIMILAR TO ACID RAIN

Lichen can adopt and accumulate polluting substances (radionuclides, heavy metals, pesticides) in tissue or on the thallus surface. Adoption, i.e. representation of polluting substances in lichen thallus is the consequence of internal and external factors, so the lichen tissue reflects the composition of the environment. Desorption of accumulated polluting substances by rainfalls leads to transfer of polluting substances into the environment and its pollution.

*Cetraria islandica lichen is used as a model system for this investigation due to its increased use. Samples of *C. islandica* lichen were collected on the Sinjajevina Mountain in 1994.*

In this paper desorption of ^{137}Cs from plants using different solutions was investigated. Measurements of the specific activity of radiocesium were performed on an ORTEC-AMETEK gamma spectrometer with a measuring error below 5%.

Four series of five consecutive desorptions of one lichen sample were performed using solutions with a pH of 3.28 similar to the composition of acid rain (1) $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3$; (2) $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3\text{-(NH}_4)_2\text{SO}_4$; (3) $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3\text{-Na}_2\text{SO}_4$ and (4) $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3\text{-K}_2\text{SO}_4$. Each desorption of ^{137}Cs was performed for 24 hours at room temperature (22 °C) with occasional mixing. Each desorption series was performed twice.

Of the starting value 44.3% (mixture (1)) to 64.5% (mixture (4)) of ^{137}Cs was desorbed from the lichen. The most ^{137}Cs was desorbed by the first desorption: from 25.2% (mixture (1)) to 61.2% (mixture (4)), while desorption percentages of this radionuclide are lower for further desorptions. Lichen desorbed using these mixtures did not undergo any noticeable structural changes.

In this paper radiocesium desorption was also performed using distilled water (5) with a pH of 6.48 and snow water (melted snow) (6) with a pH of 4.71 collected in January 2005 in INEP. The low pH value of snow water indicated the existence of acid snow in the region of Zemun, i.e. Belgrade. Five consecutive desorptions lasting 24 hours were performed with occasional mixing. Two series were measured. Distilled water desorbed 59.7% of ^{137}Cs from the lichen, while melted snow desorbed only 37.3%.

The solutions remaining after desorption should not be used further, nor dumped into the environment without prior removal of ^{137}Cs .

Key words: lichen, *Cetraria islandica*, desorption, ^{137}Cs , acid rain