OBSAH CESIA-137 V LESNÍM EKOSYSTÉMU V LOKALITĚ ÚJEZD

Contents of caesium-137 in forest ecosystem of the locality Újezd

Jiří Havránek^{1,2}, Renata Havránková¹

10: 247–482, 2008

ISSN 1212-4117

¹Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, katedra radiologie a toxikologie²Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Regionální centrum České Budějovice**Summary**

After the accident in the Chernobyl nuclear power plant in 1986, the area of the Czech Republic was polluted with radioactive substances. Their deposition was affected by atmospheric streaming and particularly precipitations, which supported washing the radionuclide out of the atmosphere. Further important sources are contaminants produced during nuclear weapon tests in the atmosphere. From the standpoint of long-term contamination, the most important radionuclide is caesium-137, which is absorbed by animal and plant tissues including woody species. There is a particular problem of the contamination of forest fruits and mushrooms, which are parts of the nutritional chain contaminating the meat of forest animals. The study was focused on possible association between species of mushrooms and amounts of caesium. Semiconductor gamma-ray spectrometry was used for the measurement of different species of mushrooms from a rather small area in the South Bohemian region, locality Újezd, where it was possible to assume a uniform concentration of caesium-137 in the soil. The caesium-137 activities were also measured in the wood, bark, soil and moss. The activity of the potassium-40 natural radionuclide was also measured in all the samples for comparison. The result of the measurement of the caesium-137 activity in the above mentioned components of the forest ecosystem demonstrated that these were relatively low values and their effects on the health of our population are negligible compared with other ionizing radiation sources. The subsequent contamination of mushrooms, which contaminate the meat of forest animals through the nutritional chain, is more important. The specific activity of caesium in samples of mushrooms demonstrates a considerable variation of the values measured in spite of the fact that these were mushrooms growing on a small area; similar variations were observed with the potassium-40 specific activity. The caesium-137 activity in mushrooms can be affected by the species of mushrooms, their age or possibly depth of their mycelium.

Key words: contamination – caesium-137 – forest ecosystem – mushrooms

Souhrn

Po havárii v jaderné elektrárně Černobyl v roce 1986 došlo k zamoření území České republiky radioaktivními látkami. Jejich depozice byla určována vzdušným prouděním a hlavně srážkami, které podporovaly vymývání radionuklidů z atmosféry. Dalším významným zdrojem jsou kontaminanty vzniklé při zkouškách jaderných zbraní v atmosféře. Z hlediska dlouhodobé kontaminace je nejvýznamnějším radionuklidem cesium-137, které se vstřebává jak do živých organismů, tak do bylin a dřevin. Zejména se jedná o kontaminaci lesních plodů a hub, které pak potravním řetězcem kontaminují maso lesní zvěře. Studie se soustředila na možnou souvislost mezi druhem hub a množstvím obsaženého cesia. Pomocí polovodičové spektrometrie gama byly měřeny různé druhy hub z poměrně malého území v Jihočeském kraji v lokalitě Újezd, kde byl předpoklad stejného obsahu cesia-137 v půdě. Dále byly zjišťovány aktivity cesia-137 ve dřevní hmotě, kůře, půdě a mechu. Pro srovnání byla ve všech odebraných vzorcích určována také hmotnostní aktivita přírodního radionuklidu draslíku-40. Výsledky měření hmotnostní aktivity cesia-137 ve zmíněných složkách lesního ekosystému prokázaly, že jde o hodnoty relativně nízké a vzhledem k ostatním zdrojům ionizujícího záření je

jeho vliv na zdraví naší populace zanedbatelný. Daleko závažnější se jeví následná kontaminace hub, které pak potravním řetězcem kontaminují maso lesní zvěře. Hmotnostní aktivita cesia v odebraných vzorcích hub vykazuje velký rozptyl naměřených hodnot, i když jde o houby rostoucí na malém území, stejně jako hmotnostní aktivita draslíku-40. Aktivita cesia-137 v houbách může být ovlivněna druhem hub, jejich stářím případně různou hloubkou mycelií.

Klíčová slova: kontaminace – cesium-137 – lesní ekosystém – houby

ÚVOD

Radionuklidy, které způsobují ozáření, se mohou do organismu dostávat rozdílnými expozičními cestami. Kontaminací se rozumí přítomnost radionuklidu na povrchu nebo uvnitř organismu (Österreicher a Vávrová, 2003). Zvláště nebezpečné jsou kontaminanty životního prostředí uvolněné během mimořádných událostí a vypadlé z radioaktivního oblaku uniklého z poškozeného jaderného zařízení nebo vzniklého po zkouškách jaderných zbraní v atmosféře (Aakrog, 1988). Z hlediska dlouhodobé kontaminace je nejvýznamnějším radionuklidem cesium-137 (Myttenaere et al., 1993). Zdrojem kontaminace mohou být i přírodní radionuklidy. Mezi nejvýznamnější se řadí izotop draslíku K-40 (Ciuffo et al., 2002).

Území České republiky bylo výrazně kontaminováno Cs-137 ze dvou zdrojů. K nejmasivnější kontaminaci obyvatelstva došlo v důsledku zkoušek jaderných zbraní v atmosféře koncem padesátých a začátkem šedesátých let. Druhým zdrojem byla havárie černobylského reaktoru v roce 1986. Jejich depozice byla určována vzdušným prouděním a hlavně srážkami, které podporovaly vymývání radionuklidů z atmosféry. Proměnlivé větrné podmínky a sporadické dešťové srážky v průběhu prvních deseti dnů po katastrofě, kdy z poškozeného reaktoru unikaly radioaktivní látky, způsobily, že radioaktivní spad byl na teritoriu České republiky výrazně nerovnoměrný. Následně nastaly změny v charakteru kontaminace v důsledku radioaktivního rozpadu a také vlivem normálních povětrnostních procesů způsobujících migraci kontaminujících látek do půdy a disperzi půdních částic odtokem do povrchových vod (Bučina et al., 1988; kol., 1987).

Cesium se vstřebává jak do živých organismů, tak do bylin a dřevin (Strebl et al., 1999). Vzhledem ke svému dlouhému poločasu rozpadu na dlouhá léta kontaminuje životní prostředí a tedy i potravní řetězec. Nejdéle kontaminace

přetrvává v neobdělávaných půdách. Mezi nejvýznamnější zdroje vnitřní kontaminace obyvatelstva Cs-137 patří houby, lesní plody a maso lesní zvěře, která se jimi živí (Ban-nai et al., 2004; Fesenko et al., 2001).

Cílem studie bylo nalezení možné souvislosti mezi druhem hub a množstvím obsaženého cesia. Pro porovnání byly stanoveny také hmotnostní aktivity cesia-137 v dalších složkách lesního ekosystému.

METODIKA

Odběr vzorků probíhal v lokalitě Újezd, která se nachází v jižních Čechách na levém břehu řeky Vltavy asi 30 km severně od Českých Budějovic a 16 km východně od Písku. Byly odebrány vzorky hub, půdy, mechu, dřeva a kůry. Všechny odběry byly provedeny během jednoho dne z plochy zhruba 1 km².

Pro stanovení hmotnostní aktivity Cs-137 byla použita polovodičová spektrometrie gama. Odebrané vzorky lesního ekosystému byly měřeny na Regionálním centru Státního úřadu pro jadernou bezpečnost v Českých Budějovicích. Měřicí doba byla obvykle 24 (houby, půda) nebo 48 hodin (mech, dřevo). Získaná spektra byla vyhodnocena pomocí softwaru GAMAT.

Pro srovnání byla v odebraných vzorcích stanovena i hmotnostní aktivita přírodního radionuklidu K-40, který je obsažen homogenně v celém ekosystému.

Protože houby patří mezi nejvýznamnější zdroje vnitřní kontaminace obyvatelstva České republiky, byla pozornost věnována zejména přítomnosti cesia v houbách. Houby byly po sběru zváženy, vysušeny při teplotě místnosti a opět zváženy. Jednotlivé druhy byly měřeny zvlášť. Aby bylo možné zjistit, zda některé druhy hub akumulují cesium více než jiné, byly odebrány vzorky různých druhů hub z ohraničené lokality

Půda byla odebírána z povrchové půdní vrstvy 0–5 cm. Zvolená vrstva byla dostačující

vzhledem k pomalé migraci Cs-137 v půdách a malé hloubce mycelií. Odebraná vrstva půdy byla zvážena, vysušena při teplotě místnosti a opět zvážena. Kameny byly odstraněny a dále se neměřily ani jinak nezpracovávaly. Pokud byl v půdních vrstvách obsažen porost a kořeny, tyto se oddělily a zvážily. Doba sušení pro každou vrstvu půdy činila asi 1 až 2 týdny. Vzorek se před měřením homogenizoval promícháním.

Mech byl odebírán ze stejného místa jako půda. Následně byl zvážen a vysušen při teplotě místnosti. Po vysušení byl opět zvážen, homogenizován promícháním a umístěn do vhodné měřicí nádoby.

Na dané lokalitě byl odebrán také vzorek dřevní hmoty (smrkové dřevo ve formě pilin)

a kůry (z téhož stromu). Dřevo a kůra byly zváženy, vysušeny při teplotě místnosti a opět zváženy. Po vysušení byly homogenizovány a umístěny do měřicí nádoby.

VÝSLEDKY

Výsledky hmotnostní aktivity cesia-137 v houkách, dřevu, kůře, půdě a mechu v lokalitě Újezd jsou uvedeny v grafu č. 1. Pro srovnání jsou uvedeny také hmotnostní aktivity draslíku-40. Jak již bylo zmíněno, jedná se o radionuklid běžně se vyskytující v přírodě.

Výsledky hmotnostní aktivity cesia-137 v porovnání s přírodním radionuklidem K-40 naměřené u hřibovitých hub prezentuje graf č. 2, u lupenatých hub graf č. 3.

Graf č. 1 Výsledky hmotnostní aktivity cesia-137 ve vzorcích odebraných v lokalitě Újezd

Graf č. 2 Výsledky hmotnostní aktivity cesia-137 ve vzorcích hříbovitých hub odebraných v lokalitě Újezd

Graf č. 3 Výsledky hmotnostní aktivity cesia-137 ve vzorcích lupenatých hub odebraných v lokalitě Újezd

Nejvyšší hodnoty hmotnostní aktivity cesia-137 ze všech vzorků byly zjištěny u hub, maximální hodnoty byly naměřeny u klouzku modřínového a obecného, které patří mezi hřibovité. Nejvyšší hmotnostní aktivita K-40 byla u hříbu dubového. Z ostatních vzorků byl nejvyšší obsah cesia-137 v půdě pod břízami. V půdě byly také naměřeny nejvyšší hodnoty přírodního draslíku-40.

DISKUSE

Průzkumy aktivity cesia-137 ve dřevní hmotě, kůře, půdě a mechu v České republice prokázaly, že jde o hodnoty relativně nízké a vzhledem k ostatním zdrojům ionizujícího záření je jeho vliv na zdraví naší populace zanedbatelný (Studynková et al., 2004; Tecl a Schlesingerová, 2004). Daleko závažnější se jeví následná kontaminace lesních plodů a zejména hub, které pak potravním řetězcem kontaminují maso lesní zvěře. Což potvrzuje i námi provedená studie.

Výsledky měření ukázaly, že houby obsahují nejvyšší aktivitu Cs-137 z celého lesního ekosystému. Vzhledem ke své dostupnosti a velké oblíbenosti sběru a konzumaci v naší republice se stávají spolu s masem divokých zvířat dominantním činitelem vnitřní kontaminace Cs-137. Hmotnostní aktivita cesia v odebraných vzorcích hub se velmi liší (7 až 2000 Bq/kg sušiny), i když jde o houby rostoucí na malém území. Také hmotnostní aktivita K-40 vykazuje značný rozptyl naměřených hodnot (560 až 3000 Bq/kg sušiny). Korelace mezi obsahem cesia a draslíku v odebraných vzorcích jednotlivých druhů hub nebyla nalezena. Různá hmotnostní aktivita u hub může být dána stářím hub. Provedená měření jednoznačně nepotvrdila skutečnost, že hřibovité houby akumulují cesium ve větší míře. Z výsledků také vyplývá, že některé lupenaté houby (Liška obecná II) obsahují cesia více než houby hřibovité. Tento závěr však může být ovlivněn relativně malým počtem druhů odebraných hub.

Studie prováděná v letech 2002–2004 na území České republiky a na Slovensku (Dvořák et al., 2006) potvrdila výrazné rozdíly v hmotnostní aktivitě cesia-137 v houbách. Jími naměřená maxima byla 2263 Bq/kg sušiny u suchohříbu hnědého (v ČR) a 966 Bq/kg u klouzku obecného (v SR).

Stanovením hmotnostní aktivity cesia-137 v různých druzích hub se zabývá také Byrne (Byrne, 1988). Dochází k závěru, že rozdílná aktivita Cs-137 v jednotlivých druzích hub je zřejmě podmíněna různou hloubkou mycelií. Proto je předpoklad, že některé druhy hub budou s tím, jak cesium-137 pomalu difunduje do hloubky, nabývat na aktivitě. K podobným závěrům dochází i Rühm a kolektiv (Rühm et al., 1998) při měření vzorků různých hub z Bavorského lesa. Tvrdí, že jak se mění aktivita cesia-137 v půdě, tak se bude měnit aktivita v houbách. Nicméně aktivita cesia by měla klesat díky jeho radioekologickému poločasů.

Přímou souvislost kontaminace hub cesiem-137 s havárií na čtvrtém bloku černobylské jaderné elektrárny potvrdil ve své práci Smith s kolektivem (Smith et al., 2005), ve které srovnává hmotnostní aktivity Cs-137 v sušených houbách z Ukrajiny (4660 Bq/kg), Švédska (9750 Bq/kg) a Severní Ameriky (205 Bq/kg).

Hmotnostní aktivita cesia-137 v půdě a mechu v námi měřených vzorcích v porovnání s vzorky hub je výrazně nižší, u dřeva a kůry se jedná o hodnoty minimální. Při porovnání hmotnostní aktivity cesia v mechu a půdě, na které mech roste, dojdeme k závěru, že se liší. U vzorků půdy je rozdíl v hmotnostní aktivitě cesia více jak desetinásobný, v případě mechu jde jen o dvojnásobek aktivity. Zajímavá je skutečnost, že na půdě s vyšší hmotnostní aktivitou cesia rostl mech, který měl aktivitu nižší než ten, který rostl na méně kontaminované půdě. Tento rozdíl může být dán například, jak již bylo zmíněno u hub, různým stářím mechu. V prvním případě se mohlo jednat o mladý mech, který ještě nestačil cesium naakumulovat.

ZÁVĚR

Jak je patrné z výsledků měření, i na tak malém území, ze kterého byly vzorky odebrány, je distribuce Cs-137 výrazně nerovnoměrná. Naměřené hodnoty jsou relativně nízké a vzhledem k ostatním zdrojům ionizujícího záření je jeho vliv na zdraví naší populace zanedbatelný.

LITERATURA

AAKROG, A.: Radiological impact of Chernobyl debris compared with that from nuclear weapons fallout. *J Environ Radioact*, 1988. Vol. 6, s. 151–162.

- BAN-NAI, T., MURAMATSU, Y., YOSHIDA, S.: Concentrations of ^{137}Cs and ^{40}K in mushrooms consumed in Japan and radiation dose as a results of their dietary intake. *J Radiat Res*, 2004, Vol. 45, s. 325–332.
- BUČINA, I. et al.: Radionuklidy z černobylské havárie v půdě na území ČSSR: jejich původ, depozice a distribuce. In: *Některé výsledky monitorování následků černobylské havárie v ČSSR*. Praha: Československá komise pro atomovou energii, 1988, s. 5–22.
- BYRNE, A. R.: Radioactivity in fungi in Slovenia, Yugoslavia, following the Chernobyl accident. *J Environ Radioact*, 1988, Vol. 6, s. 177–183.
- CIUFFO, L. E. et al.: ^{137}Cs and ^{40}K soil-to-plant relationship in a seminatural grassland of the Giulia Alps, Italy. *Sci Total Environ*, 2002, Vol. 295, s. 69–80.
- DVOŘÁK, P. et al.: Radiocesium in mushrooms from selected locations in the Czech Republic and Slovak republic. *Radiat Environ Biophys*, 2006, Vol. 45, s. 145–151.
- FESENKO, S. V. et al.: ^{137}Cs availability for soil to understory transfer in different types of forest ecosystems. *Sci Total Environ*, 2001, Vol. 269, s. 8–103.
- Kolektiv autorů: *Zpráva o radiační situaci na území ČSSR po havárii jaderné elektrárny Černobyl*. 1. vyd., Praha: Centrum hygieny záření, 1987, s. 186.
- MYTTENAERE, C. et al.: Modelling of Cs-137 cycling in forest – recent developments and research needed. *Sci Total Environ*, 1993, Vol. 136, s. 77–91.
- ÖSTERREICHER, J., VÁVROVÁ, J.: *Přednášky z radio-biologie*. 1. vyd., Praha: Manus, 2003, s. 116.
- RÜHM, W. et al.: Estimating future radiocaesium contamination of fungi on the basis of behaviour patterns derived from past instance of contamination. *J Environ Radioact*, 1998, Vol. 39, s. 129–147.
- SMITH, M. L., TAYLOR, H. W., SHARMA, H. D.: Comparison of the post-Chernobyl Cs-137 contamination of mushrooms from Eastern Europe, Sweden and North America. *Appl Environ Microbiol*, 1993, Vol. 59, s. 134–139.
- STREBL, F. et al.: Distribution of radiocaesium in an Austrian forest stand. *Sci Total Environ*, 1999, Vol. 226, s. 75–83.
- STUDYNKOVÁ, A., RULÍK, P., PFEIFEROVÁ, V.: Obsah ^{137}Cs ve dřevě. In: *Sborník rozšířených abstraktů. XXVI. dny radiační ochrany*. Praha: ČVUT, 2004, s. 311–314.
- TECL, J., SCHLESINGEROVÁ, E.: Distribuce ^{137}Cs v půdách ČR. In: *Sborník rozšířených abstraktů. XXVI. dny radiační ochrany*. Praha: ČVUT, 2004, s. 335–338.

Jiří Havránek a Renata Havránková
jiri.havranek@sujb.cz