



^{137}Cs PERNAŠOS SISTEMOJE „DIRVOŽEMIS – GRYBAI – ŽMOGUS“ TYRIMAS

Donatas Butkus¹, Diana Dimavičienė²

Aplinkos apsaugos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,

Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

El. paštas: ¹aak@ap.vgtu.lt, ²diaska1@hotmail.com

Įteikta 2007 06 06; priimta 2008 09 23

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjama dirbtinės kilmės radionuklido ^{137}Cs savitasis aktyvumas valgomuosiuose grybuose bei grybavietės dirvožemyje. ^{137}Cs savitasis aktyvumas buvo matuotas pavieniuose dirvožemio sluoksniuose, valgomuosiuose nevalytuose bei įvairias būdais paruoštuose maistui grybuose. Didžiausias ^{137}Cs savitasis aktyvumas dirvožemyje nustatytas viršutiniame jo sluoksnyje. Didžiausias ^{137}Cs savitasis aktyvumas matuojant aptiktas raukšlėtuosiuose gudukuose (*Rozites caperata*) ($428,0 \pm 9,6$ Bq/kg), mažiausias – baravykuose (*Boletus edulis*) ($41,6 \pm 7,9$ Bq/kg). Voveraitės (*Cantharellus cibarius*), tikrieji baravykai (*Boletus edulis*), ūmėdės (*Russula vesca*), raukšlėtieji gudukai (*Rozites caperata*) bei raibieji baltikai (*Tricholoma myomyces*) buvo ruošiami maistui marinuojant I bei II būdu, rauginant, sūdanč šaltuoju bei karštuoju būdu ir grybus ruošiant jų sultyse. Visais atvejais ^{137}Cs savitasis aktyvumas grybuose mažėjo, nes dalis šio radionuklido perėjo į sultis. Marinuojant bei rauginant voveraites (*Cantharellus cibarius*) ^{137}Cs savitasis aktyvumas grybuose sumažėja per pusę. Rauginant ūmėdes (*Russula vesca*) ^{137}Cs savitąjį aktyvumą galima sumažinti iki trijų kartų.

Reikšminiai žodžiai: valgomieji grybai, ^{137}Cs savitasis aktyvumas, dirvožemis, pernašos koeficientas.

1. Įvadas

Vienas iš žmogų veikiančių žalingų veiksnių – jonizuojančioji spinduliuotė. Biosferoje yra nusistovėjęs natūralus jonizuojančiosios spinduliuotės fonas, prie jo prisitaikę visi gyvieji organizmai. Aplinkoje esti natūralios ir dirbtinės kilmės radionuklidų. Natūralios kilmės radionuklidų jonizuojančioji spinduliuotė beveik nesikeičia, o dirbtinės kilmės radionuklidų šaltiniai, kartu ir jų pernaša atmosferoje, kinta. Iš atmosferos radionuklidai patenka į dirvožemį, o iš jo – į augalus, taigi ir į grybus. Grybų užterštumo radionuklidais lygis priklauso nuo dirvožemio užterštumo lygio. Labai didelis radioaktyviosios taršos šaltinis buvo avarija Černobylio atominėje elektrinėje.

Įvairiose šalyse nustatyta, kad radionuklidai kaupiasi miško gėrybėse (Girgždys 2000; Šešelgis 1990; Mastauskas ir kt. 2000). Po Černobylio atominės elektrinės avarijos tam tikra dalis į aplinką patekusių radioaktyviųjų medžiagų pasklido ir Lietuvos teritorijoje. Kasmet įvairiuose Lietuvos miškuose atliekami skirtingų rūšių grybų bei uogų tyrimai, nustatomas juose ^{137}Cs ir kitų radionuklidų savitasis aktyvumas. Analizuojant ^{137}Cs pasiskirstymą dirvožemyje pastebėta, kad ^{137}Cs lėtai migruoja vertikalia kryptimi, todėl didžiausias savitasis aktyvumas randamas viršutiniame dirvožemio sluoksnyje bei miško paklotėje (Mastauskas 2000; Grybų ... 2005).

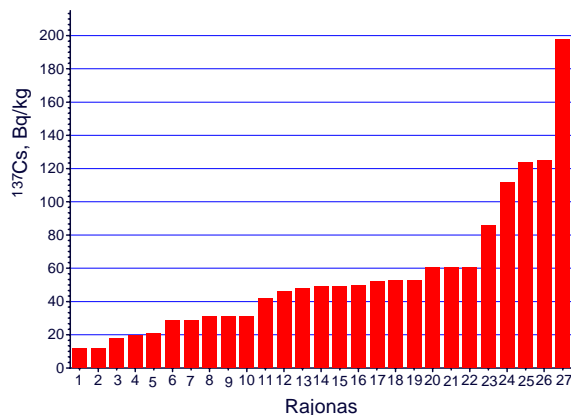
Grybų užtarša radioaktyviuoju ^{137}Cs įvairiuose Lietuvos rajonuose parodyta 1 pav. Pateikti 1998–2001 m. Radicinės saugos centro darbuotojų atliktų tyrimų rezultatai, gauti ištyrus 1240 bandinių. Iš 1 pav. duomenų, matyti, kad didesnė aplinkos tarša ^{137}Cs yra pietinėje, pietvakarinėje ir

rytinėje Lietuvos dalyse. ^{137}Cs aktyvumas mažesnis grybuose iš Rytų, Šiaurės ir Vidurio Lietuvos. Kai kuriais atvejais grybų radioaktyviosios taršos vidurkis neatspindi taršos lygio visame rajone. Taip pat ne visus metus buvo rinkti grybų bandiniai tame rajone, todėl kai kurių rajonų, kuriuose duomenys buvo tiriami tik vienerius metus, rezultatai buvo atmesti (Mastauskas ir kt. 2000).

Iš 1 pav. neaišku, kokią reikšmę ^{137}Cs savitajam aktyvumui grybuose turi dirvožemio tarša šiuo radionuklidu, nes žinoma, kad ^{137}Cs savitąjį aktyvumą grybe lemia ne tik grybo rūšis, bet ir ^{137}Cs savitasis aktyvumas dirvožemyje. Kai kurie grybai nepriklausomai nuo dirvožemio rūšies labiau kaupia ^{137}Cs . Iš tokių grybų paminėtinas raukšlėtasis gudukas (*Rozites caperata*), pilkoji meškutė (*Paxillus involutus*), ūmėdė (*Russula vesca*) ir žaliuokė (*Tricholoma flavovirens*) (Augulis ir kt. 2003).

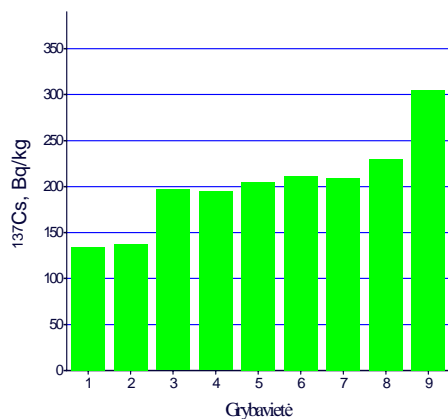
Remiantis 1998–2002 m. surinktų įvairių rūšių grybų bandiniuose išmatuotu ^{137}Cs savituoju aktyvumu, galima palyginti radioaktyviąją Varėnos rajono Mergežerio, Marcinkonių, Matuizų, Zervynų, Valkininkų, Purplių, Rudnios, Salovartės miškų taršą šiuo radionuklidu (2 pav.). 2 paveiksle parodyta įvairių rūšių grybų vidutinė radioaktyvioji tarša. Galima pasakyti, kad šių, nors ir gretimų, miškų radioaktyvioji tarša ^{137}Cs nėra vienoda (Augulis ir kt. 2003).

Pagal grybų radioaktyviosios taršos rezultatus galima įvertinti apšvitos efektingą dozę, grybus vartojant maistui. Pagrindinis šio vertinimo neapibrėžtumas susijęs su tuo, kad, grybus ruošiant valgyti, ^{137}Cs savitasis aktyvumas juose mažėja, ir netiksliai žinomas suvartojamų



1 pav. ¹³⁷Cs savitojo aktyvumo (Bq/kg) vidurkiai su 95 % patikimumo tikimybe visų grybų rūšių bandiniuose, surinktuose skirtingų rajonų miškuose 1998–2001 metais: 1 – Pakruojis; 2 – Tauragė; 3 – Raseiniai; 4 – Zarasai; 5 – Ignalina; 6 – Utena; 7 – Jurbarkas; 8 – Kėdainiai; 9 – Telšiai; 10 – Šalčininkai; 11 – Šiauliai; 12 – Joniškis; 13 – Kelmė; 14 – Biržai; 15 – Panevėžys; 16 – Pasvalys; 17 – Vilnius; 18 – Kupiškis; 19 – Rokiškis; 20 – Skuodas; 21 – Švenčionys; 22 – Kaunas; 23 – Klaipėda; 24 – Šilutė; 25 – Lazdijai; 26 – Alytus; 27 – Varėna (Augulis ir kt. 2003)

Fig. 1. Mean of ¹³⁷Cs specific activity (Bq/kg) with 95% reliability in all the mushroom samples gathered in forests of different regions in 1993–2001: 1 – Pakruojis; 2 – Tauragė; 3 – Raseiniai; 4 – Zarasai; 5 – Ignalina; 6 – Utena; 7 – Jurbarkas; 8 – Kėdainiai; 9 – Telšiai; 10 – Šalčininkai; 11 – Šiauliai; 12 – Joniškis; 13 – Kelmė; 14 – Biržai; 15 – Panevėžys; 16 – Pasvalys; 17 – Vilnius; 18 – Kupiškis; 19 – Rokiškis; 20 – Skuodas; 21 – Švenčionys; 22 – Kaunas; 23 – Klaipėda; 24 – Šilutė; 25 – Lazdijai; 26 – Alytus; 27 – Varėna (Augulis ir kt. 2003)



2 pav. ¹³⁷Cs savitojo aktyvumo (Bq/kg) vidurkiai su 95 % patikimumo tikimybe įvairių rūšių grybų bandiniuose, surinktuose Varėnos miškuose 1998–2002 metais: 1 – Mergežeris; 2 – Marcinkonys; 3 – Matuizis; 4 – Zervynas; 5 – Žiūras; 6 – Valkininkai; 7 – Purpliai; 8 – Rudnia; 9 – Salovartė (Augulis ir kt. 2003)

Fig. 2. Mean of ¹³⁷Cs specific activity (Bq/kg) with 95% of reliability in all the mushroom samples gathered in Varėna forests in 1998–2002: 1 – Mergežeris; 2 – Marcinkonys; 3 – Matuizos; 4 – Zervynos; 5 – Žiūros; 6 – Valkininkai; 7 – Purpliai; 8 – Rudnia; 9 – Salovartė (Augulis ir kt. 2003)

grybų kiekis (Grybų ... 2005; Augulis ir kt. 2003; Gauskaitė ir kt. 1988).

Šio darbo pagrindiniai tikslai yra nustatyti dirbtinės kilmės radionuklido ¹³⁷Cs pernašą iš dirvožemio į grybus, surinktus Varėnos miškuose, įvertinti ¹³⁷Cs savitojo aktyvumo kaitą grybuose, juos įvairiais būdais ruošiant maistui, taip pat įvertinti radionuklidų jonizuojančiosios spinduliuotės sukeltą vidinę žmogaus apšvitą, maistui naudojant grybus.

2. Darbo metodika

Dirvožemio bei grybų ėminiai buvo paimti Varėnos rajono, Perlojos kaimo miškuose (2005–2006 m.), kuriuose po Černobylio AE avarijos buvo nustatyta didesnė radioaktyvumo užtarša – apie 4000 Bq/m² (Butkus 1995). Šiuose miškuose labiau vyrauja spygliuočiai. Dirvožemis šioje vietovėje – velėninis jaurinis, pagal granulimetrinę sudėtį – smulkusis smėlis, pagal pH (nustatytas VGTU Aplinkos apsaugos katedros laboratorijoje) – labai rūgštus (3,6 pH). Miško paklotės storis – apie 4 cm, vyraujanti augmenija – žalioji samana. Pagal Varėnos meteorologinės stoties duomenis vidutinė metinė temperatūra šiose apylinkėse yra apie 6,0 °C, vyraujantis vėjas – pietvakarių, vidutinis jo greitis 4,2 m/s, vidutinis metinis kritulių kiekis – 619 mm (Gaigalas ir kt. 2005; Luigi 1996).

Buvo renkami populiarius valgomieji grybai: voveraitės (*Cantharellus cibarius*), tikrieji baravykai (*Boletus edulis*), ūmėdės (*Russula vesca*), raukšlėtieji gudukai (*Rozites caperata*), raibieji baltikai (*Tricholoma myomyces*).

Radioaktyviajai taršai matuoti buvo imamas visas grybas (kotas ir kepurė) bei grybavietėse – dirvožemio ėminiai. Grybai buvo tiriami švieži, nenuvalyti ir nenuplauti, taip pat įvairiais būdais apdoroti maistui.

Sūdyti grybai. Sūdant karštuoju būdu, grybai nuvalomi, nuplaunami ir 20 minučių verdami, apvirę nuvarvinami ir sluoksniuojami perpilant druska bei prieskoniais. Sūdant šaltuoju būdu, viskas daroma taip pat kaip ir sūdant karštuoju, tik grybai neapvirinami.

Marinuoti grybai. Pirmasis būdas: grybai verdami 20 minučių sūdytame vandenyje, tada nuvarvinami, sudedami į stiklainius ir užpilami virtu atvėsintu marinatu (Urbonas 1986). Verdama 25 minutes. Baigiant virti įpilama šaukštas acto. Užpilti marinatu grybai kaitinami 40 minučių 100 °C temperatūros vandenyje. Antrasis marinavimo būdas: į puodą įpilama 0,4 litro vandens, 1/3 stiklinės acto, šaukštas druskos. Užvirus vandeniui sudedami grybai ir verdama 20 minučių. Virimo pabaigoje į puodą įdedama šaukštas cukraus ir prieskoniai.

Rauginti grybai. Grybai sluoksniuojami, pridedama juodųjų serbentų lapų, krapų, česnako, petražolių, pabarstoma druska, grybai paslegiami.

Grybai savo sultyse. Nuvalyti, nuplauti grybai sudedami į puodą. Įdedama druskos ir savo sultyse troškunami 5 minutes. Tada sudedami į indą, užpilami sultimis, kuriose buvo troškunami (Urbonas 1986).

Surinktų neapdorotų bei apdorotų maistui grybų ėminiai buvo homogenizuojami, daroma vientisa masė, ir jos pripildomos matavimo kiubetės. Tada mėginiai pasveriami. Atsižvelgiant į radionuklidų aktyvumą grybuose, matavimo laikas trunka nuo pusės iki dviejų parų.

Radionuklidų savitasis aktyvumas dirvožemyje bei grybuose nustatytas puslaidininkiniu Ge(Li) spektrometru. Spektrometro efektyvumas, naudojant Marinelli kiuvetę, esant 662 KeV energijai yra 0,26 %, skiriamoji geba – 4 %.

Išmatuotasis ^{137}Cs savitasis aktyvumas dirvožemyje bei grybuose yra apskaičiuojamas pagal šią formulę (LAND 36-2000 2000):

$$A = (S/t - S_f/t_f) / m \cdot \varepsilon \cdot \eta, \quad \text{Bq/kg}, \quad (1)$$

čia S – radionuklido smailės plotas, gautas matuojant radionuklido aktyvumą mėginyje, imp; S_f – radionuklido smailės plotas, gautas matuojant radionuklidų foninės spinduliuotės intensyvumą, imp; t – radionuklido aktyvumo mėginyje matavimo laikas, s; t_f – foninės spinduliuotės intensyvumo matavimo laikas, s; ε – puslaidininkinio spektrometro energetinio ir geometrinio efektyvumų sandauga; η – radionuklido spinduliuotės energetinė kvantinė išėiga; m – matuojamojo mėginio masė, kg.

Radionuklidų pernašai iš dirvožemio į grybą įvertinti taikomas pernašos koeficientas. Pernašos koeficiento formulė papildyta parametru p , įvertinančiu grybo micelio dalį tam tikrame dirvožemio gylyje:

$$PK = \frac{Q_a \cdot p}{Q_d \cdot \rho \cdot h}, \quad (2)$$

čia PK – pernašos iš dirvožemio į augalą koeficientas, m^2/kg ; Q_a – radionuklido savitasis aktyvumas grybe, Bq/kg ; p – micelio dalis matuojamame dirvožemio gylyje; Q_d – dirvožemio užterštumo radionuklidu tankis, Bq/m^2 ; ρ – dirvožemio tankis, kg/m^3 ; h – dirvožemio sluoksnio storis, m.

Galima grybų radioaktyviosios užtaršos poveikio žmonių sveikatai rizika vertinama skaičiuojant efektinę apšvitos dozę E , kuri gaunama maistui vartojant grybus. Tarptautinė radiacinės apsaugos komisija (ICRP) nustatė, kad ≤ 1 mSv efektinė dozė, gaunama per metus, yra nekenksminga suaugusiam žmogui. Metinė efektinė dozė suaugusiam žmogui, kuri gaunama maistui naudojant grybus, apskaičiuojama pagal formulę (Grybų ... 2005):

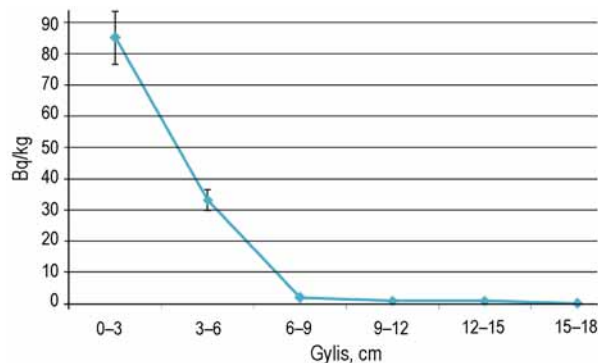
$$E = Y \cdot Z \cdot d_k, \quad (3)$$

čia Y – suvartojamų grybų kiekis per metus, kg; Z – radionuklido aktyvumo koncentracija grybe, Bq/kg ; d_k – koeficientas, kuris nurodo radionuklido jonizuojančiosios spinduliuotės sukeltą dozę, tenkančią aktyvumo vienetui ($d_k \text{ } ^{137}\text{Cs} = 1,3 \times 10^{-8} \text{ Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$).

3. Rezultatų analizė

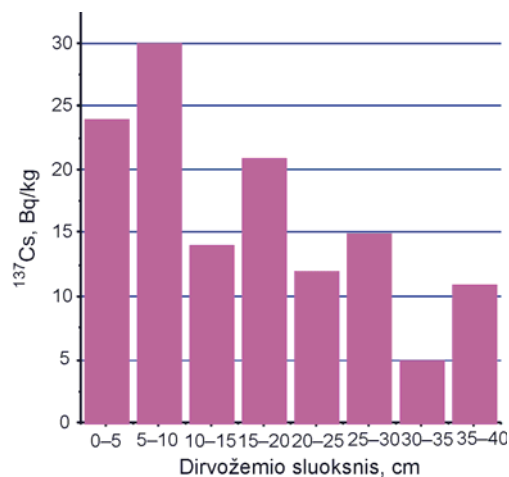
3 pav. pavaizduotas ^{137}Cs savitojo aktyvumo pasiskirstymas dirvožemyje pagal gylį. Iš šio paveikslo duomenų matyti, kad didžiausias aktyvumas nustatytas 0–3 cm gylyje, viršutiniame dirvožemio sluoksnyje jis yra $85,2 \pm 10,2 \text{ Bq/kg}$, 3–6 cm dirvožemio gylyje ^{137}Cs savitasis aktyvumas siekia $33,2 \pm 8,3 \text{ Bq/kg}$, o 15–18 cm gylyje – tik $0,10 \pm 0,03 \text{ Bq/kg}$. Gilesniuose nei 15–18 cm dirvožemio sluoksniuose ^{137}Cs savitasis aktyvumas buvo mažesnis už spektrometru išmatuojamą mažiausiąją vertę.

Tyrimo rezultatai palyginti su 2002 m. (Lietuvos miškų grybų ... 2002) darbe pateiktaisiais ^{137}Cs pasiskirstymo Varėnos miškų dirvožemyje rezultatais.



3 pav. ^{137}Cs savitojo aktyvumo dirvožemyje pasiskirstymas pagal dirvožemio gylį

Fig. 3. Distribution of ^{137}Cs specific activity in the soil according to depth

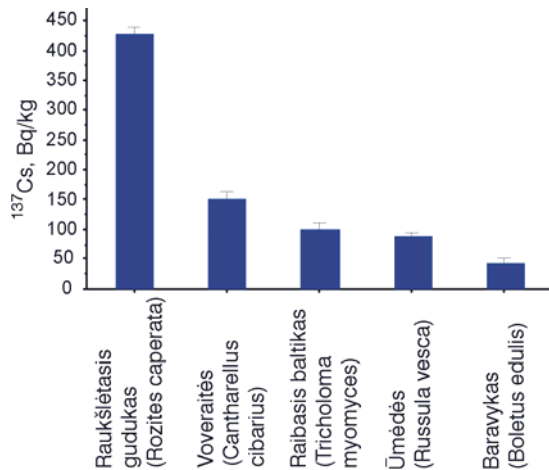


4 pav. ^{137}Cs pasiskirstymas dirvožemio profiliuose (Gaigalas ir kt. 2005)

Fig. 4. Distribution of ^{137}Cs in soil profiles (Gaigalas et al. 2005)

Iš 4 pav. matyti, kad ^{137}Cs pasiskirstymas dirvožemio profiliuose yra netolygus. Be to, minėtame darbe konstatuota, kad Varėnos miškuose didžiausios ^{137}Cs savitojo aktyvumo vertės nustatytos 5–10 cm gylyje, o mažiausios – net 30–35 cm dirvožemio gylio ėminiuose.

^{137}Cs savitasis aktyvumas šviežiuose nevalytuose grybuose pavaizduotas 5 pav. Didžiausias ^{137}Cs savitasis aktyvumas nustatytas raukšlėtuosiuose gudukuose (*Rozites caperata*) ($428,0 \pm 9,6 \text{ Bq/kg}$). Tai per 70 % pagal higienos normą leistinos užtaršos. Voveraitėse (*Cantharellus cibarius*) aktyvumas siekia iki $151,0 \pm 13,4 \text{ Bq/kg}$. Kituose tirtuose valgomuosiuose nevalytuose grybuose ^{137}Cs aktyvumas yra mažesnis daugiau kaip 5 kartus. Mažiausias ^{137}Cs savitasis aktyvumas nustatytas baravykuose (*Boletus edulis*) – siekia iki $41,6 \pm 8,9 \text{ Bq/kg}$. Ūmėdėse (*Russula vesca*) bei raibuosiuose baltikuose (*Tricholoma myomyces*) ^{137}Cs savitasis aktyvumas dvigubai didesnis nei nevalytuose baravykuose (*Boletus Edulis*), atitinkamai – ūmėdėse (*Russula vesca*) – $87,9 \pm 11,5 \text{ Bq/kg}$, raibuosiuose baltikuose (*Tricholoma myomyces*) – $99,0 \pm 12,2 \text{ Bq/kg}$.

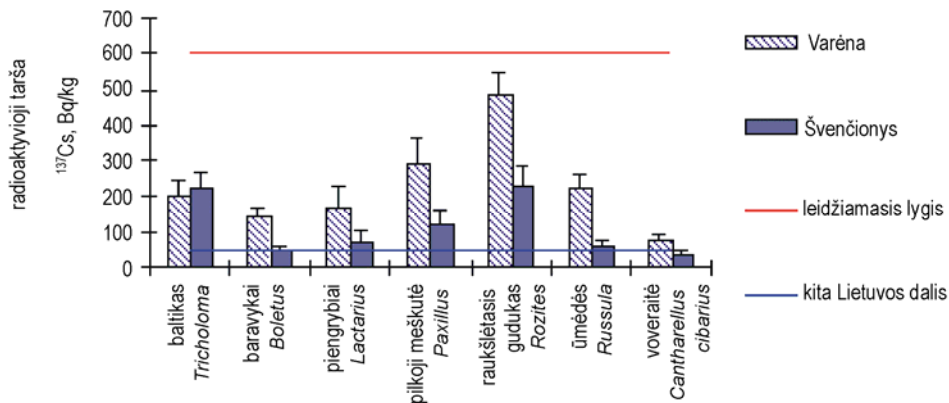


5 pav. ¹³⁷Cs savitasis aktyvumas šviežiuose nevalytuose valgomuosiuose grybuose

Fig. 5. ¹³⁷Cs specific activity in freshly-gathered edible mushrooms

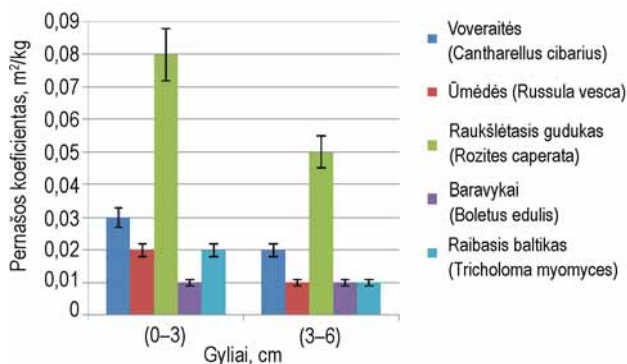
Pagal 5 pav. duomenis matyti, kad iš nagrinėjamųjų grybų raukšlėtuosiuose gudukuose (*Rozites caperata*) labiausiai kaupiasi ¹³⁷Cs. Panašias ¹³⁷Cs kaupimosi grybuose tendencijas nustatė 2003 m. Radiacinės saugos centro specialistai (6 pav.). Žinoma, 5 pav. ir 6 pav. pateiktuose rezultatuose ¹³⁷Cs savitasis aktyvumas grybuose skiriasi, nes grybai buvo surinkti skirtingose vietose, kur skirtinga dirvožemio užtarša radionuklidais.

Padidėjus dirvos drėgnumui, suaktyvėja medžiagų apykaitos procesai, prasideda grybų augimas, tad tampa palankios sąlygos akumuliuotis grybuose didesniai radionuklidų kiekiui.



6 pav. ¹³⁷Cs savitojo aktyvumo vidurkiai su 95 % patikimumo tikimybe populiariausių grybų rūšių, surinktų Varėnos miškuose, Labanoro girioje, bandiniuose (Grybų ... 2004)

Fig. 6. Mean of ¹³⁷Cs specific activity with 95% reliability in samples of the most popular mushrooms gathered in Varėna forests, Labanoras Wood (Grybų ... 2004)

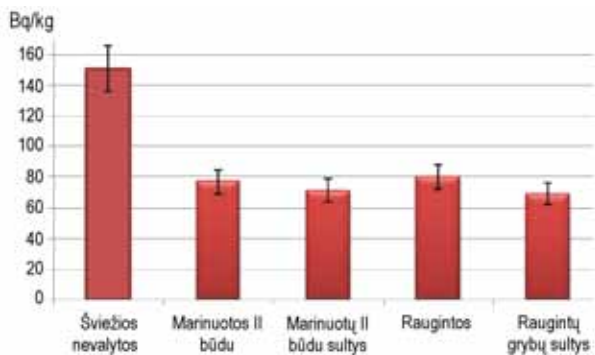


7 pav. ¹³⁷Cs pernašos iš dirvožemio įvairių gylių į grybus koeficientai

Fig. 7. Coefficient of ¹³⁷Cs transfer from different soil depth to mushrooms

Iš 7 pav. matyti, kad ¹³⁷Cs geriausiai kaupiasi raukšlėtuosiuose gudukuose (*Rozites caperata*), didžiausias kaupimasis nustatytas 0–3 cm gylyje (PK = 0,08 m²/kg). Voveraitėse (*Cantharellus cibarius*) ¹³⁷Cs kaupimasis daugiau kaip perpus mažesnis už kaupimąsi raukšlėtuosiuose gudukuose (*Rozites caperata*), 0–3 cm dirvožemio gylyje PK = 0,03 m²/kg, 3–6 cm dirvožemio gylyje PK = 0,02 m²/kg). Ūmėdėse (*Russula vesca*) bei raibuosiuose baltikuose (*Tricholoma myomyces*) 0–3 cm dirvožemio gylyje ¹³⁷Cs kaupiasi vienodai. Ūmėdėse (*Russula vesca*), baravykuose (*Boletus edulis*) bei raibuosiuose baltikuose (*Tricholoma myomyces*) ¹³⁷Cs iš 3–6 cm dirvožemio gylio pernašos koeficientas yra vienodas – 0,01 m²/kg.

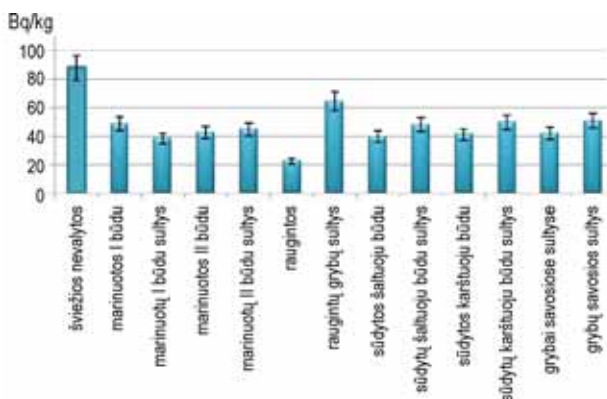
Iš 8 pav. duomenų matyti, kad dirbtinės kilmės radionuklido ^{137}Cs savitąjį aktyvumą maistui apdorotose voveraitėse (*Cantharellus cibarius*) galima sumažinti maždaug perpus. Jas marinuojant II būdu aktyvumas sumažėja 51 %, rauginant – 53 %. Maistui apdorotų voveraičių (*Cantharellus cibarius*) sultyse aktyvumas išlieka panašus kaip ir grybuose, marinuočių II būdu sultyse aktyvumas yra $80,2 \pm 13,1$ Bq/kg, o raugintų sultyse – $69,3 \pm 9,8$ Bq/kg.



8 pav. ^{137}Cs savitasis aktyvumas maistui apdorotose voveraitėse (*Cantharellus cibarius*)

Fig. 8. ^{137}Cs specific activity in *Cantharellus cibarius* prepared for food

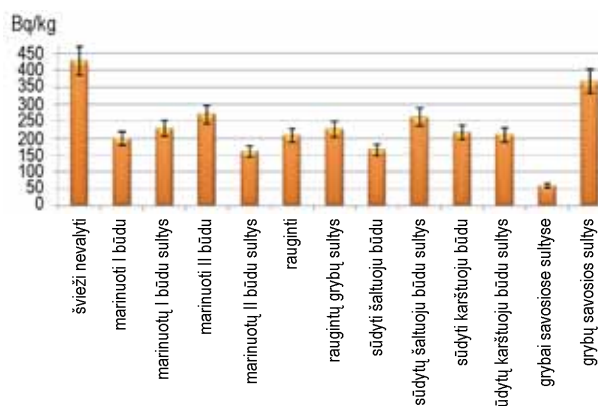
Dirbtinės kilmės radionuklido ^{137}Cs savitąjį aktyvumą ūmėdėse (*Russula vesca*) galima sumažinti jas apdorojant įvairiais 9 pav. pateiktais maistui ruošti būdais. Iš 9 pav. matyti, kad apdorojant ūmėdės (*Russula vesca*), ^{137}Cs savitasis aktyvumas jose sumažėja: marinuočių I būdu – 45 %, marinuočių II būdu – 52 %, sūdytų šaltuoju būdu – 55 %, sūdytų karštuoju būdu – 53 %, grybų savo sultyse – 58 %. Išsiskiria tik raugintos ūmėdės (*Russula vesca*), jose aktyvumą galima sumažinti daugiausia – 74 %.



9 pav. ^{137}Cs savitasis aktyvumas maistui apdorotose ūmėdėse (*Russula vesca*)

Fig. 9. ^{137}Cs specific activity in *Russula vesca* prepared for food

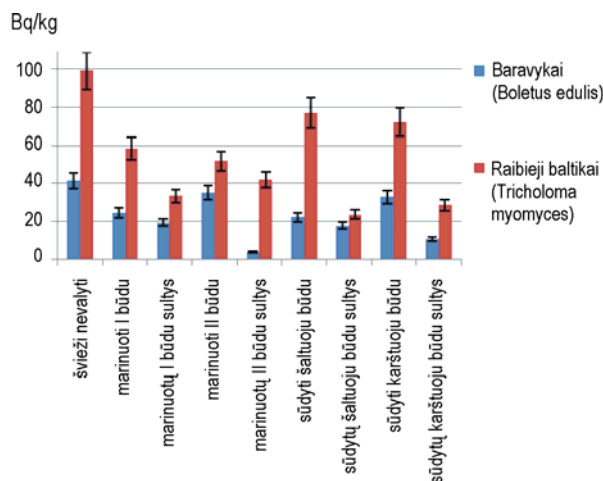
Dirbtinės kilmės radionuklido ^{137}Cs savitasis aktyvumas raukšlėtuosiuose gudukuose (*Rozites caperata*) sumažėja juos apdorojant maistui įvairiais būdais (10 pav.). Daugiausia ^{137}Cs sumažėja grybus apdorojant jų sultyse (86 %). Raukšlėtuosius gudukus (*Rozites caperata*) marinuojant I būdu galima daugiau sumažinti (54 %) grybų aktyvumą nei juos marinuojant II būdu (37 %). Pastebėtina, kad raukšlėtuosius gudukus (*Rozites caperata*) rauginant ir sūdan karštuoju būdu ^{137}Cs savitasis aktyvumas sumažėja panašiai, apie 50 %.



10 pav. ^{137}Cs savitasis aktyvumas maistui apdorotuose raukšlėtuosiuose gudukuose (*Rozites caperata*)

Fig. 10. ^{137}Cs specific activity in *Rozites caperata* prepared for food

Iš 11 pav. matyti, kad baravykus (*Boletus edulis*) ir raibuosius baltikus (*Tricholoma myomyces*) apdorojant maistui galima sumažinti ^{137}Cs savitąjį aktyvumą. Mažiausiai ^{137}Cs savitasis aktyvumas sumažėja baravykus (*Boletus edulis*) marinuojant II būdu bei sūdan karštuoju būdu – apie 18 %, o raukšlėtuosius gudukus (*Tricholoma myomyces*) sūdan šaltuoju bei karštuoju būdais – apie

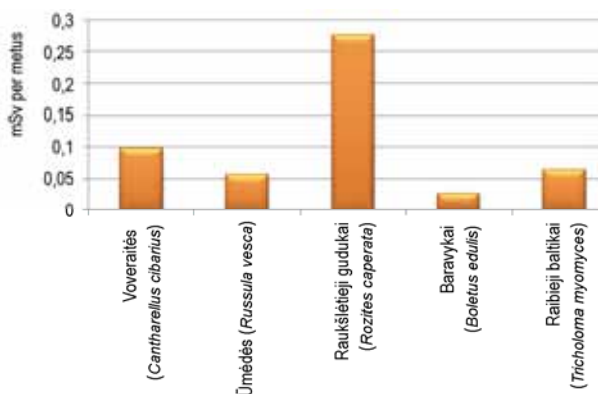


11 pav. ^{137}Cs savitasis aktyvumas maistui apdorotuose baravykuose (*Boletus edulis*) ir raibuosiuose baltikuose (*Tricholoma myomyces*)

Fig. 11. ^{137}Cs specific activity in *Boletus edulis* and *Tricholoma myomyces* prepared for food

25 %. Daugiausia ^{137}Cs savitasis aktyvumas sumažėja baravykus (*Boletus edulis*) ir raibuosius baltikus (*Tricholoma myomyces*) marinuojant II būdu – 85 % ir 47 %. Raibuosius baltikus (*Tricholoma myomyces*) sūdančiais šaltuoju bei karštuoju būdais ^{137}Cs savitasis aktyvumas juose sumažėja panašiai – apie 25 %.

Pagal (3) formulę galima įvertinti metinę efektingą dozę, kurią suaugęs žmogus gautų valgydamas grybus. Skaičiuojant, kad suaugęs žmogus per metus suvalgo 50 kg grybų, dėl grybuose esančio ^{137}Cs jonizuojančiosios spinduliuotės susidaranti efektinga dozė pavaizduota 12 pav.



12 pav. ^{137}Cs jonizuojančiosios spinduliuotės sukelta efektinga dozė

Fig. 12. Effective dose induced by ^{137}Cs ionizing radiation

Iš 12 pav. duomenų matyti, kad didžiausią dozę suaugęs žmogus gautų valgydamas raukšlėtuosius gudukus (*Rozites caperata*) – 0,278 mSv per metus, mažiausią dozę – valgydamas baravykus (*Boletus edulis*) – 0,027 mSv per metus. Valgant ūmėdės (*Russula vesca*) bei raibuosius baltikus (*Tricholoma myomyces*) metinė efektinga dozė būtų panaši – atitinkamai 0,057 mSv ir 0,064 mSv per metus. Suvalgęs net 50 kg voveraičių (*Cantharellus cibarius*) suaugęs žmogus gautų tik 0,098 mSv efektingą dozę per metus.

4. Išvados

1. Didžiausias ^{137}Cs savitasis aktyvumas dirvožemyje nustatytas 0–3 cm gylyje – $85,2 \pm 10,2$ Bq/kg.

2. Įvairių rūšių grybai nevienodai kaupia radionuklidus: didžiausias ^{137}Cs savitasis aktyvumas nustatytas raukšlėtuosiuose gudukuose (*Rozites caperata*) – $428,0 \pm 9,6$ Bq/kg, mažiausias – baravykuose (*Boletus edulis*) – $41,6 \pm 8,4$ Bq/kg.

3. ^{137}Cs efektyviausiai grybuose kaupiasi iš 0–3 cm dirvožemio sluoksnio, nes tame sluoksnyje yra pagrindinė grybienos masė. Didžiausias yra ^{137}Cs iš 0–3 cm dirvožemio sluoksnio pernašos į raukšlėtuosius gudukus koeficientas (PK = 0,08 m²/kg).

4. Apdorojant valgomuosius grybus maistui, ^{137}Cs savitąjį aktyvumą juose galima sumažinti: voveraites (*Cantharellus cibarius*) ir raibuosius baltikus (*Tricholoma myomyces*) marinuojant II būdu – apie 48 %; ūmėdės

(*Russula vesca*) rauginant – 75 %; raukšlėtuosius gudukus (*Rozites caperata*) ruošiant jų sultyse – 86 %; baravykus (*Boletus edulis*) sūdančiais šaltuoju būdu – 46 %.

5. Didžiausią metinę efektingą dozę suaugęs žmogus gautų valgydamas raukšlėtuosius gudukus (*Rozites caperata*) – 0,278 mSv per metus, jei suvalgytų 50 kg šių grybų.

Literatūra

- Augulis, J.; Balčytis, G.; Gricienė, B. 2003. Radiacinės saugos centro metinė ataskaita. 36 p.
- Butkus, D.; Konstantinova, M. 2008. Modeling vertical migration of ^{137}Cs in Lithuanian soils, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 16(1): 23–29.
- Butkus, D.; Lebedytė, M. 2005. Studies of ^{137}Cs transfer in soil-fern system, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 13(3): 97–102.
- Butkus, D.; Konstantinova, M. 2004. Samanų užtaršos ^{137}Cs kaitos įvertinimas, *Sveikatos mokslai* 2(33): 82.
- Butkus, D. 1995. The Consequences of the Chernobyl Accident in Lithuania, in *Lithuania's Environment Status Processes Trends*. Vilnius: Aplinkos ministerija, 110–114. ISBN 9 986-556-04-5.
- Gaigalas, A.; Fedorovičius, S.; Račinskas, A.; Baužienė, I. 2005. Radioaktyvaus cezio izotopo ^{137}Cs aktyvumas Rytų Lietuvos aukštumų deliuvu dirvožemiuose [interaktyvus] [žiūrėta 2007 m. vasario mėn. 5 d.]. Prieiga per internetą: <www.maleidykla.katalogas.lt>.
- Gajauskaitė, R. ir kt. 1988. *Gamtos apsauga*. Vilnius: Mintis. 249 p.
- Girgždys, A. 2000. *Aplinkos monitoringas*. Vilnius: Technika. 120 p.
- Grybų radiacinio užterštumo rizikos įvertinimas. 2005. Vilnius: Rizikos vertinimo ir visuomenės informavimo centras. 20 p.
- Grybų tyrimų, atliktų 2003 metais, rezultatų apžvalga. 2004. Prieiga per internetą: <www.rsc.lt/tyrimai>.
- LAND 36–2000. 2000. Aplinkos elementų užterštumo radionuklidais matavimas – mėginių gama spektrinė analizė spektrometru, turinčiu puslaidininkinį detektorių. Vilnius: Aplinkos ministerija. 31 p.
- Lietuvos miškų grybų radioaktyviosios taršos tyrimas. 2002. Prieiga per internetą: <www.rsc.lt>.
- Luigi, P. 1996. Radiocesium in plants of forest ecosystems, *Studia Geobotanica* 15: 63–87.
- Mastauskas, A.; Ladygienė, R.; Pilkytė, L.; Morkūnas, G. 2000. *Maisto produktų, jų žaliavų ir kitų produktų bei medžiagų, galinčių įtakoti gyventojų apšvitą, taršos, radionuklidais monitoringas*. Vilnius: Radiacinės saugos centras. 12 p.
- Nedveckaitė, T. 2004. *Radiacinė sauga Lietuvoje*. Vilnius: Kriventa. 239 p.
- Šešelgis, K. 1990. *Aplinkos apsauga*. Vilnius: Mokslas. 209 p.
- Tsukada, H.; Shibata, H.; Sugiyama, H. 1998. Transfer of radiocesium and stable caesium from substrate to mushrooms in a pine forest in Rokkasho-mura, Aomori, Japan, *J. Environ. Radioactivity* 39(2): 149–160.
- Urbonas, V. 1986. *Grybai*. Vilnius: Mokslas. 174 p.
- Коноплев, А. В.; Коноплева, И. В. 1999. Радиационная биология. Радиэкология 30(4): 455–461.

INVESTIGATION OF ^{137}Cs TRANSFER IN THE SYSTEM “SOIL–MUSHROOMS–HUMAN”

D. Butkus, D. Dimavičienė

Abstract

The paper analyses specific activity of an artificial radioisotope ^{137}Cs in edible mushrooms and in the soil. Specific activity of ^{137}Cs was measured in separate soil layers, in unrefined and processed mushrooms.

The highest specific activity of ^{137}Cs was found in the upper layers of the soil. The highest specific activity of ^{137}Cs was observed in cortinarius caperatus (*Rozites Caperata*) ($428,0 \pm 9,6$ Bq/kg), the least one – in edible boletus (*Boletus edulis*) ($41,6 \pm 7,9$ Bq/kg). Chanterelle (*Cantharellus cibarius*), edible boletus (*Boletus edulis*), russule (*Russula Vesca*), cortinarius caperatus (*Rozites Caperata*) and grey agaric (*Tricholoma myomyces*) were marinated, soured, salted, prepared in their own juice. Specific activity of ^{137}Cs decreased in mushrooms because a part of this radionuclide transferred to juice. Specific activity of ^{137}Cs in marinated and soured chanterelle (*Cantharellus cibarius*) decreased by half. Specific activity of ^{137}Cs in soured russule (*Russula Vesca*) can decrease up to three times.

Keywords: edible mushrooms, ^{137}Cs specific activity, soil, transfer coefficient.

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕНОСА ^{137}Cs В СИСТЕМЕ «ПОЧВА–ГРИБЫ–ЧЕЛОВЕК»

Д. Буткус, Д. Димавичене

Резюме

Изучается концентрация активности ^{137}Cs в съедобных грибах, а также в почве, в которой выросли собираемые грибы. Концентрация активности ^{137}Cs измерялась в необработанных, немывтых, а также различными способами приготовленных в пищу грибах и в отдельных слоях почвы. В почве наибольшая концентрация активности ^{137}Cs определена в верхнем (0–3 см) ее слое. В грибах наибольшая концентрация активности определена в колпаках земляных (*Rozites Caperata*) – $428,0 \pm 9,6$ Бк·кг⁻¹, наименьшая – в боровиках (*Boletus edulis*) – $41,6 \pm 7,9$ Бк·кг⁻¹. Лисички (*Cantharellus cibarius*), боровики (*Boletus edulis*), сыроежки (*Russula Vesca*), колпаки земляные (*Rozites Caperata*), рядовки земляные (*Tricholoma myomyces*) готовились в пищу путем маринования (I и II способами), квашения, соления холодным и горячим способами и приготовления в собственном соку. Во всех случаях концентрация активности ^{137}Cs в грибах уменьшалась, поскольку часть ^{137}Cs переходила в сок. При мариновании и квашении лисичек (*Cantharellus cibarius*) концентрация активности ^{137}Cs в них уменьшилась в 2 раза. При квашении сыроежек (*Russula Vesca*) концентрацию активности можно уменьшить до 3 раз.

Ключевые слова: съедобные грибы, концентрация активности ^{137}Cs в грибах и почве, коэффициент переноса.

Donatas BUTKUS. Dr Habil, Prof, Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU). Doctor Habil of Science (environmental engineering), VGTU, 1999. Membership: member of International Academy of Ecological and Life Protection Sciences (IAELPS). Publications: author of more than 200 research papers, co-author of monograph „Geophysical problems of atmospheric krypton-85“ (in Russian and English). Research interests: accumulation of radioactive noble gases, their interaction with environmental bodies, self-cleaning of the atmosphere, influence of ionizing radiation of radioactive noble gases on geophysical processes; consequences of the Chernobyl accident in Lithuania.

Diana DIMAVIČIENĖ. Master student, Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Bachelor of Science (environmental engineering), VGTU, 2004. Research interests: environmental radioactivity.