

EXPONENCIÁLNÍ POKLES AKTIVITY RADIOCESIA V HOUBÁCH POMOCÍ KYSELINY OCTOVÉ.

EXPONENTIAL DECAY ACTIVITIES OF RADIOCESIUM IN MUSHROOMS BY THE HELP OF ACETATE ACID.

Kunová, V., Dvořák, P., Beňová, K.*

Ústav biochemie a biofyziky, Fakulta veterinární hygieny a ekologie
VFU Brno, Palackého 1-3, 612 42

*Katedra ochrany životního prostředí, UVL Košice, Komenského 73, 041 81

SOUHRN

Celková aktivita radiocesia v poživatinách pocházejících z přírodních ekosystémů, klesá pomaleji než se předpokládalo a stává se proto opakovaně předmětem zájmu veřejnosti. Jedná se především o houby, zvěřinu a lesní plody. Důvodem zájmu o tuto problematiku je i podstatné zpřísnění přípustných úrovní radioaktivní kontaminace potravin (^{137}Cs a ^{134}Cs) pro přetrvávající ozáření po černobylské havárii uvedené ve Vyhlášce 307/2002 sbírky zákonů, a to na $600 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, což je v souladu s legislativou EU.

Z tohoto vyplývá, že je aktuální hledat možnosti ke snížení obsahu radiocesia v některých potravinách. Právě určité druhy hub, včetně jedlých, kumulují značná množství radionuklidů (především ^{137}Cs) z životního prostředí.

Byly zkoumány zhomogenizované vzorky hříbu hnědého *Boletus badius* v nativním stavu, v sušeném a po rozmrazení. Hmotnost vzorku závisela na použité geometrii. Vzorky pocházely ze dvou lokalit, kde kontaminace ^{137}Cs byla prokázána pomocí gama spektrometrické trasy (fy. Canberra). Ke snížení obsahu radiocesia bylo použito vyluhování v 2%-ním roztoku kyseliny octové. Z grafických závislostí hmotnostní aktivity na době výluhu je patrný exponenciální pokles aktivity radiocesia.

ABSTRACT

Gross activity of radiocesium in food from environmental ecosystems is decreasing slower than it was supposed and therefore it is subject for public repeatedly. Belong there

mushrooms, game and wood fruits. Interest in this problems is and substantial improvement tighten up admissible levels of radioactive contamination of food (^{137}Cs and ^{134}Cs) for irradiation after Chernobyl in public notice for Czech republic is 600 Bq.kg^{-1} . It is in unity with EU. We can search possibilities to decrease content of radiocesium in food. Mainly mushrooms cumulate considerable quantity of radiocesium.

Were examined samples *Boletus badius* of three other condition. Samples come from two other localities. Activity of radiocesium was detected by gama-spectrometry (f.Canberra). For decrease content of radiocesium was using elution in 2% solution of acetate acid. Curve of graphic analysis have exponential nature.

ÚVOD

Houby jsou jedny z nejdůležitějších součástí lesních ekosystémů, a do jisté míry rozhodují o transportních procesech radionuklidů. Hrají klíčovou roli nejen v pohybu, absorpci a přemístování živin, ale pravděpodobně přispívají k dlouhodobé retenci radiocesia v organických vrstvách lesních půd (Steiner et al., 2000).

Cesium má řadu fyzikálně-chemických vlastností, podobných draslíku. V živém organismu se chovají totožně, a proto v tomto směru téměř neexistuje diskriminační účinek pro žádný z obou prvků. Vzhledem k dobré rozpustnosti solí cesia ve vodě se radiocesium vstřebává a distribuuje v organismu velmi dobře a poměrně rovnoměrně.

Při podrobných sledováních se s ohledem na obdobné chování cesia a draslíku stanovuje poměr Cs/K. Tento poměr je v půdě charakterizován poměrem 1:3700. V této souvislosti se při diagnostice uvádí hodnota tzv. cesiového koeficientu, což je množství cesia na 1g draslíku. (Procházka a Dvořák, 2002).

Z důvodu chemické podobnosti můžeme tedy očekávat, že se cesium a draslík budou chovat stejně i v houbách rostoucích na substrátech (Wang et al., 1997).

Výsledky některých prací ukazují, že vzrůstající aktivita ^{137}Cs v rostlinách i houbách neodpovídá vzrůstající aktivitě ^{137}Cs v půdě. Tato skutečnost pravděpodobně souvisí s nerovnoměrným obsahem radiocesia v půdách. Například poměr ^{40}K ku ^{137}Cs v rostlinách ze dvou pastvin sledovaných v Itálii vykazoval zápornou korelaci. Lze předpokládat, že byl způsoben velkou variabilitou rostlinných druhů a ne vždy analogickým chováním radiocesia a draslíku (Bunzl et al., 2000).

Koncentrace ^{137}Cs byla nejvyšší v povrchové organické vrstvě půdy a s postupující hloubkou klesala, kdežto množství stabilního cesia bylo téměř konstantní v celém půdním

profilu. Množství ^{137}Cs a stabilního cesia v biologických vzorcích u obou izotopů závisel na druhu a zkoumané části vzorku (Yoshida et al., In press).

Chemické chování radiocesie můžeme určit na základě téměř identického stabilního cesia. Analýza stabilního cesia je užitečná pro porozumění rovnovážné distribuce radiocesie. Množství ^{137}Cs a stabilního cesia v rostlinách, mechu, lišejnících a houbách se liší v závislosti na druhu (Yoshida et al., In press). Zatím co koncentrace přirozených izotopů cesia u hub a u cévnatých rostlin pocházejících ze stejného místa lokality se nijak významně neliší, v případě radiocesie byly hodnoty u hub řádově vyšší. Tento rozdíl v chování může být přičten jejich nerovnováze v ekosystémech (Horyna, Randa, 1988).

Houby jsou schopny ve větší míře kumulovat ^{137}Cs (Heinrich, 1991, Dvořák et al., 2001). Z tohoto důvodu mohou být houby potenciálním rizikem pro konzumenty, hlavně v oblastech se zvýšenou kontaminací. Proto je vhodné hledat metody technologického zpracování hub, které povedou ke snížení obsahu radiocesie. K nim patří konzervace nakládáním v octovém nálevu nebo mražení.

MATERIÁL A METODIKA

Byly zkoumány zhomogenizované vzorky hříbu hnědého *Boletus badius* v nativním stavu, po rozmražení a sušené houby. Vzorky hub v nativním stavu a sušené houby pocházely ze stejné lokality a to ze Starého Ranska na Havlíčkovobrodsku. Rozmražené houby pocházely z Dolní Rozsčiky. Hmotnostní aktivita záření gama ^{137}Cs a ^{40}K byla měřena pomocí gama spektrometrické trasy fy. Canberra sestávající se z Desktop Inspectoru a polovodičového germaniového detektoru HPGe GC2020 (20% účinnost, rozlišení 1,8 keV). Trasa byla pro níže uvedené geometrie ověřena Českým metrologickým institutem – Praha. Rozmražené houby a houby v nativním stavu byly měřeny ve standardní geometrii Marinelliho nádoby (450 ml) po dobu 18 hodin. Vzorky sušených hub byly měřeny v PE lahvičce (200 ml) rovněž po dobu 18 hodin. K vyhodnocení byly použity programy Genie 2000 (Canberra) a Gamat (PK-Servis Praha).

Každý vzorek byl změřen na původní obsah ^{137}Cs a ^{40}K . Následně bylo provedeno postupné snižování obsahu radiocesie v 2%-ním roztoku kyseliny octové. Vzorky byly vyluhovány v různých časových intervalech uvedených v tabulkách 1-3 a po slití nálevu převáženy a opět změřeny. Každý vzorek byl vyluhován přibližně třikrát až čtyřikrát. Houby v nativním stavu a rozmražené houby byly vyluhovány vždy v intervalu 24 hodin. U sušených

hub byla doba výluhu 2 hodiny. Během vyluhování i při skladování byly vzorky uloženy v chladničce, vždy při teplotě 8°C.

VÝSLEDKY A DISKUZE

U všech vzorků hříbu hnědého je patrný exponenciální pokles množství radiocesia vlivem vyluhování (graf 1 a 2). Tento pokles je patrný i u rozmražených hub, kde původní množství radiocesia nebylo příliš vysoké. Důvodem částečného snížení obsahu radiocesia, již před samotným vyluhováním, bylo pravděpodobně rozmrazení, kdy došlo ke ztrátě cesia v uvolněné šťávě.

Dále lze konstatovat, že pokles radiocesia v kratších časových intervalech je téměř shodně efektivní jako při vyluhování vzorků v třídních odstupech. Avšak i v delších časových odstupech vykazoval pokles ^{137}Cs exponenciální charakter.

Exponenciální pokles ^{137}Cs byl provázen změnami aktivity ^{40}K . U původně sušených hub byl patrný lineární nárůst ^{40}K u vzorku 1 (graf 1), se snižujícím se množstvím ^{137}Cs . Avšak po dosažení minimální detekovatelné aktivity (MDA) ^{137}Cs nastal postupný pokles i u ^{40}K . U vzorků hub v nativním stavu a hub po rozmrazení nemůžeme s určitostí říct, jaký charakter mají změny v množství ^{40}K . Snad jen v případě vzorku hub 6 v nativním stavu je patrný shodný exponenciální pokles ^{137}Cs a ^{40}K (graf 2).

Nárůst ^{40}K během vyluhování u vzorku 1 a 4 můžeme dát do souvislosti s vyšším obsahem ^{40}K v kyselině octové, která byla použita. Pro kontrolu byl změřen 2%ní roztok kyseliny octové, v němž byl každý výluh prováděn. Aktivita ^{40}K v tomto 2%-ním roztoku byla 256 Bq.l^{-1} . Lze tedy předpokládat, že postupným vymýváním došlo k nahrazení cesia hub draslíkem z 2%-ního roztoku kyseliny octové a tím i k mírnému nárůstu izotopu ^{40}K . Až po postupném snížení obsahu ^{137}Cs pod MDA došlo také ke snižování obsahu ^{40}K (graf 1).

ZÁVĚR

Závěrem můžeme říct, že ke snížení aktivity radiocesia mohou být bez obav využity, jak chemické, tak fyzikální vlastnosti cesia, hlavně jeho dobrá rozpustnost ve vodě. Roztokem kyseliny octové může být simulována klasická konzervační úprava hub, bez výrazné změny konzistence hub při vyluhování. Protože pokles aktivity po vyluhování má exponenciální charakter lze v oblastech významně zasažených postčernobylyským radiocesiem doporučit

technologii konzervace hub v octovém nálevu, přičemž samotný nálev nesmí být konzumován.

Tabulka 1:

Aktivity ^{137}Cs a ^{40}K u sušených hub ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) při vyluhování v 2%-ním roztoku kyseliny octové, původní aktivita vzorků byla $1253 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ^{137}Cs a $465 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ^{40}K .

čas t (h)	Vzorek 1		Vzorek 4	
	^{137}Cs	^{40}K	^{137}Cs	^{40}K
2	348	868	322	1046
4	54	1006	59	1082
6	13	1107	< 2,4	1360
8	< 2,4	1220	< 2,4	631
10	< 2,4	683	< 2,4	889

Tabulka 2:

Aktivity ^{137}Cs a ^{40}K u hub v nativním stavu vzorky 5, 6 a sušených hub vzorek 3 ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) při vyluhování v 2%-ním roztoku kyseliny octové.

čas t (h)	Vzorek 3		Vzorek 5		Vzorek 6	
	^{137}Cs	^{40}K	^{137}Cs	^{40}K	^{137}Cs	^{40}K
0	1253	465	708	297	415	233
24	–	–	296	145	162	83
48	–	–	104	164	61	64
72	226	545	37	166	–	–
168	< 2,4	583	–	–	–	–

Tabulka 3:

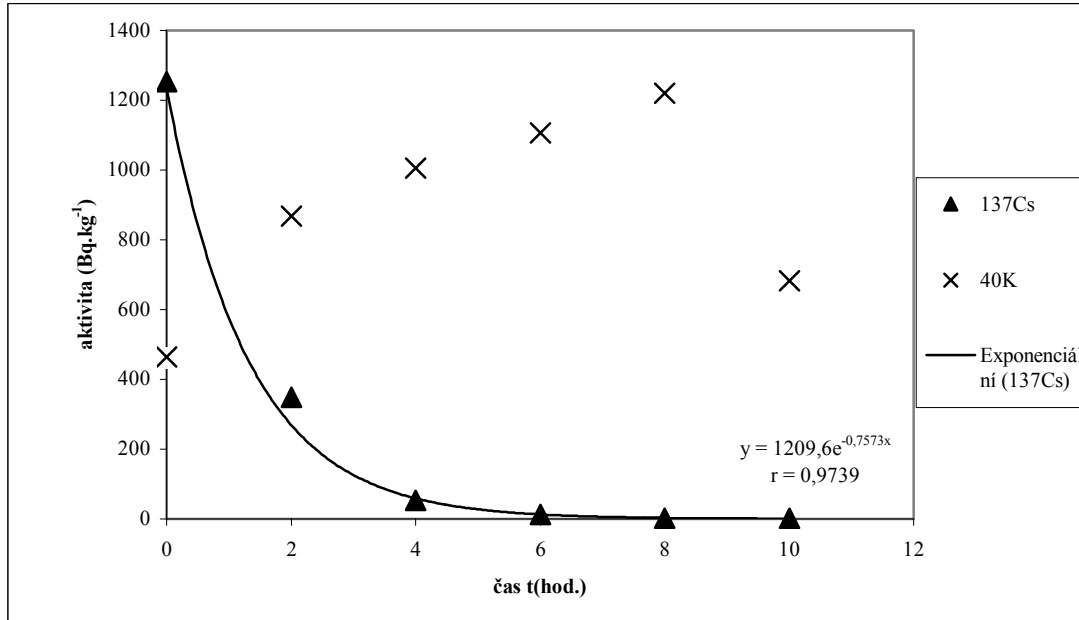
Aktivity ^{137}Cs a ^{40}K u rozmražených hub* ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) při vyluhování v roztoku kyseliny octové

čas t (hod)	Vzorek 32a		Vzorek 32b		Vzorek 32c	
	^{137}Cs	^{40}K	^{137}Cs	^{40}K	^{137}Cs	^{40}K
0	28	169	27	143	43	126
24	14	229	17	228	19	154
48	12	97	–	–	–	–

*rozmražením uvolněná šťáva byla před měřením oddělena

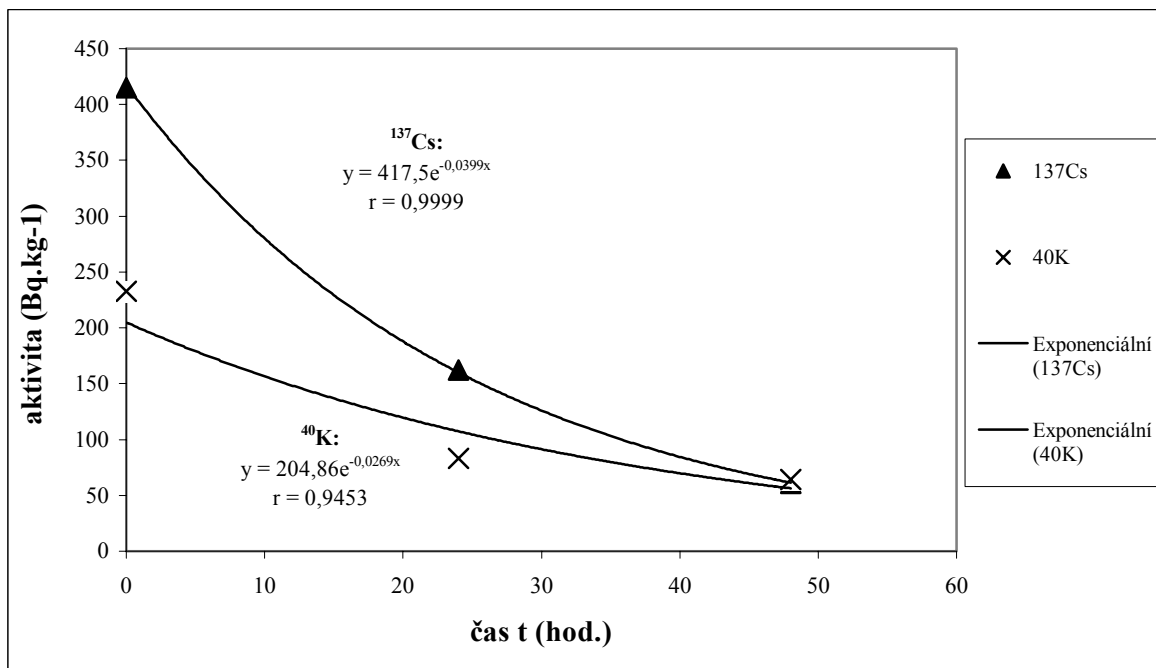
Graf 1:

Exponenciální pokles ^{137}Cs ve vzorku hub (1) a lineární nárůst ^{40}K



Graf 2:

Exponenciální pokles ^{137}Cs ve vzorku hub v nativním stavu (6) a exponenciální pokles ^{40}K



LITERATURA

Bunzl, K., Albers, B., P., Schimack, W., Belli, M., Ciuffo, L., Menegon, S., 2000: Examination of a relationship between ^{137}Cs concentrations in soils and plants from alpine pastures, *Journal of environmental radioactivity*, 48, 154-158.

Dvořák, P., Ohera, M., Grolichová, M., Beňová, K., 2001: Obsah ^{137}Cs v houbách 15 let po Černobyli. In: XXVIII. seminář o jakosti potravin a potravinových surovin, MZLU Brno.

Henrich, G., 1991: Uptake and transfer factors of ^{137}Cs by mushrooms. *Radiation and Environmental Biophysics*, 31, 39–49.

Horyna, J., Randa, Z., 1988: Uptake of radiocesium and alkali metals by mushrooms. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 127, 107-120.

Procházka, Z., Dvořák, P., 2002: Veterinární radiobiologie a radiační hygiena, 2. díl, skriptum, FVHE VFU Brno.188.

Steiner, M., Linkov, I., Yoshida, S., 2000: The role of fungi in the transfer and cycling of radionuclides in forest ecosystems. *Journal of environmental radioactivity*, 58, 217-241.

Yoshida, S., Muramatsu, Y., Dvornik, A., M., Zhuchenko, T., A., Linkov, I., In press: Equilibrium of radiocesium with stable cesium within the biological cycle of contaminated forest ecosystems, *Journal of environmental radioactivity*.

Wang, J., Wang, CH., Lai, S., Lin, Y., 1998: Radioactivity concentration of ^{137}Cs and ^{40}K in Basidiomycetes collected in Taiwan. *Appl. Radiat. Isot.*, 49, 29-34.