

⁴⁰K KAUPIMOSI PAPRASTOSIOS MORKOS (*DAUCUS CAROTA L.*) IR RAUDONOJO BUROKĖLIO (*BETA VULGARIS L.*) SEGMENTUOSE TYRIMAS IR VERTINIMAS

Renata Mikalauskienė¹, Donatas Butkus²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

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

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjama gamtinės kilmės radionuklido ⁴⁰K savitojo aktyvumo ir pernašos faktoriaus kaita iš turinčių priemolio struktūrą dirvožemių į šakniavaisinių daržovių – paprastųjų morkų (*Daucus carota L.*) ir raudonųjų burokėlių (*Beta vulgaris L.*) – segmentus. Nustatytas savitasis ⁴⁰K aktyvumas dirvožemyje ir daržovių segmentuose, įvertinti pernašos (PF) faktoriai. Gauti duomenys rodo, kad gamtinės kilmės radionuklido ⁴⁰K pernašos faktorius iš dirvožemio į paprastosios morkos (*Daucus carota L.*) segmentus kito nuo 0,28 iki 0,99, o į raudonojo burokėlio (*Beta vulgaris L.*) – nuo 0,53 iki 0,96. Remiantis eksperimentinių tyrimų duomenimis bei atsižvelgiant į vykdomos veiklos radioaktyviąją dirvožemio užtaršą, galima įvertinti ⁴⁰K pernašą dirvožemis-augalas sistemoje bei kaupimąsi daržininkystės atliekose.

Reikšminiai žodžiai: ⁴⁰K, šakniavaisiai, paprastoji morka (*Daucus carota L.*), raudonasis burokėlis (*Beta vulgaris L.*), savitasis aktyvumas, pernašos faktorius, dirvožemis, priemolis.

Įvadas

⁴⁰K yra vienas iš labiausiai paplitusių gamtinės kilmės radionuklidų dirvožemyje ir maistinė medžiaga, turinti įtakos augalų augimui ir vystymuisi. Su radioaktyviomis eilėmis nesusijęs ir joms nepriklausantis ⁴⁰K, kaip sudėtinė dirvožemio dalis, dažniausiai aptinkamas dirvožemyje, bet gali į ją patekti ir su kalio trąšomis (Butkus, Salys 2009). Iš visų gamtinės kilmės radionuklidų labiausiai dominantis yra ⁴⁰K izotopas, nes šio ilgaamžio radionuklido yra didžiausi kiekiai aplinkoje (Urbelis *et al.* 2005). Dėl geografinių ir geologinių grunto tipo veiksnių savitasis gamtinio radionuklido ⁴⁰K aktyvumas dirvožemio mėginiuose gali labai skirtis (Badran *et al.* 2003; Malczewski *et al.* 2004).

Dirvožemyje esantis radionuklidas gali migruoti ir panašiai kaip ir maistinės medžiagos kauptis biotoje (Wasserman *et al.* 2003). Augalai yra pirminiai į aplinką patekusios radioaktyviosios taršos surinkėjai, mitybos grandimis perduodantys taršą žmogui (United 2000). Tiesioginė radioaktyvioji augalų tarša būna nuo radioaktyviųjų iškritų ant augalų antžeminių dalių, o netiesioginė tarša vyksta dėl radioaktyviųjų medžiagų sorbeijos iš dirvožemio į augalą per šaknis (Ladygienė 2006). Kadangi augalai beveik visada yra pirminė mitybinė grandis, o radionuklidas ⁴⁰K į daržoves patenka per lapus ir per šaknis, žmonės su maistu gauna pastovią vidinę apšvitą dozę (Adriano *et al.* 2000; Kabai *et al.* 2004).

Nors dabartinės higienos normos ⁴⁰K nereguliuoja, tačiau būtina paminėti, kad į radioaktyvias eiles ne-

įeinantis šis ilgaamžis izotopas yra pagrindinis žmogaus kūno natūraliosios jonizuojančiosios spindulių šaltinis. ⁴⁰K radioaktyvioji apšvita sudaro 99 % visos sąlygojamos gamtinės kilmės radionuklidų dozės (Lubytė *et al.* 2007). Bet kuriuo atveju kontroliuojant gamtinę apšvitą turi būti laikomasi tų pačių radiacinės saugos ir kontrolės principų, kurie taikomi kontroliuojant apšvitą dėl žmogaus sukurtų šaltinių, nors jų taikymo ypatybės gali ir skirtis. Vertinant antropogeninės veiklos jonizuojančiąją spindulių šaltinių, būtina atlikti šio izotopo elgsenos įvairiose sferose analizę.

Radionuklidų įterpį per šaknis apibūdina pernašos faktorius. Šis rodiklis, priklausomai nuo augalų, dirvožemio tipo bei aplinkos sąlygų, kinta. Dirvožemio charakteristikos (molio, organinių medžiagų kiekis ir kiti parametrai) turi šiam faktoriui įtakos (Howard 2000). Priemolio dirvožemiuose esantis gana didelis savitasis radionuklido ⁴⁰K aktyvumas yra susijęs su fizikine sugertimi, kai gamtinės kilmės radionuklidai yra absorbuojami molio dalelių (Pilkytė 2006). Šis cheminių medžiagų surišimas ypač pasireiškia turtinguose molio dirvožemiuose (Mastauskas *et al.* 1995).

Darbo tikslas – nustatyti savitąją gamtinės kilmės radionuklido ⁴⁰K aktyvumą priemolio struktūrą turinčiame dirvožemyje ir įvertinti jo pernašą į paprastųjų morkų (*Daucus carota L.*) ir raudonųjų burokėlių (*Beta vulgaris L.*) segmentus faktorių.

Metodika

Augimviečių atranka ir mėginių paruošimas tyrimams

Ekspertimentiniam tyrimui buvo parinktos dvi augimvietės (1 pav.), kurių dirvožemio struktūra – priemolis: Šiaulių ir Kėdainių rajonų teritorijos. Pagal dirvožemio sudėtį Lietuvos šiaurėje vyrauja priemoliai ir moliai, o centrinėje dalyje vyrauja priemėliai ir priemoliai (Pečiulienė 2006).

Dirvožemio mėginių granulometrinės sudėties struktūra nustatyta lauko sąlygomis (VDU... 2011). Kadangi žemės ūkiui naudojamų plotų paviršiniame sluoksnyje dėl nuolatinio maišymo radionuklidai yra pasiskirstę tolygiai (Павлоцкая 2000), dirvožemio mėginiai buvo imami iš 20 cm gylio ir nedalijami į sluoksnius.

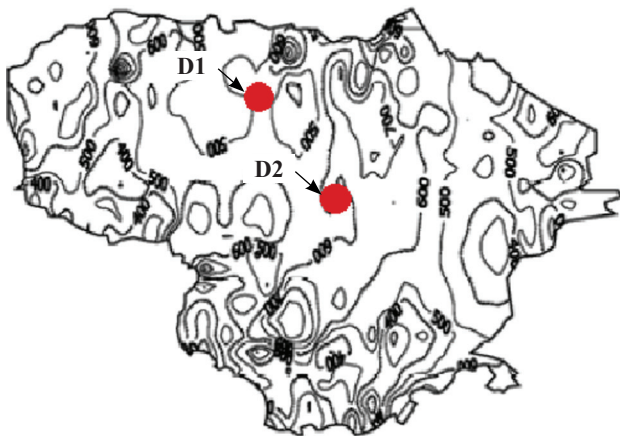
Siekiant nustatyti pernašos faktoriaus vertes iš dirvožemio į daržovių segmentus, tyrimo metu atrinktose augimvietėse buvo auginamos daržovės.

Prieš spektrometrinę analizę daržovės buvo plaunamos (nuo paviršiaus šalinamas dirvožemis) ir dalijamos į atskirus segmentus:

- 1) antžeminė dalis (lapai):
 - šakniavaisių lapai nedalijami;
- 2) požeminė dalis (šakniavaisiai):
 - šakniavaisinių daržovių šaknys dalijamos į tris dalis: išorinę (žievė), tarpinę ir šerdį.

Savitajam aktyvumui ($A_{i,j}$) nustatyti buvo naudojami elektriniu smulkintuvu susmulkinti ir laboratorinėje džiovinimo spintoje 105 °C temperatūroje iki pastovaus svorio išdžiovinti daržovių segmentų mėginiai.

Sausi mėginiai beriami į matavimo indelį („burk“ kiuvetę) nuolat jį sukrotant, kad mėginys natūraliai susi-



1 pav. ^{40}K savitojo aktyvumo izolinijos Lietuvos teritorijos dirvožemyje (Konstantinova, Butkus 2003). Ekspertimentinės augimvietės: D1 – Šiaulių rajonas, D2 – Kėdainių rajonas

Fig. 1. Isolines of ^{40}K specific activity in the soil of Lithuanian territory (Konstantinova, Butkus 2003). Areas of experimental growing: D1 – Šiauliai district; D2 – Kėdainiai district

klotų. Pripildyta „burk“ kiuvetė sveriamas elektroninėmis svarstyklėmis 0,001 g tikslumu.

Skirtingų augimviečių dirvožemio ir daržovių segmentų mėginiuose buvo matuojamas savitasis ^{40}K aktyvumas.

Savitojo ^{40}K aktyvumo dirvožemyje ir daržovių segmentuose nustatymas

Savitasis radionuklidų aktyvumas dirvožemio ir daržovių segmentų mėginiuose nustatomas gama spektrometru HPGe su gryno germanio detektoriumi.

^{40}K identifikuojamas pagal jam būdingą spinduliuotės energiją: ^{40}K – 1460 keV. Mėginių matavimo trukmė 1–1,5 paros.

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

Savitasis radionuklidų aktyvumas apskaičiuojamas pagal formulę (Pliopaitė Bataitienė 2006):

$$A = \frac{S - S_f}{t - t_f} \cdot \frac{1}{\eta \cdot \epsilon \cdot m}, \quad (1)$$

čia: 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 – foninės spinduliuotės matavimo trukmė, s; η – kvantinė radionuklido skilimo energijos išėiga; ϵ – spektrometrinės sistemos efektyvumas; m – mėginio masė, kg.

Maksimali absoliučioji savitojo aktyvumo paklaida apskaičiuojama pagal formulę (Pliopaitė Bataitienė 2006):

$$\Delta A = A_a \left(\frac{p}{100} + \frac{\Delta t}{t} + \frac{\Delta m}{m} \right), \quad (2)$$

čia: A_a – pagal (1) formulę apskaičiuotas radionuklido savitasis aktyvumas mėginyje, Bq/kg; p – spektrometru nustatyta santykinė matavimo paklaida, %; Δt – matavimo laiko paklaida, s; Δm – bandinio masės nustatymo paklaida, kg.

Vertinant radionuklido kaupimąsi dirvožemio-daržovių segmentų sistemoje, naudojamos pernašos faktoriaus vertės (Choi *et al.* 2009). Šiuo atveju pernašos faktorius nustatomas iš dirvožemio į šakniavaisinių daržovių – paprastųjų morkų (*Daucus carota L.*) ir raudonųjų burokėlių (*Beta vulgaris L.*) segmentus. Pagrindinė charakteristika, kuria nusakoma skirtingų aplinkos terpių gebėjimas kaupti radionuklidus, pernašos faktorius, nustatomas palyginant daržovės segmento masės vieneto aktyvumą su dirvožemio

aktyvumu ir imamas jų santykis (Bystrzejewska-Piotrowska *et al.* 2003, Nedveckaitė 2004):

$$(PF)_i = \frac{A_{i,j}}{A_{i,d}}, \quad (3)$$

čia: $(PF)_i$ – i -tojo radionuklido pernašos faktorius; $A_{i,j}$ – i -ojo radionuklido savitasis aktyvumas j -tajame daržovės segmente, Bq/kg; $A_{i,d}$ – i -ojo radionuklido savitasis aktyvumas dirvožemyje, Bq/kg.

Rezultatai ir jų analizė

⁴⁰K savitojo aktyvumo rezultatų įvertinimas

Radionuklido kaupimasis daržovių segmentuose vertinamas atsižvelgiant į pagrindinį ⁴⁰K patekimo į daržovės šaltinį – dirvožemį (D), jo radioaktyviąją užtaršą bei struktūrą. ⁴⁰K savitojo aktyvumo nustatymo rezultatai Šiaulių ir Kėdainių rajonų augimviečių dirvožemiuose bei paprastųjų morkų (*Daucus carota* L.) ir raudonųjų burokėlių (*Beta vulgaris* L.) segmentuose pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. ⁴⁰K savitasis aktyvumas dirvožemyje, morkos (*Daucus carota* L.) ir burokėlio (*Beta vulgaris* L.) segmentuose
Table 1. ⁴⁰K specific activity in soil and segments of carrots (*Daucus carota* L.) and beetroots (*Beta vulgaris* L.).

Morkos segmentas	D, Bq/kg	M1, Bq/kg	M2, Bq/kg	M3, Bq/kg	M4, Bq/kg
Augimvietė – D1	718 ± 11	409 ± 18	198 ± 13	369 ± 9	266 ± 10
Augimvietė – D2	740 ± 15	730 ± 22	390 ± 18	557 ± 13	496 ± 19
Burokėlio segmentas	D, Bq/kg	B1, Bq/kg	B2, Bq/kg	B3, Bq/kg	B4, Bq/kg
Augimvietė – D1	718 ± 11	572 ± 12	382 ± 10	387 ± 15	412 ± 16
Augimvietė – D2	740 ± 15	640 ± 22	490 ± 11	567 ± 17	710 ± 19

D1 – Šiaulių rajonas, D2 – Kėdainių rajonas, D – dirvožemis, M1, B1 – žievė (periderma), M2, B2 – tarpinė dalis (floema), M3, B3 – šerdis (ksilema), M4, B4 – antžeminė dalis

Ilgaamžio ⁴⁰K izotopo dirvožemyje kiekiai gali būti labai įvairūs, jie priklauso nuo geografinės regiono padėties, geologinių veiksnių bei antropogeninės veiklos (Badran *et al.* 2003). Taip pat savitojo ⁴⁰K aktyvumo kaitai gali daryti įtaką kalio trąšų naudojimas dirvožemiui tręšti (Butkus, Salys 2009; Brogaitė *et al.* 2010).

Savitasis ⁴⁰K aktyvumas dirvožemyje (D) (1 lentelė) kinta nuo 718 ± 11 (D1 augimvietė) iki 740 ± 15 (D2 augimvietė) Bq/kg. Didžiausia gamtinio savitojo ⁴⁰K aktyvumo vertė nustatyta Kėdainių rajono augimvietės dirvožemyje: 740 ± 15 Bq/kg. Šiaulių rajono augimvietės dirvožemio radioaktyvioji ⁴⁰K užtarša 22 Bq/kg mažesnė nei Kėdainių rajono augimvietės: 718 ± 11 Bq/kg.

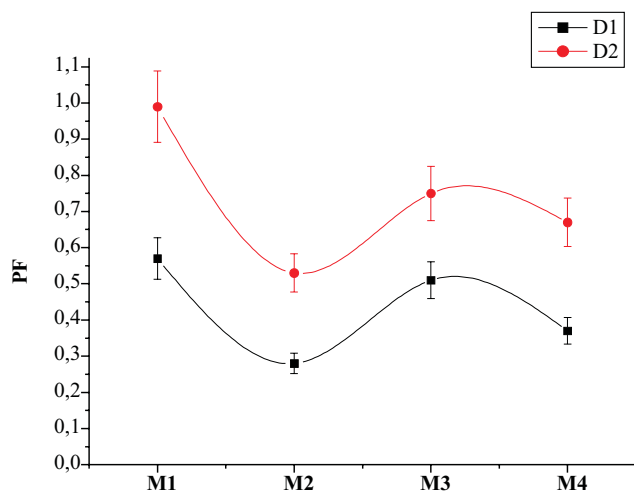
Abiejose augimvietėse radioaktyviojo ⁴⁰K kaupimasis morkos segmentuose (M1, M2 ir M4) vyksta analogiškai: didžiausias savitasis aktyvumas nustatytas morkos žievėje (M1) – (409 ± 18 – 730 ± 22 Bq/kg), vidutinis – antžeminėje dalyje (M4) (198 ± 13 – 496 ± 19 Bq/kg), o mažiausias – tarpinėje dalyje (M2) (198 ± 13 – 390 ± 18 Bq/kg).

Šiaulių rajono augimvietėje (D1) savitojo ⁴⁰K aktyvumo vertė didžiausia burokėlio žievėje (B2) – 572 ± 12 Bq/kg, kituose segmentuose (B1, B3 ir B4) radionuklido aktyvumo koncentracija pasiskirsto pakankamai tolygiai ir kinta nuo 382 ± 10 Bq/kg iki 412 ± 16 Bq/kg. Kėdainių rajono augimvietėje (D2) ⁴⁰K didžiausios savitojo aktyvumo vertės išmatuotos B1, B3 ir B4 segmentuose: nuo 567 ± 19 Bq/kg iki 710 ± 17 Bq/kg, o mažiausia ⁴⁰K savitojo aktyvumo vertė – tarpinėje burokėlio dalyje (B2) – 490 ± 11 Bq/kg.

Kai kurių autorių (Lubytė *et al.* 2007) atlikti tyrimai parodė, kad radionuklidų akumuliacija intensyvesnė žemesniuose augaluose. Taip pat kaupimasi gali lemti daržovių vegetacijos laikas ir brendimo laikotarpis, kurio metu vyksta maistinių, iš jų ir radioaktyviųjų, medžiagų iš dirvožemio pasisavinimas bei individuali daržovių fiziologija (Marčiulionienė *ir kt.* 2004).

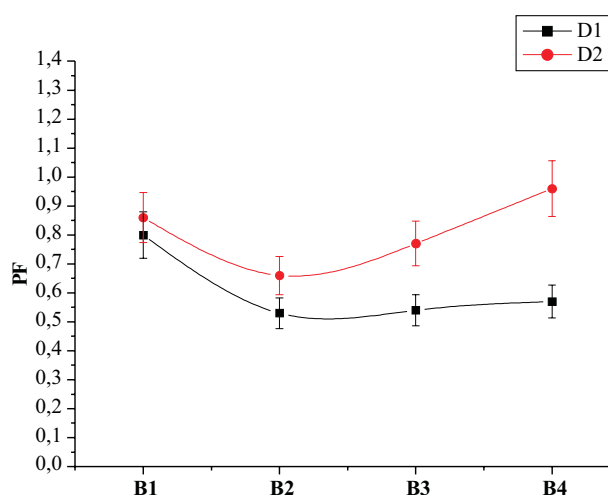
⁴⁰K pernašos faktorių rezultatų įvertinimas

Remiantis savitojo ⁴⁰K aktyvumo daržovių segmentuose rezultatais, pagal (3) formulę, pateiktą metodikos skyriuje, buvo apskaičiuoti pernašos faktoriai iš dirvožemio į paprastosios morkos (*Daucus carota* L.) ir raudonojo burokėlio (*Beta vulgaris* L.) segmentus (2–3 pav.).



2 pav. ⁴⁰K pernašos faktorius (PF) iš dirvožemio į morkos (*Daucus carota* L.) segmentus: D1 – Šiaulių rajonas, D2 – Kėdainių rajonas, M1 – žievė (periderma), M2 – tarpinė dalis (floema), M3 – šerdis (ksilema), M4 – antžeminė dalis

Fig. 2. Transfer factor (TF) of ⁴⁰K from soil to the segments of the carrot (*Daucus carota* L.): D1 – Šiauliai district; D2 – Kėdainiai district; M1 – bark (periderm), M2 – intermediate part (phloem), M3 – core (xylem), M4 – ground part



3 pav. ⁴⁰K pernašos faktorius (PF) iš dirvožemio į burokėlio (*Beta vulgaris L.*) segmentus: D1 – Šiaulių rajonas, D2 – Kėdainių rajonas, D – dirvožemis, B1 – žievė (periderma), B2 – tarpinė dalis (floema), B3 – šerdis (ksilema), B4 – antžeminė dalis

Fig. 3. Transfer factor (TF) of ⁴⁰K from soil to the segments of the beetroot (*Beta vulgaris L.*): D1 – Šiauliai district; D2 – Kėdainiai district; D – soil, B1 – bark (periderm), B2 – intermediate part (phloem), B3 – core (xylem), B4 – ground part

Kaip matyti iš 2 paveikslo duomenų, gamtinės kilmės radionuklidą ⁴⁰K geriausiai pernešamas į morkos žievę (M1), pernašos faktorius šiame segmente kinta nuo 0,57 iki 0,99. Mažiausiai ⁴⁰K pernešama į tarpinę morkos dalį (M2) – nuo 0,28 iki 0,53.

Į burokėlio segmentus ⁴⁰K pernešamas tolygiau nei į morkos (3 pav.). Šiek tiek didesnis pernašos faktorius nustatytas tik į burokėlio žievę (B1) – nuo 0,80 iki 0,86. Kėdainių rajono augimvietė (D2) išsiskiria intensyviu ⁴⁰K pernešimu į burokėlio antžeminę dalį (B4): pernašos faktorius į šį segmentą – 0,96.

Ši tendencija gali būti susijusi su atmosferos pernašomis, t. y. dalis radioaktyviojo ⁴⁰K į antžeminę burokėlio dalį gali patekti resuspencijos būdu: su krituliais, vėjo pernešamomis dirvožemio dulkėmis, dėl žmogaus veiklos ar dėl kitų dirvožemio paviršiaus mechaninių trikdžių.

Literatūroje (Sanchez *et al.* 1999) minima, kad iš priemolio struktūrą turinčio dirvožemio į žemės ūkio augalus pernašos faktoriaus vertės gali kisti nuo 0,001 iki 1. Kai radionuklido pernašos faktorius daržovėje ar jos segmente kinta iki 1, tai požymis, kad radionuklido kaupimasis nėra aktyvus (Butkus 2006).

Išvados

1. Tirtose augimvietėse (D1 ir D2) savitasis ⁴⁰K aktyvumas priemolio struktūrą turinčiuose dirvožemiuose mėginiuose kinta nuo 718 ± 11 iki 740 ± 15 (Bq/kg).

- ⁴⁰K daugiausiai kaupiasi morkos žievėje (M1): pernašos faktorius į šį segmentą kinta nuo 0,57 iki 0,99. Tarpinėje dalyje (M2) nustatytas mažiausias ⁴⁰K pernašos faktorius – nuo 0,28 iki 0,53.
- Burokėlio žievėje (B1) daugiausiai kaupiasi ⁴⁰K: pernašos faktorius į šį segmentą kinta nuo 0,80 iki 0,86. Tarpinėje dalyje (B2) nustatytas mažiausias ⁴⁰K kaupimasis: pernašos faktoriaus kaita – nuo 0,53 iki 0,66.
- ⁴⁰K pernašos faktoriaus kaita į skirtingus šaniavaisių segmentus priklauso nuo radionuklidų savitojo aktyvumo koncentracijos dirvožemyje, taip pat ir nuo fiziologinių šakniavaisių ypatumų: augimo tempas gali būti viena iš pagrindinių kaupimosi priežasčių.

Literatūra

- Adriano, D. C.; Doswell, A. C.; Ciravolo, C. G.; Pinder, J. E.; McLeod, K. W. 2000. Radionuclide contents of subterranean vegetables as influenced by soil pH and culinary preparation, *Journal of Environmental Radioactivity* 49: 307–317. [http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X\(99\)00116-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X(99)00116-2)
- 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. [http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X\(02\)00178-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X(02)00178-9)
- Bystrzejewska-Piotrowska, G.; Urban, P. L.; Stęborowski, R. 2003. Discrimination between ¹³⁷Cs and ⁴⁰K in the fruiting body of wild edible mushrooms, *Nukleonika* 48(3): 155–157.
- Brogaitė, D.; Pliopaitė Bataitienė, I.; Butkus, D. 2010. ¹³⁷Cs ir ⁴⁰K vertikalūs ir horizontalūs pasiskirstymai 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.; Salys, R. 2009. Kalio trąšose esančių radionuklidų sukeliama efektinė apšvitos dozė, *Visuomenės sveikata* (1): 59–66.
- Butkus, D. 2006. *Jonizuojančioji spinduliuotė aplinkoje*. Vilnius: Technika. 292 p.
- Choi, Y.-H.; Lim, K.-M.; Jun, I.; Park, D.-W.; Keim, D.-K.; Lee, C.-W. 2009. Root uptake of radionuclides following their acute soil depositions during the growth of selected food crops, *Journal of Environmental Radioactivity* 100: 746–751. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2008.12.007>
- Howard, B. J. 2000. Radioactivity in Terrestrial and Freshwater Foodstuffs, in *Book of Abstracts, Stakeholders' Conference on Approaches to the Environmental Radioactivity*, Luxembourg, 2–3 December, 35–38.
- Kabai, E.; Zagyvai, P.; Lang-Lazi, M.; Oncsik, M. B. 2004. Radionuclide migration modeling through the soil–plant system as adapted for Hungarian environment, *Science of the Total Environment* 330: 199–216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.039>
- Konstantinova, M.; Butkus, D. 2003. Natūralios kilmės gama spinduliuotė, esančių dirvoje, sukeltos išorinės lygiavertės galios įvertinimas, *Sveikatos mokslai* 3: 50–54.

- Ladygienė, R. 2006. *Maisto radioaktyviosios taršos įtakos žmogaus vidinei apšvitai tyrimai, vertinimas ir prognozavimas*. Vilnius: Technika. 150 p.
- Lubytė, J.; Antanaitis, A.; Staugaitis, G. 2007. Natūralių radionuklidų savitasis aktyvumas augalinėje produkcijoje, dirvožemyje ir trąšose, *Žemdirbystė* 94(2): 36–48.
- Malczewski, D.; Teper, L.; Dorda, J. 2004. Assessment of natural and anthropogenic radioactivity levels in rocks and soils in the environs of Swieradow Zdroj in Sudetes, Poland, by in situ gamma-ray spectrometry, *Journal of Environmental Radioactivity* 20: 1–13.
- Marčiulionienė, D.; Kiponas, D.; Plukienė, R. 2004. Sausumos augaluose akumuliuoto ^{137}Cs ir ^{60}Co jonizuojančios spinduliuotės sukeltos vidinės apšvitos dozės, *Sveikatos mokslai* 2: 44–48.
- Mastauskas, A.; Šidiškienė, D.; Juraitytė, A. ir kt. 1995. *Radioaktyviųjų izotopų paplitimas žemės ūkio produktuose ir geriamajame vandenyje Ignalinos AE regione*. Vilnius: Botanikos institutas, 245–251.
- Nedveckaitė, T. 2004. *Radiacinė sauga Lietuvoje*. Vilnius: Kriventa. 239 p.
- Pilkyte, L. 2006. *Radionuklidų savitojo aktyvumo statybinėse medžiagose Lietuvoje eksperimentinis tyrimas, jų sukeltos apšvitos modeliavimas ir vertinimas*. Vilnius: Technika. 157 p.
- Pečiulienė, M. 2006. *Gamtinės jonizuojančiosios spinduliuotės antropogeninių pokyčių tyrimas ir įvertinimas*. Daktaro disertacija. Vilnius: Technika. 148 p.
- Pliopaitė Bataitienė, I. 2006. *Radionuklidų savitojo aktyvumo grybinių ligų ir puvinių pažeistoje pušyje (Pinus Sylvestris L.) nustatymas ir įvertinimas*. Vilnius: Technika. 96 p.
- Sanchez, A. L.; Wright, S. M.; Smolders, E.; Naylor, C.; Stevens, P. A.; Kennedy, V. H.; Dodd, B. A.; Singleton, D. L.; Barnett, C. L. 1999. High plant uptake of radiocaesium from organic soils due to Cs mobility and low soil K content, *Environmental Science and Technology* 33: 2752–2757. <http://dx.doi.org/10.1021/es990058h>
- Wasserman, E. R. R.; Rochedo, A. C.; Ferreira, C. C., et al. 2003. 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.
- Vytauto Didžiojo universitetas [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
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. United Nations, New York, 2000. 654 p.
- Urbelis, A.; Adlienė, D.; Atkočius, V.; Augulis, J. ir kt. 2005. *Jonizuojančioji spinduliuotė (radiacija): sauga, sveikata, ekologija*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla. 226 p.
- Павлоцкая, Ф. И. 2000. Поведение трансурановых элементов в окружающей среде, *Радиохимия* 3: 112–119.

INVESTIGATION AND ASSESSMENT OF ^{40}K ACCUMULATION IN THE SEGMENTS OF AN ORDINARY CARROT (*DAUCUS CAROTA L.*) AND RED BEET (*BETA VULGARIS L.*)

R. Mikalauskiene, D. Butkus

Abstract

The article deals with an alteration in specific activity and transfer factor of naturally occurring radionuclide ^{40}K from soil with a loamy structure to the segments of root vegetables – an ordinary carrot (*Daucus carota L.*) and red beet (*Beta vulgaris L.*). The paper establishes the specific activity of ^{40}K in soil and vegetable segments and evaluates transfer factors (TF). The obtained data show that the transfer factor of naturally occurring radionuclide ^{40}K from soil to the segments of the ordinary carrot (*Daucus carota L.*) varied from 0,28 to 0,99 while that of the red beet (*Beta vulgaris L.*) – from 0,53 to 0,96.

The results of the study could be used for estimating ^{40}K transfer in the system “soil-plant” and accumulation of radionuclide in composting garden waste.

Keywords: ^{40}K , root vegetables, ordinary carrot (*Daucus carota L.*), red beet (*Beta vulgaris L.*), specific activity, transfer factor, soil, clay loam.