

¹³⁷CS IR ⁴⁰K SAVITŪJŲ AKTYVUMŲ SANTYKIŲ TYRIMAS IR VERTINIMAS PRIEMĖLIO IR PRIEMOLIO DIRVOŽEMYJE

Renata Mikalauskienė¹, Donatas Butkus², Ingrida Pliopaitė Bataitienė³

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹renata.mikalauskiene@gmail.com; ²donatas.butkus@vgtu.lt; ³ingrida.pl@gmail.com

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjama gamtinės (⁴⁰K) ir dirbtinės (¹³⁷Cs) kilmės radionuklidų savitųjų aktyvumų ir jų santykio kaita skirtinguose Lietuvos teritorijos dirvožemiuose. Dirvožemio mėginiai parinkti iš vietovių, kurios buvo labiau užterštos po Černobylio atominės elektrinės avarijos ir buvusių branduolinių bandymų. Tyrimo metu nustatytos pagrindinės fizinės cheminės dirvožemio savybės ir jų poveikis ⁴⁰K aktyvumų koncentracijai. ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K savitieji aktyvumai dirvožemyje tirti esant sausam mėginio svoriui. ¹³⁷Cs savitieji aktyvumai sausame dirvožemyje svyravo nuo 1,1±1,0 iki 14,3±0,9 Bq/kg, o ⁴⁰K savitieji aktyvumai – nuo 326±29 iki 740±15 Bq/kg. ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K savitųjų aktyvumų santykis skirtingų vietovių dirvožemiuose kito nuo 0,0034 iki 0,0240 Bq/kg. Tyrimo rezultatai gali būti panaudoti, nustatant ir įvertinant ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K pernašą sistemoje dirvožemis–augalai.

Reikšminiai žodžiai: ¹³⁷Cs, ⁴⁰K, savitasis aktyvumas, aktyvumų santykis, dirvožemis, priemėlis, priemolis.

Įvadas

Dirvožemis – paviršinis Žemės sluoksnis, susiformavęs keturių geosferų (litosferos, hidrosferos, atmosferos ir biosferos) sąlyčio ir sąveikos zonoje (Galvydytė 2009) ir yra svarbiausia litosferos ir biosferos užterštumo tyrimų grandis.

Visą gyvąją gamtą, taip pat ir žmogų veikia jonizuojančioji spinduliuotė, kurią skleidžia radioaktyvieji elementai – sudedamoji uolienu, dirvožemių dalis ir šalutinis antropogeninės veiklos produktas, patenkantis į aplinką, gaminant branduolinę energiją ir branduolinį ginklą, taip pat atliekant bandymus su radioaktyviosiomis medžiagomis (Nedveckaitė 2004). Dirbtinės kilmės radioaktyvusis elementas – ilgaamžis izotopas ¹³⁷Cs į dirvožemį patenka su atmosferos iškritomis, o gamtinės kilmės radioaktyvioms eilėms nepriklausantis ilgaamžis izotopas ⁴⁰K yra kaip sudėtinė dirvožemio dalis, bet jis gali patekti ir su kalio trąšomis (Butkus, Salys 2009).

Po 1986 m. įvykusios Černobylio atominės elektrinės avarijos dideli dirbtinės kilmės radionuklidų kiekiai pasklido ir Lietuvos teritorijoje, ypač pietinėje ir vakarinėje jos dalyse (Butkus 2006). 2011 m. įvykiai Japonijos Fukušimos-1 atominėje elektrinėje dar kartą pasauliui parodė, kad kol nebus užtikrintas branduolinės energetikos objektų saugus naudojimas, tol radioaktyviųjų elementų sklaida ir kaupimasis aplinkoje bus opi problema.

Radionuklidai, esantys dirvožemyje, gali migruoti ir kauptis biotoje panašiai kaip ir maistinės medžiagos.

Radionuklidų pasiskirstymas dirvožemyje ir pernaša į biosferos komponentus priklauso nuo elementų cheminės formos ir dirvožemio savybių, tokių kaip pH, dirvožemio mineralinė sudėtis, organinės medžiagos kiekis ir maistinės medžiagos (Wasserman *et al.* 2006). Dėl geografinių ir geologinių veiksnių gamtinio radionuklido ⁴⁰K savitasis aktyvumas dirvožemio mėginiuose gali labai skirtis (Badran *et al.* 2003).

Daugumos radionuklidų akumuliaciją dirvožemyje lemia jų pasiskirstymas kietojoje ir skystojoje fazėje (Nisbet, Woodman 2000). Tam, kad būtų galima prognozuoti ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K kaupimosi ypatumus tam tikrose biologinių grandžių segmentuose, svarbu nustatyti jų sklaidos dėsningumus dirvožemyje ir aplinkos veiksnių įtaką radionuklidų migracijai. Žinios apie radionuklidų judrį būtinos, norint įvertinti ir radionuklidų patekimą į mitybos grandis.

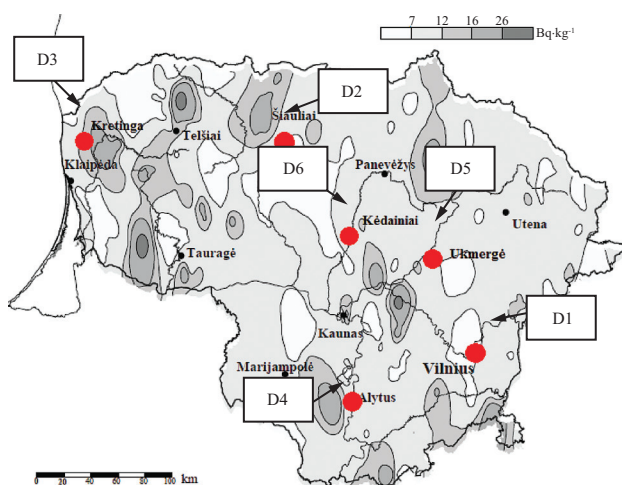
¹³⁷Cs ir ⁴⁰K savitųjų aktyvumų dirvožemyje ir augale santykio kaita – efektyvi priemonė, analizuojant ir vertinant ¹³⁷Cs pernašos procesų ir aktyvumų koncentracijos dėsningumus litosferos ir biosferos komponentuose (Bystrzejewska-Piotrowska *et al.* 2003). ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K aktyvumų santykis – tai veiksnys, dažnai taikomas vertinant radionuklidų pernašą sistemoje dirvožemis–augalas. Nustatyta, kad ⁴⁰K blokuoja ¹³⁷Cs įterpį į augalo šaknis ir tokiu būdu susilpnina ¹³⁷Cs migraciją (Ciuffo *et al.* 2003) ir atvirkščiai – padidėjusi ¹³⁷Cs aktyvumo koncentracija augale gali būti susijusi su ⁴⁰K trūkumu (Velasco *et al.* 2003).

Darbo tikslas: nustatyti ^{137}Cs ir ^{40}K savituosius aktyvumus ir jų santykį Lietuvos teritorijos skirtinguose dirvožemiuose.

Dirvožemio mėginių atranka ir paruošimas analizei

2010 m. dirvožemio mėginiai buvo paimti iš šešių skirtingų Lietuvos Respublikos vietovių (Vilniaus m. sav., Šiaulių m. sav., Kretingos m. sav., Alytaus m. sav., Kėdainių m. sav., Ukmergės m. sav.), atsižvelgiant į ^{137}Cs taršą: 1992 m. buvo nustatytos trys ^{137}Cs vietos, kuriose ^{137}Cs savitasis aktyvumas buvo didžiausias. Tai – Lietuvos pietų ir vakarų regionai bei Kuršių nerija (Butkus 2006).

Kretingos m. sav. ir Alytaus m. sav. dirvožemio mėginiai buvo parinkti iš vietų, kurios buvo užterštos po Černobylio AE avarijos – didžiausios ^{137}Cs užtaršos zonos, Vilniaus m. sav., Ukmergės m. sav. ir Kėdainių m. sav. mėginiai parinkti iš vidutiniškai užterštų zonų, o Šiaulių m. sav. dirvožemis parinktas, atsižvelgiant į tai, kad ČAE avarija šios zonos radioaktyviajai taršai turėjo mažiausiai įtakos (1 pav.).



1 pav. Dirvožemio mėginių ėmimo vietos: D1 – Vilniaus m. sav.; D2 – Šiaulių m. sav.; D3 – Kretingos m. sav.; D4 – Alytaus m. sav.; D5 – Ukmergės m. sav.; D6 – Kėdainių m. sav.

Fig. 1. Locations of soil samples: D1-Vilnius city municipality; D2-Šiauliai city municipality; D3-Kretinga city municipality; D4-Alytus city municipality; D5-Ukmergė city municipality; D6- city municipality

Kadangi mėginių ėmimo vietose vykdoma intensyvi žemdirbystė (ariamas dirvožemis), visi mėginiai buvo imti 20 cm gylyje ir nedalomi į sluoksnius. Ariamos žemės mėginiai buvo imami nuėmus derlių ir prieš tręšiant. Prieš analizuojant dirvožemį iš mėginių buvo pašalintos visos stambios dalelės, tokios kaip akmenys, augalų dalys ir kitos (stiklas, metalas, plastmasė ir pan.).

Tyrimų metu skirtingų vietovių mėginiuose buvo nustatomas natūralus dirvožemio drėgmės kiekis (W), organinės medžiagos (OM) kiekis, tankis (ρ), rūgštingumas (pH), lauko sąlygomis analizuojama dirvožemio granulimetrinė sudėtis (struktūra), matuojamas ^{137}Cs ir ^{40}K savitasis aktyvumas sausame dirvožemyje bei įvertinamas ^{137}Cs ir ^{40}K savitųjų aktyvumų santykis.

Dirvožemio granulimetrinės sudėties (struktūros) nustatymas

Dirvožemio granulimetrinė sudėtis (struktūra) lemia drėgmės ir oro režimą, organinių, mineralinių ir radioaktyviųjų junginių kaupimąsi bei pasiskirstymą.

Dirvožemio mėginių granulimetrinė sudėtis struktūra nustatyta lauko sąlygomis (apčiuopiant), remiantis Lietuvos dirvožemių granulimetrinės sudėties žemėlapiu.

Dirvožemio granulimetrinė sudėtis apibūdinama pagal sausų grumstų kietumą, drėgnos masės klįsingumą, lipnumą, minklumą, šurkštumą ar švelnumą, trinant dirvožemį tarp pirštų. Lauko sąlygomis granulimetrinė sudėtis nustatoma čiuopiant (*Dirvožemio ekologija* 2011), atsižvelgiant į tai, kad:

- priemolis – drėgnas suspaustas į kamuoliuką laikosi, tačiau į virvutę nesusivolioja. Sausi grumstai lengvai trupinami pirštais;
- lengvas priemolis – drėgną galima suvolioti į virvutę, kuri trūkinėja. Sausi grumstai kiek sunkiau trupinami pirštais;
- vidutinis priemolis – drėgną galima suvolioti į virvutę, kuri lenkiama lūžta. Sausi grumstai yra rišlūs ir sunkiai trupinami pirštais.

Natūralios dirvožemio drėgmės nustatymas

Dirvožemio drėgmė – jame esantis vanduo. Ji yra augalų, dirvožemio faunos ir mikroorganizmų gyvybės pagrindas.

Parinktas analizei natūraliai drėgnas dirvožemio kiekis pasveriamas elektroninėmis svarstyklėmis 0,001 g tikslumu, užrašomi duomenys. Mėginiai džiovinami iki pastovaus svorio laboratorinėje džiovinimo spintoje 105 °C temperatūroje. Po džiovinimo dirvožemio mėginiai pasveriami.

Natūralus dirvožemio drėgmės kiekis W – tai esančio dirvožemio porose vandens masės m_w santykis su kietųjų dalelių mase m_s , išreikštas procentais. Kietųjų dalelių masė pagal skaitinę reikšmę lygi sauso (išdžiovinto) dirvožemio masei.

Vandens (išgaravusio džiovinant) masė apskaičiuojama, iš drėgno dirvožemio masės atimant kietųjų dalelių masę (Amšiejus *et al.* 2002):

$$W = \frac{m_w}{m_s} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

čia m_w – vandens (išgaravusio džiovinant) masė, kg; m_s – sauso dirvožemio mėginio masė, kg.

Dirvožemio organinės medžiagos kiekio nustatymas

Dirvožemio organinė medžiaga – vienas iš svarbiausių dirvožemio kokybės indikatorių. Ji lemia daugelį dirvožemio savybių, įskaitant maisto medžiagų kiekį, teršalų adsorbciją, vandens infiltraciją ir sulaiikymą, dirvožemio struktūrą (Wasserman *et al.* 2006).

Organinės medžiagos kiekis nustatomas deginant dirvožemį aukštoje temperatūroje.

Prieš nustatant organinės medžiagos kiekį, dirvožemis išdžiovinamas laboratorinėje džiovinimo spintoje 105 °C temperatūroje ir pasveriamas. Dirvožemio mėginys dedamas į porcelianinį indą ir deginamas krosnyje 450 °C temperatūroje, kol nusistovi pastovi masė. Atvėšęs dirvožemis vėl pasveriamas.

Išdeginta dirvožemio masė Δm apskaičiuojama pagal šią formulę (Janušienė, Šlepetienė 2001):

$$\Delta m = m_s - m_c, \quad (2)$$

čia m_s – dirvožemio, išdžiovinto 105 °C temperatūroje, masė, kg; m_c – dirvožemio, išdeginto 450 °C temperatūroje, masė, kg.

Išdegtos masės kiekis atitinka dirvožemio OM kiekį, kurį galima apskaičiuoti pagal formulę (Janušienė, Šlepetienė 2001)

$$OM = \frac{\Delta m}{m_s} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

čia m_s – dirvožemio, išdžiovinto 105 °C temperatūroje, masė, kg; Δm – išdeginta dirvožemio masė, kg.

Dirvožemio tankio nustatymas

Dirvožemio tankiu vadinamas natūraliai susiklojusio sauso dirvožemio (su oro tarpeliais) tūrio vieneto masė, priklausanti nuo dirvožemio poringumo, struktūros, mineralinės sudėties ir kt. (Navickas 2008).

Dirvožemio tankiui nustatyti naudojamas sausas dirvožemio mėginys, išdžiovinamas laboratorinėje džiovinimo spintoje 105 °C temperatūroje iki pastovaus svorio.

Nesijotas, sausas dirvožemis nedideliais kiekiais beriamas į matavimo „denta“ kiuvetę (52 ml) nuolat ją sukrotant, kad dirvožemis natūraliai susiklotų. Pripildyta kiuvetė pasveriamas.

Dirvožemio tankis ρ apskaičiuojamas pagal formulę (Navickas 2008)

$$\rho = \frac{(m - m_c)}{V_k}, \quad (4)$$

čia m – matavimo kiuvetės su dirvožemiu masė, kg; m_c – matavimo kiuvetės masė, kg; V_k – matavimo kiuvetės tūris, m³.

Dirvožemio rūgštingumo (pH) nustatymas

Dirvožemio pH – vienas iš svarbiausių dirvožemio cheminių savybių rodiklių, dažnai vadinamas pagrindiniu dirvožemio kintamuoju, darančiu poveikį daugeliui cheminių reakcijų ir procesų. Vienas iš tiksliausių pH nustatymo metodų – potenciometrinis. Taikant šį metodą skirtumas tarp H⁺ jonų aktyvumo dirvožemio tirpale ir stikliniame elektrode sukelia elektrometrinio potencialo padidėjimą, kuris susijęs su dirvožemio tirpalo pH. Šiam elektrometriniam potencialui nustatyti naudojamas specialus pH-metras (*Dirvožemio ekologija* 2011).

Rūgštingumui nustatyti naudojamas laboratorinėje džiovinimo spintoje 105 °C temperatūroje išdžiovinamas sausas dirvožemis. pH-metras kalibruojamas, naudojant du buferinius tirpalus su skirtingomis pH reikšmėmis – pH 4,0 ir 7,0.

Pasveriamas 50 g išdžiovinto dirvožemio, kurio dalelės mažesnės nei 2 mm. Išdžiovinamas dirvožemio mėginys laikomas uždaroje talpykloje (matavimo kiuvetėje), kad išoriniai veiksniai nedarytų įtakos pH matavimų rezultatams. Dirvožemis, pasvertas elektroninėmis svarstyklėmis (0,001 g tikslumu), supilamas į laboratorinius užsukamus indus. Į kiekvieną indą pripilama po 50 ml distiliuoto vandens. Suspensija maišoma specialioje maišyklėje 60 min. Maišoma pastoviu greičiu, kad suspensija maišytųsi homogeniškai. Reikšmė pH matuojama iš karto, pabaigus maišymą. pH-metro stiklinis elektrodas nuplaunamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas ir įmerkiamas į paruoštą suspensiją. Suspensijos temperatūra išmatuojama po kiekvieno mėginio pH matavimo.

¹³⁷Cs ir ⁴⁰K savitųjų aktyvumų dirvožemyje nustatymas

Radionuklidų savitieji aktyvumai sauso (išdžiovinto) dirvožemio mėginiuose nustatomi gama spektrometru su puslaidininkiniu Ge(Li) detektoriumi. Prieš matuojant mėginiai pasveriami ir supilami į matavimo kiuvetes (52 ml).

¹³⁷Cs ir ⁴⁰K identifikuojami pagal kiekvienam radionuklidui būdingą spinduliuotės energiją: ¹³⁷Cs – 662 keV, ⁴⁰K – 1460 keV. Mėginių matavimo trukmė yra 1–1,5 paros.

Pagal išmatuotą radionuklido aktyvumą ir mėginio masę matavimo kiuvetėje apskaičiuojamas radionuklido savitasis aktyvumas mėginyje (Bq/kg).

Radionuklidų savitasis aktyvumas apskaičiuojamas pagal formulę (LAND 36-2000)

$$A_a = \frac{\frac{S}{t} - \frac{S_f}{t_f}}{\eta \cdot \varepsilon \cdot m}, \quad (5)$$

čia A_a – tiriamojo radionuklido savitasis aktyvumas mėginyje, Bq/kg; S – radionuklido smailės plotas, gautas matuojant radionuklidų aktyvumą mėginyje, imp; t – mėginio matavimo trukmė, s; S_f – smailės plotas, gautas matuojant foninę spinduliuotę, imp; t_f – fono matavimo trukmė, s; η – radionuklido skilimo energijos kvantinė išeiga; ε – spektrometrinės sistemos efektyvumas; m – mėginio masė, kg.

Savitojo aktyvumo absoliučioji paklaida apskaičiuojama pagal formulę (Pliopaitė Bataitienė 2006)

$$\Delta A = A_a \left(\frac{p}{100} + \frac{\Delta t}{t} + \frac{\Delta m}{m} \right), \quad (6)$$

čia A_a – pagal (5) formulę apskaičiuotas radionuklido savitasis aktyvumas mėginyje, Bq/kg; p – spektrometru nustatyta matavimo santykinė paklaida, %; Δt – matavimo laiko paklaida, s; Δm – bandinio masės nustatymo paklaida, kg.

Rezultatai ir jų analizė

Dirvožemio natūralios drėgmės kiekio (W), organinės medžiagos (OM) kiekio, sauso dirvožemio tankio (ρ), rūgštingumo (pH), dirvožemio tirpalo temperatūros (t) bei lauko

sąlygomis nustatytos dirvožemio granulimetrinės sudėties (struktūros) skirtingų Lietuvos vietovių dirvožemių analizės rezultatai pateikti 1 lentelėje.

Pagal dirvožemio struktūrą Lietuvos vakarinėje dalyje vyrauja priesmėliai (D3), pajūryje – smulkusis smėlis, šiaurėje – lengvi priemoliai (D2), moliai, rytinėje ir pietinėje dalyse – priesmėliai (D1 ir D4) ir smėliai, centrinėje dalyje – priesmėliai ir priemoliai (D5 ir D6).

Lengvi priesmėlio (D1, D3 ir D4) dirvožemiai gerai praleidžia ir kaupia drėgmę (17,2–23,8 %), greitai iššyla (21,1–21,4 °C). Lengvi ir vidutiniai priemolio dirvožemiai (D2, D5 ir D6) mažai praleidžia drėgmę (10,3–14,1 %), lėtai iššyla (20,1–20,4 °C).

Organinės medžiagos kaita tirtuose dirvožemiuose labai skiriasi: priesmėlio struktūrą turinčiuose dirvožemiuose organinės medžiagos kiekis, lyginant su priemolio dirvožemiais, pakankamai aukštas – nuo 12,8 iki 17,7 % (D1, D3 ir D4). Tuo tarpu, kuo sunkesnis, tankesnis dirvožemis, tuo mažesnis ir organinės medžiagos kiekis – nuo 2,8 iki 7,9 % (D2, D5 ir D6).

Galima teigti, kad, kuo gilesni, mažiau turintys organinės medžiagos (2,8–7,9 %), sunkesnės granulimetrinės sudėties dirvožemio horizontai (D2, D5 ir D6), tuo jie tankesni (1,06–1,15 g/cm³).

Pagal pH reikšmes tirtų dirvožemių (D1, D2, D3, D4, D5 ir D6) rūgštingumas priskiriamas šarminiai pH reikšmei – 7,0–7,5.

Dirvožemio pH veikia radionuklidų tirpumą ir adsorbiciją. Todėl dirvožemio pH yra vienas iš veiksnių, lemiantis tam tikro teršalo patekimą į paviršinius ir gruntinius vandenis bei mitybos grandis (*Dirvožemio ekologija* 2011).

1 lentelė. Dirvožemio fizinės cheminės savybės

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil

Vietovė	Struktūra	Drėgmė (W), %	Organinė medžiaga (OM), %	Sauso dirvožemio tankis (ρ), 10 ³ kg/m ³	Rūgštingumas (pH)	Temperatūra (t), °C
D1	Priesmėlis	17,2	17,7	0,95	7,1	21,1
D2	Lengvas priemolis	14,1	7,9	1,15	7,5	20,2
D3	Priesmėlis	23,8	13,4	0,94	7,1	21,2
D4	Priesmėlis	22,0	12,8	0,88	7,5	21,4
D5	Vidutinis priemolis	10,3	2,8	1,13	7,1	20,1
D6	Lengvas priemolis	11,8	6,1	1,06	7,5	20,4

D1 – Vilniaus m. sav.; D2 – Šiaulių m. sav.; D3 – Kretingos m. sav.; D4 – Alytaus m. sav.; D5 – Ukmergės m. sav.; D6 – Kėdainių m. sav.

⁴⁰K ir ¹³⁷Cs savitųjų aktyvumų ir jų santykių rezultatų įvertinimas

Gamtinės ir dirbtinės kilmės radionuklidų ⁴⁰K ir ¹³⁷Cs savitieji aktyvumai sauso (išdžiovinto) dirvožemio mėginiuose pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K savitieji aktyvumai dirvožemyje

Table 2. ¹³⁷Cs and ⁴⁰K specific activities in soil

Vietovė	Savitasis aktyvumas, Bq/kg sauso svorio	
	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
D1	1,7±1,6	352±29
D2	5,3±3,8	622±43
D3	14,3±0,9	596±18
D4	1,1±1,0	326±29
D5	6,3±3,4	719±34
D6	3,4±0,4	740±15

D1 – Vilniaus m. sav.; D2 – Šiaulių m. sav.; D3 – Kretingos m. sav.; D4 – Alytaus m. sav.; D5 – Ukmergės m. sav.; D6 – Kėdainių m. sav.

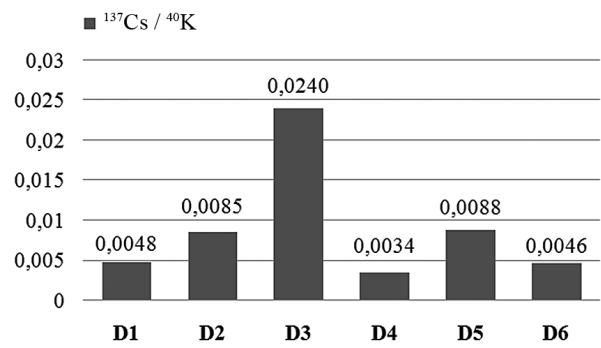
Kaip matyti iš 2 lentelės duomenų, ¹³⁷Cs savitieji aktyvumai sausame dirvožemyje svyruoja nuo 1,1±1,0 iki 14,3±0,9 Bq/kg, o ⁴⁰K savitieji aktyvumai – nuo 326±29 iki 740±15 Bq/kg.

Maksimali dirbtinio radionuklido ¹³⁷Cs savitojo aktyvumo vertė, išmatuota D3 dirvožemio mėginyje, yra 14,3±0,9 Bq/kg. Šios vietovės radioaktyviąją užtaršą veikia Černobylio AE avarijos padariniai.

Ilgamžio ⁴⁰K izotopo kiekiai dirvožemyje labai įvairūs, jie priklauso nuo regiono geografinės padėties, geologinių veiksnių ir antropogeninės veiklos. Taip pat ⁴⁰K savitųjų aktyvumų svyravimams galėjo daryti įtaką kalio trąšų naudojimas dirvožemiui tręšti (Brugaitė *et al.* 2010). Didžiausios gamtinio ⁴⁰K savitojo aktyvumo vertės nustatytos D5 ir D6 vietovių dirvožemyje: 719±34 ir 740±15 Bq/kg, o mažiausia – D4 vietovėje: 326±29 Bq/kg.

Priemolio struktūrą turinčiuose dirvožemių mėginiuose (D2, D5 ir D6) ⁴⁰K aktyvumų koncentracija yra didesnė negu smėlingame dirvožemyje (D1, D3 ir D4) (1, 2 lentelės). ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K savitųjų aktyvumų santykio nustatymo rezultatai pateikti 2 paveiksle. ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K santykis didžiausias D3 vietovėje – 0,0240; D1, D2, D4, D5 ir D6 vietovių dirvožemyje – nuo 0,0034 iki 0,0088.

Sąlygiškai aukštas ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K savitųjų aktyvumų santykis – 0,0240 nustatytas vietovėje, kurios dirvožemio mėginyje išmatuota didžiausia ¹³⁷Cs aktyvumo koncentracija – 14,3±0,9 Bq/kg (2 lentelė); struktūra – priemolis, drėgmė – 23,8 %, organinės medžiagos kiekis – 13,4 %, pH reakcija šarminė – 7,1 (1 lentelė).



2 pav. ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K savitųjų aktyvumų santykiai dirvožemio mėginiuose: D1 – Vilniaus m. sav.; D2 – Šiaulių m. sav.; D3 – Kretingos m. sav.; D4 – Alytaus m. sav.; D5 – Ukmergės m. sav.; D6 – Kėdainių m. sav.

Fig. 2. Ratios of ¹³⁷Cs and ⁴⁰K specific activities in soil samples: D1 – Vilnius city municipality; D2 – Šiauliai city municipality; D3 – Kretinga city municipality; D4 – Alytus city municipality; D5 – Ukmergė city municipality; D6 – Kėdainiai city municipality

Didesnis organinių medžiagų kiekis D3 dirvožemyje sulaiko ¹³⁷Cs izotopą, o šarminė pH reakcija sulėtina radionuklido migraciją dirvožemio aplinkoje (Lubytė *et al.* 2007).

Išvados

1. Išmatuoti ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K savitieji aktyvumai skirtinguose Lietuvos teritorijos dirvožemių mėginiuose kinta: ¹³⁷Cs sausame dirvožemyje nuo 1,1±1,0 iki 14,3±0,9 (Bq/kg); ⁴⁰K sausame dirvožemyje nuo 326±29 iki 740±15 (Bq/kg).
2. ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K savitųjų aktyvumų santykis skirtingų vietovių dirvožemiuose kinta nuo 0,0034 iki 0,0240 (2 pav.).
3. Sąlygiškai aukštas ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K savitųjų aktyvumų santykis – 0,0240 nustatytas D3 vietovėje, kurioje išmatuotas ¹³⁷Cs savitasis aktyvumas yra 14,3±0,9 Bq/kg, dirvožemio struktūra – priemolis, didelis drėgmės (23,8 %) ir organinės medžiagos kiekis (13,4 %), pH reakcija – šarminė (7,1).
4. ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K savitųjų aktyvumų santykių kaita skirtingų vietovių dirvožemiuose priklauso nuo radionuklidų savitųjų aktyvumų koncentracijos, o ši – nuo dirbtinės kilmės ¹³⁷Cs užtaršos zonos, geologinių ir antropogeninių (gamtinės kilmės ⁴⁰K) faktorių bei dirvožemio savybių, kurios daro įtaką radionuklidų migracijai ir kaupimuisi dirvožemyje.

Literatūra

- Amšiejus, J.; Mackevičius, R.; Medzvieckas, J.; Stragys, V. 2002. *Gruntų mechanika*: laboratoriniai darbai. Vilnius: Technika. 114 p.
- Badran, H. M.; Sharshan, T.; Elnimer, T. 2003. Levels of ¹³⁷Cs and ⁴⁰K in edible parts of some vegetables in Egypt, *Journal*

of *Environmental Radioactivity* 67(3): 181–190.
doi:10.1016/S0265-931X(02)00178-9

- Bystrzejewska-Piotrowska, G.; Urban, P. L.; Stęborowski, R. 2003. Discrimination between ^{137}Cs and ^{40}K in the fruiting body of wild edible mushrooms, *Nukleonika* 48(3): 155–157.
- Brugaitė, D.; Pliopaitė Bataitienė, I.; Butkus, D. 2010. ^{137}Cs ir ^{40}K vertikalusis ir horizontalusis pasiskirstymas po obelimi, iš 13-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2010 m. kovo 25 d., pranešimų medžiaga. Vilnius: Technika, 158–163.
- Butkus, D. 2006. *Jonizuojančioji spinduliuotė aplinkoje*. Vilnius: Technika. 292 p.
- Butkus, D.; Salys, R. 2009. Kalio trąšose esančių radionuklidų sukeliama efektinė apšvitimo dozė, *Visuomenės sveikata* 1: 59–66.
- Ciuffo, L.; Velasco, H.; Belli, M.; Sansone, U. 2003. ^{137}Cs Soil-to-plant Transfer for Individual Species in a Semi-natural Grassland, *J. Radiat. Res* 44(3): 277–283.
doi:10.1269/jrr.44.277
- Dirvožemio ekologija* [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2011 m. vasario 14 d.]. Prieiga per internetą: <http://gamta.vdu.lt/bakalaurai/lab_darbai/apl_dirvozemio_ekol/dirvozemio_ekol_1.pdf>.
- Galvydytė, D. 2009. Geografų indėlis į Lietuvos dirvožemio mokslą. *Geologijos ir geografijos institutas* [interaktyvus], [žiūrėta 2011 m. sausio 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.geo.lt/geo/uploads/media/114_140.pdf>.
- Janušienė, V.; Šlepetienė, A. 2001. Lietuvos žemdirbystės institute taikomi humuso kiekio ir kokybinės sudėties nustatymo metodai ir jų įvertinimas, *Žemdirbystė* 75: 97–109.
- LAND 36-2000. Aplinkos elementų užterštumo radionuklidais matavimas – mėginių gama spektrinė analizė spektrometru, turinčiu puslaidininkinį detektorių. *Valstybės žinios* 101-3208.
- Lubytė, J.; Antanaitis, A.; Staugaitis, G. 2007. Natūralių radionuklidų savitasis aktyvumas augalinėje produkcijoje, dirvožemyje ir trąšose, *Žemdirbystė* 94(2): 36–48.
- Navickas, J. 2008. *Agrofizika ir agrometeorologija*: metodiniai patarimai. Kaunas: Ardiva. 100 p.
- Nedveckaitė, T. 2004. *Radiacinė sauga Lietuvoje*. Vilnius: Kriventa. 239 p.
- Nisbet, A.; Woodman, R. 2000. Soil-to-plant transfer factors for radiocesium and radiostromium in agriculture systems, *Health Phys* 78: 279–288.
doi:10.1097/00004032-200003000-00005
- Pliopaitė Bataitienė, I. 2006. *Radionuklidų savitojo aktyvumo grybinių ligų ir puvinių pažeistoje pušyje (Pinus Sylvestris L.) nustatymas ir įvertinimas*. Vilnius: Technika. 96 p.
- Velasco, H.; Juri Ayub, J.; Belli, M.; Sansone, U. 2003. Temporal trends of ^{137}Cs and ^{40}K activity flux from soil to plant in grassland ecosystems, *Journal of Environmental Radioactivity* 71: 225–241. doi:10.1016/S0265-931X(03)00171-1
- Wasserman, M. A.; Rochedo, E. R. R.; Ferreira, A. C.; Conti, C. C.; Viana, A. G.; Bartoly, F.; Wasserman, J. C.; Perez, D. V. 2006. Plant Uptake Processes related with the Geochemical Behaviour of Radionuclides in some Brazilian Soil M. A., in *Proceedings of a Final Research Coordination Meeting Organized by the Joint FAO/IAEA Programme of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and Held in Chania, Crete, 22–26 September 2003*, 39–50.

STUDY AND ESTIMATION OF THE RATIO OF ^{137}Cs AND ^{40}K SPECIFIC ACTIVITIES IN SANDY AND LOAM SOILS

R. Mikalauskienė, D. Butkus, I. Pliopaitė Bataitienė

Abstract

The present article describes changes in specific activities and fluctuations in the ratio of natural ^{40}K and artificial ^{137}Cs radionuclides in soil samples taken from different places of Lithuanian territory. The samples of soil have been selected from the districts polluted after the accident in Chernobyl nuclear plant performing nuclear testing operations. The study has established the main physical and chemical properties of soil samples and their impact on the concentration of ^{40}K activities. $^{137}\text{Cs}/^{40}\text{K}$ specific activities in soil have been observed under the dry weight of the sample that varied from 0.0034 to 0.0240. The results of the study could be used for establishing and estimating ^{137}Cs and ^{40}K transfer in the system “soil-plant”.

Keywords: ^{137}Cs , ^{40}K , specific activity, activity ratio, soil, loam, clay loam.