

KONTAMINACE BROJLEROVÝCH KUŘAT RADIOCESIEM OBSAŽENÉM V KRMIVU A JEJÍ OMEZENÍ.

CONTAMINATION OF BROILER CHICKENS WITH RADIOCAESIUM CONTAMINATED FEED AND ITS REDUCTION.

Pöschl, M.

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Pracoviště nukleárních metod,
Zemědělská 1, 613 00 Brno, poschl@mendelu.cz

SOUHRN

Předložená práce je zaměřena na shrnutí některých poznatků ze studia transferu radiocesie (^{137}Cs) a testování protiopatření chemického charakteru, tj. krmných aditiv omezujících tento transfer z krmiva u brojlerových kuřat. Byly studovány zákonitosti transportu a distribuce radiocesie v organismu (játra, ledviny, svalovina, střeva) z uměle kontaminované krmné směsi i z pšenice získané z kontaminovaných oblastí po černobylské havárii. Sledování též zahrnovalo testování vlivu zdroje radiocesie, termínu podání a věku kuřat. Z výsledků vyplývá potvrzení velmi rychlé retence radiocesie z krmiva do tělních orgánů (několik hodin) i rychlého uvolňování z těla ($T_{1/2b} = 0,5\text{--}2$ dny) během dekontaminační fáze. Byla pozorována rozdílná distribuce a dynamika obsahu ^{137}Cs v prsní a stehenní svalovině. Ověřování ukázalo velmi účinnou a relativně jednoduchou možnost měření kontaminovaných kuřat in vivo. Aplikace speciálních krmných aditiv na bázi jílových minerálů nebo celulózy, též modifikovaných hexakyanoférátů, zvláště před vlastní kontaminací krmiva umožňují výrazně omezit retenci radiocesie do prsní a stehenní svaloviny, a tak v případě již uskutečněné nebo nevyhnutelné kontaminace podstatně rychleji dosáhnout potravinářsky přípustných koncentrací ^{137}Cs v kuřecím mase.

Klíčová slova: radiocesium, ^{137}Cs , transfer, distribuce, biologický poločas, chemická protiopatření, brojlerová kuřata, potravní řetězce

ABSTRACT

The present study summarises information gleaned during investigations of the transfer of radiocaesium (^{137}Cs) and tests of countermeasures of a chemical character, i.e. feed additives limiting the transfer from the feed of broiler chicken. The regularities of the transport and distribution of radiocaesium in the organism (liver, kidneys, muscles, intestines) from feed

were studied, including tests of the effect of the source of radiocaesium, date of administration and age of the chickens. The results confirmed that the retention of radiocaesium from feed into the body organs was very rapid (several hours) as was the release from the body ($T_{1/2b} = 0.5\text{--}2$ days) during the decontamination. Differences were discovered in the distribution and dynamics of the content of ^{137}Cs between breast and leg meat. The tests showed a very effective and relatively simple method of measuring the contaminated chickens in vivo. Special clay mineral or cellulose-based feed additives, and also modified hexacyanoferrates, especially when applied prior to contamination proper, considerably reduced the retention of radiocaesium into the breast and leg meat, and if the meat has already been contaminated, or if contamination was inevitable, the concentrations of ^{137}Cs in broiler chicken meat admissible for foodstuffs could be obtained much more quickly.

Key words: *radiocaesium, ^{137}Cs , transfer, body distribution, biological half-life, chemical countermeasures, broiler chicken, food chain*

ÚVOD

Kontaminace živočišných produktů je výrazně ovlivněna kontaminací přírodního prostředí a potom především následnou ingescí v podobě kontaminovaného krmiva, popř. vody. Vzhledem ke značnému podílu nehody černobylského jaderného reaktoru na kontaminaci rozsáhlých území Evropy radionuklidy byl výzkum a vývoj rozmanitých protiopatření rozvinut zvláště po této havárii (např. Lindner et al. 1987, Pearce et al. 1989, Daburon et al. 1991, Voigt et al. 1989, Voigt 1993, Voigt et al. 1993). Metod, postupů i doporučení vedoucích k omezení transferu radioaktivních látek (zvláště radiocesia, radiojodu a radiostroncium) do hospodářských zvířat je celá řada a obecně se dají rozdělit do tří kategorií (Howard et al. 2001). První zahrnuje různá omezení v užití kontaminovaných produktů člověkem (např. omezování použití kontaminovaných potravin, monitorování potravinářských surovin a potravin). Rozmanitá opatření v chovech hospodářských zvířat (např. způsob ustájení, transport do méně kontaminovaných míst, změna doby porážky, změna produkčních typů) patří do druhé kategorie. Protiopatření v podobě chemických látek přidávaných přímo do krmiva je třetí oblastí. Pro redukci radiocesia byly studovány dvě skupiny látek. Jednak přírodní jílové minerály a jednak látky odvozené od berlínské včetně derivátů hexakyanoferátů.

O transportu a distribuci ^{137}Cs v těle některých hospodářských zvířat (prasat, ovcí, skotu) informuje řada prací (např. Hood & Comar 1953, Green et al. 1961, Ekman 1961,

Steward et al. 1965, Burmann 1967, Duggleby & Seebeck 1967, Johnson et al. 1969). Z publikovaných údajů lze vyvodit, že jak transport radiocesia z krmiva do organismu tak i jeho exkrece byly velmi rychlé. Distribuce tohoto nuklidu do jednotlivých orgánů (játra, srdce, ledviny, krev, svaly) byla u sledovaných zvířat velmi rozdílná s největší akumulací ve svalovině a ledvinách.

Poměrně málo poznatků o transportu a distribuci ^{137}Cs je u kuřat a nosnic. O transportu jednorázově perorálně podaného radiocesia (^{137}Cs) u nosnic informují Hood a Comar (1953) a Mraz et al. (1964). Zjistili vysokou akumulaci ve svalech a vyšší koncentraci v krvi (v porovnání se savci) a také větší množství ^{137}Cs ve vaječném bílku ve srovnání s ostatními částmi vejce. Ekman (1961) po 25t denním podávání radiocesiem kontaminovaného krmiva zjistil transferové koeficienty 4,55, 2,50, 1,50 a 0,10 d.kg^{-1} pro svaly, ledviny, játra, resp. krevní plazmu slepic. Czupka (1973) zaznamenal u nosnic a kuřat krmených směsí s nízkou kontaminací tuto distribuci ^{137}Cs v těle: 94,4 % v mase, 3,2 % v játrech, 1,6 v žaludku, 1 % v srdci. U nosnic, kterým byla do krmiva přidávána pšenice kontaminovaná po černobylské havárii, byla zjištěna tato distribuce a transportní koeficienty: 3 % vejce, 80,4 % trus, 9 % maso a 9 % zbytek, 0,80 d.kg^{-1} /krmivo-vejce/, 4,04 d.kg^{-1} /krmivo-maso/ (Andersson et al. 1990). Andersson et al. (1990) také zjistili transferový koeficient 3,3 d.kg^{-1} /krmivo-maso/ a biologický poločas radiocesia 6 dní u brojlerových kuřat. Mírně vyšší transport radiocesia z krmiva do masa (4,3-4,5 d.kg^{-1}) popsal Ng (1982). Údaje o transportu, distribuci a biologických poločasech radiocesia u nosnic a brojlerových kuřat po opakovaném podávání krmiva, které obsahovalo některé složky kontaminované po černobylské havárii, podávají také Voigt et al. (1993). Pro nosnice zjistili transferové koeficienty 0,2 d.kg^{-1} (vejce), 1,2 d.kg^{-1} (stehenní svalovina) a 1,6 d.kg^{-1} (prsni svalovina), pokud byly krmeny travními peletami a asi dvojnásobně vyšší transport v případě zkrmování kontaminované pšenice. Pro brojlerová kuřata poměr měrných aktivit pohyboval během pozorování na hodnotách 0,3 (stehenní svalovina), 0,4 (prsni svalovina) a 0,2 (játra). Biologický poločas radiocesia dosáhl hodnot 15-25 dní pro prsni svalovinu a 8-13 dnů pro svalovinu stehenní.

Informace o protipatřeních souvisejících s redukcí kontaminace radiocesiem u kuřat jsou též velmi omezené. Výzkum se vzhledem k charakteru tohoto druhu zvířat chovaných většinou velmi intenzivně a ve velkých koncentracích věnoval především protipatřením v podobě aditiv přidávaných do krmiva. Vedle vysoce účinného AFCF (Voigt et al. 1993), který snížil příjem ^{137}Cs do svaloviny (masa) faktorem vyšším jak 6, byl užitý bentonit (Andersson et al. 1990) s 32 % redukčním účinkem a dále zeolit (20-40 % redukce) a Fe-askorbát (60-70 % redukce) (Vitorovic et al. 1997).

Z uvedeného výčtu prací týkajících se transportu radiocesia z krmiva do organismu kuřat lze sumarizovat, že údaje týkající se tohoto problému u brojlerových kuřat se poměrně různí a je možné je považovat za neúplné. To bylo základním důvodem hlubšího studia transferu radiocesia z krmiva do organismu a hledání dalších látek pro omezení transferu radiocesia z krmiva u brojlerových kuřat.

Byly studovány zákonitosti transportu a distribuce radiocesia v organismu brojlerových kuřat (se zaměřením na prsní a stehenní svalovinu) z krmiva uměle kontaminovaného i z pšenice získané z kontaminovaných oblastí po černobylské havárii. Sledování zahrnovalo kontaminační i následnou dekontaminační fázi a v různých režimech podávání byl testován vliv zdroje radiocesia, termínu kontaminace a věku kuřat (Pöschl et al. 1993, Pöschl et al. 1994a, Pöschl 1995a, Pöschl 1995b, Pöschl 1996, Pöschl & Baláš 1996a, Pöschl & Baláš 1997, Pöschl et al. 1997, Baláš & Pöschl 1998a, Pöschl & Baláš 1998, Pöschl & Baláš 1999a, Pöschl & Řezáč 2001a). Byly ověřeny možnosti měření kontaminace radiocesiem *in vivo* (Baláš & Pöschl 1998a, Baláš & Pöschl 1998b, Pöschl & Baláš 2000). Zvláštní pozornost byla věnována testování několika krmných aditiv pro omezení retence radiocesia (Pöschl et al. 1994b, Pöschl & Baláš 1996b, Pöschl & Baláš 1999b, Baláš & Pöschl 2000, Pöschl & Řezáč 2001b, Pöschl & Řezáč 2002a, Pöschl & Řezáč 2002b, Pöschl & Řezáč 2003).

MATERIÁL A METODIKA

Experimenty byly prováděny s brojlerovými kuřaty hybridů ISSA 715 Vedette a Ross 208. Byly důsledně uplatňovány principy ochrany zvířat a kuřata byla chována v metabolických klecích s dodržováním odpovídajících světelných teplotních i prostorových podmínek konsistentních se standardy doporučenými pro chov brojlerových kuřat v Evropě. Kuřata byla krmena standardními krmnými směsmi (BR1 a BR2) a to *ad libitum* nebo *ad semi libitum*.

Uměle kontaminovaná dávka v podobě směsi vodního roztoku $^{137}\text{CsCl}$ (Amersham) a mleté krmné směsi v poměru 2:1 byla podávána přímo do hltanu pomocí speciálního aplikátoru. Kontaminovaná pšenice z období po černobylské havárii byla přimíchávána do krmné směsi ve standardních poměrech platících pro dané krmné směsi. Radiocesium v těchto formách bylo aplikováno jednorázově nebo v opakovaných dávkách po několik dní.

Jako chemických přísadků (protiopatření) – krmných aditiv – pro sledování redukce retence radiocesia zvláště do prsní a stehenní svaloviny (masa) brojlerových kuřat bylo použito těchto přípravků:

- Zeolit (klinoptylolit z lokality Nižný Hrabovec, Slovensko), RADEKONT (**R**) (hexakynoferátem modifikovaný zeolit – klinoptylolit, 98% klinoptylolitu + 2% FeHCF, výroba – Výzkumný ústav veterinárního lékařství, Brno, Česká republika),
- FIX-A-TOX (**F**) 73% sušeného koloidního SiO₂ s přídavkem 12% kaolinitu, 8% sepiolitu, 7% steatitu, výroba - Werfft-chemie Gesellschaft m.b.H., Rakousko, dodavatel - AN Brno s.r.o., Česká republika),
- BIFEZH (**B**) (sorbent obsahující celulózu a 7-10% hexakynoferátu, výroba Eksorb-Černobyl, Jekatěrinburg, Rusko),
- F10 a F60 (křemelinové hmoty používané pro filtrace, složené 80% z SiO₂, 13% z Al₂O₃ a 1,5% z Fe₂O₃, výroba Calofrig a.s., Borovany, Česká republika).

Část kuřat byla ve stanovených intervalech po aplikaci radiocesia zabíjena a preparována. Odebírané tkáně (prsni a stehenní svalovina, játra, ledviny, srdce, nečištěná střeva) byly váženy, homogenizovány a měřeny v definovaném geometrickém uspořádání pomocí detektorů NaI/Tl nebo HPGe. Gamaspektrometrické trasy byly zabezpečeny HW-SW systémy Canberra S-100 a Silena - SI 9308/A včetně MCM emulačních programů. Energetická a účinnostní kalibrace byly provedeny standardy z roztoku ¹³⁷CsCl (Amersham Co.) nebo standardem připraveným IIZ ČMI Praha (stupeň COSMT).

U experimentů s jednorázovou dávkou ¹³⁷Cs byl transfer radiocesia z krmiva do tkání vyjadřován jako relativní měrná aktivita (TV, kg⁻¹), tj. poměr měrné aktivity v tkáni (Bq.kg⁻¹) k celkové aktivitě (Bq) podané v dávce. V případě opakovaného dávkování ¹³⁷Cs byl transfer kvantifikován jako transferový koeficient (F_f, d. kg⁻¹) definovaný jako poměr měrné aktivity v tkáni (Bq.kg⁻¹) k průměrnému dennímu příjmu aktivity za sledované období ve dnech (Bq.dd⁻¹). Pro sledování účinku chemických přísadků – aditiv – do krmiva byly použity redukční faktory vypočtené jako poměr transferových koeficientů bez aplikace aditiva ku transferovým koeficientům s aplikací aditiva.

Pro analýzu výsledků a statistické zpracování bylo užito statistického SW UNISTAT (UNISTAT 4.53d, 1984-1998).

VÝSLEDKY

Transfer, biologické poločasy, distribuce

Perorálně podané radocesium v podobě uměle kontaminovaného krmiva bylo velmi rychle

vstřebáno (během několika hodin) do organismu (Obr. 1 a 2). Počáteční biologické poločasy ^{137}Cs v játrech, střevech, prsní svalovině a stehenní svalovině dosáhly hodnot 0,6, 0,6, 2,0 a 1,2 dnů. Více než polovina podané aktivity byla vyloučena během prvního dne a během 14 dnů dekontaminační fáze bylo vyloučeno pře 90% aktivity. Transferové koeficienty po jednorázové kontaminaci jsou zřetelné v Obr. 1. Po dlouhodobějším vstupu radiocesie do organismu dosahovaly transferové koeficienty ve svalovině hodnot od 4,0 do 7,7 $\text{d}\cdot\text{kg}^{-1}$ v případě umělé kontaminace krmiva a od 1,0 do 2,0 $\text{d}\cdot\text{kg}^{-1}$ po zkrmování pšenice kontaminované černobylskou havárií u 1-23denních kuřat. Největší akumulace radiocesie (55 – 90%) byla potvrzena ve svalovině a proporce celkových aktivit v prsní a stehenní svalovině se měnily během dekontaminace (Obr. 3). V prvních dnech po aplikaci uměle kontaminovaného krmiva byl pozorován vyšší podíl radiocesie ve stehenní svalovině proti svalovině prsní (Obr. 1, 2, 3). Později tomu bylo naopak. Distribuční vztahy v časovém sledu a v pozorovaných orgánech vyjadřuje sumárně Obr. 3.

Měření in vivo

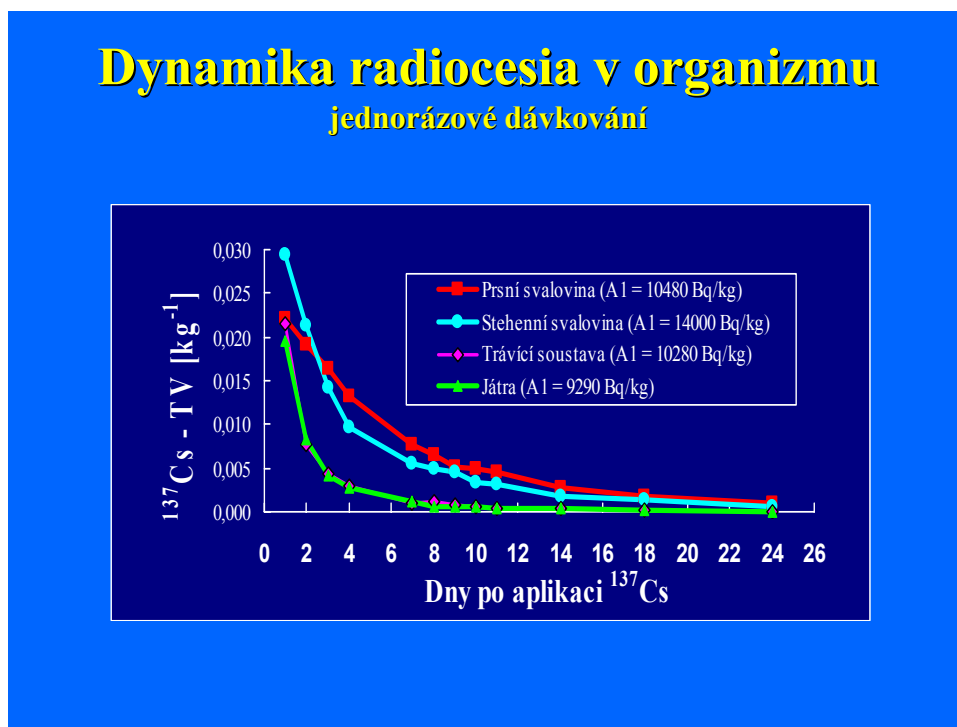
Jednoduchou fixací kuřete a krátkodobým (5-10 minut) umístěním do měřicí soustavy se scintilačním NaI/Tl detektorem (Obr. 4) bylo ověřeno měření *in vivo* radiocesiem kontaminovaného kuřete. Limit detekce byl 0,05 cps a zjištěná hodnota měření *in vivo* 2,5 cpm odpovídala aktivitě ve svalovině cca 500 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (chyba $2\sigma=\pm 40 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) (Pöschl & Baláš 2000).

Ověřování účinků aditiv

Zeolit (klinoptylolit z lokality Nižný Hrabovec, Slovensko) v dávkách 0,5–1,0 g na kg živé hmotnosti a podobně křemelinové hmoty F10 a F60 v dávkách 1% k hmotnosti krmiva vykazaly nevýrazné (do 7%) redukční účinky na transfer radiocesie z krmiva do prsní a stehenní svaloviny brojlerových kuřat. Aplikace RADEKONTu (**R**) přidávaného ke krmné směsi v množství 0,5 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ živé váhy, FIX-a-TOXu (**F**) v dávce 0,1% hmotnosti krmiva a BIFEZHu (**B**) v dávce 0,5 g na 1 kg krmné směsi snížila ($P<0.05$) během 4 - 9 dnů transfer ^{137}Cs z jednorázové dávky (Obr. 5) kontaminovaného krmiva (3,4 $\text{kBq}/\text{kuře}$) do masa 15tidenních kuřat faktory až 1,35, 1,33 a 2,28. Během různých krmných období (2, 4, 8 a 10 dnů) a když kontaminované krmivo bylo podáváno opakovaně (10 dnů) (Obr. 6) kuřatům ve věku 14 – 23 dnů, dosáhl redukční faktor maximálně hodnot 1,54, 1,18, a 7,15. Bylo-li podáváno (1-23denním kuřatům) radiocesium v pšenici kontaminované po černobylské

havárii, snížil **R** transfer kontaminantu do svaloviny faktorem 2,96-3,68, tj. s větší účinností proti umělé kontaminaci krmné dávky radiocesiem. Na rozdíl od **R** a **F**, sorbent **B** byl nejefektivnější, a to pravděpodobně z důvodu největšího obsahu hexakcyonoferátů. Během pozorování nebyly v převážné míře nalezeny rozdíly v supresivních účincích sledovaných sorbentů mezi prsní a stehenní svalovinou (Obr. 5, 6). Dávkování aditiv začalo ve výše uvedeném pozorování 2 hodiny po aplikaci (či po první aplikaci) uměle kontaminovaného krmiva s ^{137}Cs . V případě aplikace **B** před (24 hodin) kontaminací radiocesiem byl zjištěn prokazatelně vyšší (až 4 násobný) redukční účinek na transfer radiocesia z krmiva do svaloviny než v případě aplikace aditiva až po realizované kontaminaci (Obr. 7).

Obr.1 Dynamika radiocesia v organismu - jednorázové dávkování

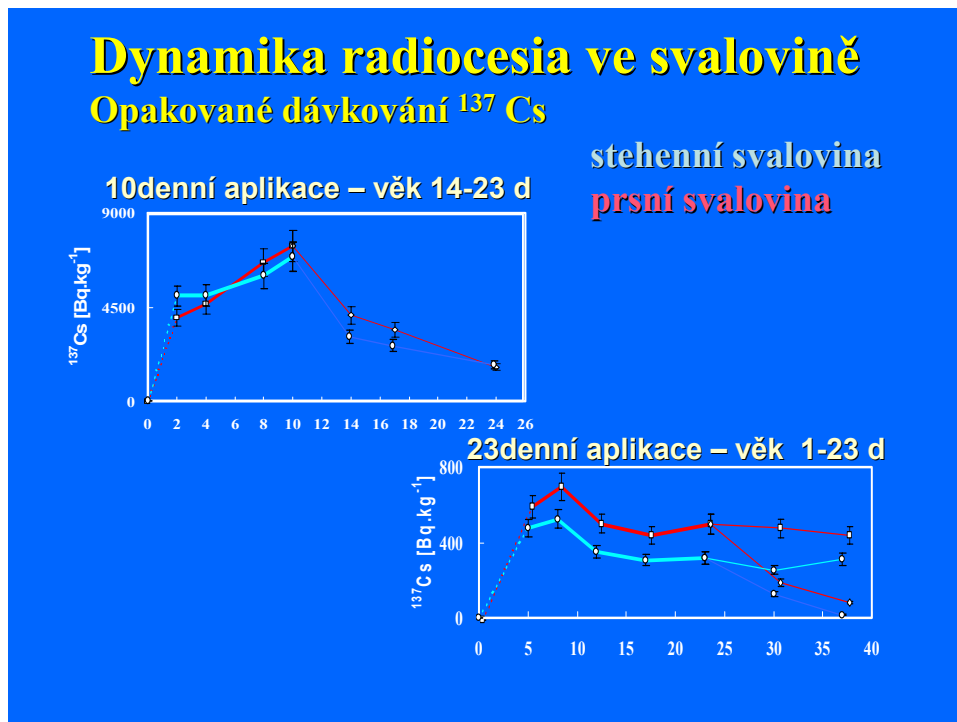


DISKUZE

Sledování vstupu a chování radionuklidů do/v potravních řetězců/ích je součástí studia zemědělských protopatření pro případ uvolnění radionuklidů do prostředí. V některých oblastech v Evropě byly po černobylské havárii nalezeny aktivity radiocesia v zrnu až do 300-600 Bq.kg⁻¹ (Lantbruksstarelsen 1987), které bývá hlavní složkou krmných směsí kuřat. V

případě vážné radioekologické nehody tak nelze zcela vyloučit i kontaminaci kuřecího masa při jeho výrobě. Přesto o transferu radiocesia z krmiva do kuřat a o jeho distribuci v organismu není v literatuře mnoho údajů. Nejpozoruhodnější je zjištění, že u kuřat ve srovnání s jinými hospodářskými zvířaty je relativně vysoká akumulace radiocesia právě ve svalovině (Hood & Comar 1953, Mraz et al. 1964, Czupka 1973, Andersson et al. 1990, Voigt et al. 1993).

Obr. 2 Dynamika radiocesia v organismu - opakované dávkování



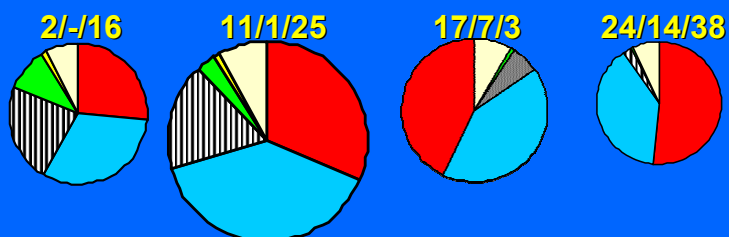
Obr. 3 Distribuce radiocesia v organismu

Distribuce radiocesia v organizmu

Jednorázové dávkování (dny po apl./věk)



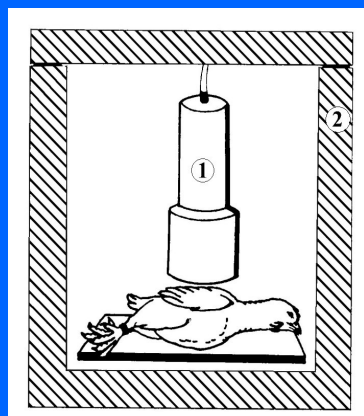
10denní dávkování (dny po 1.apl./po ukonč. apl./věk)



■ Prsní svalovina ■ Stehenní svalovina ■ Trávicí soustava ■ Játra ■ Srdce ■ Zbytek

Obr. 4 Měření radiocesia *in vivo* (1 = detektor, 2 = stínící Pb box)

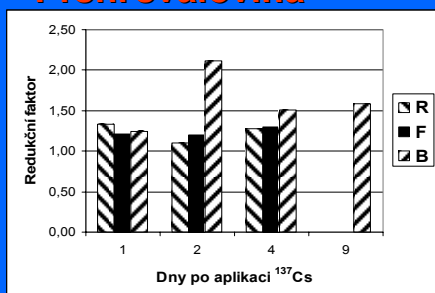
Měření aktivity ^{137}Cs *in vivo*



Obr. 5 Redukční účinky aditiv **R**, **F** a **B** na transfer radiocesia z krmiva do masa brojlerových kuřat po jednorázové aplikaci ^{137}Cs (cca 3 kBq)

Redukční faktory ^{137}Cs v kuřecím mase po aplikaci aditiv (jednorázová dávka ^{137}Cs)

Prsní svalovina

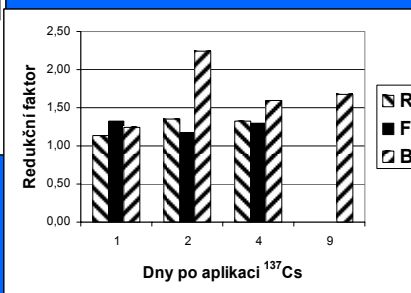


R = RADEKONT

F = FIX-A-TOX

B = BIFEZH

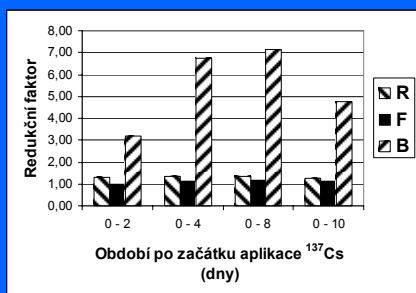
Stehenní svalovina



Obr. 6 Redukční účinky aditiv R, F a B na transfer radiocesiumu z krmiva do masa brojlerových kuřat po 10denní aplikaci ^{137}Cs (kumulativní příjem ^{137}Cs každý den 300 kBq)

Redukční faktory ^{137}Cs v kuřecím mase po aplikaci aditiv (10-ti denní dávka ^{137}Cs)

Prsní svalovina

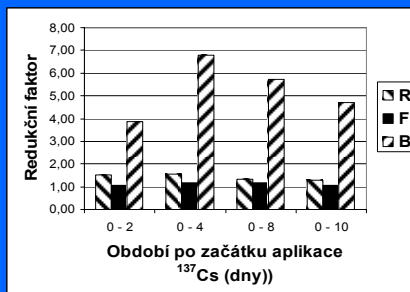


R = RADEKONT

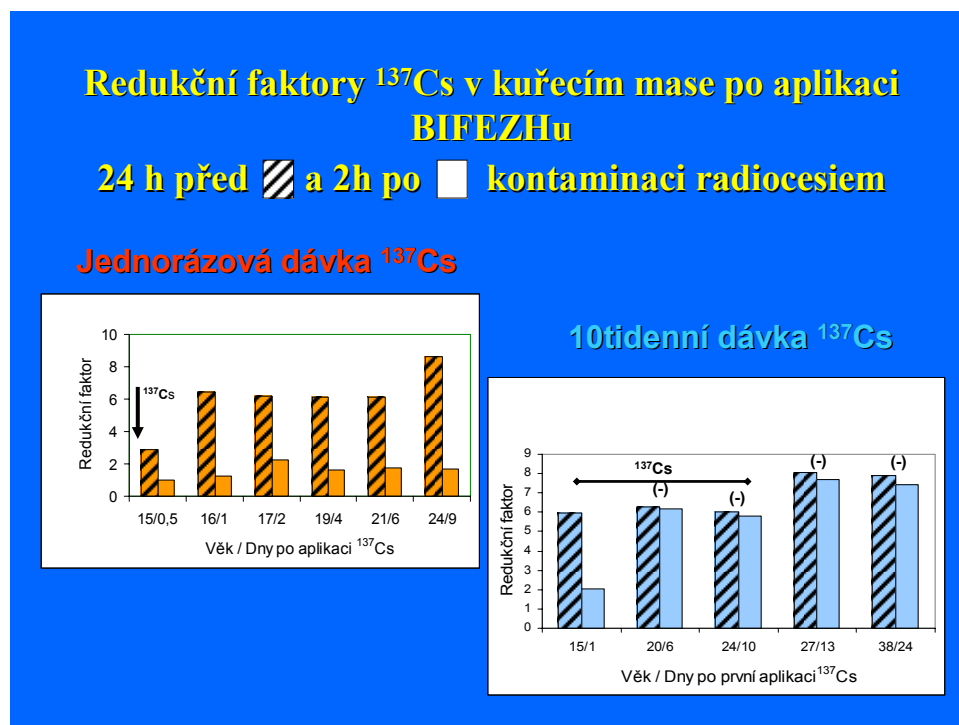
F = FIX-A-TOX

B = BIFEZH

Stehenní svalovina



Obr. 7 Rozdílný redukční účinek aditiva **B** podaného před a po kontaminaci na transfer radiocesia z krmiva do masa brojlerových kuřat



Studium dynamiky a distribuce radiocesia (^{137}Cs) bylo v našich pracích provedeno na masných hybridech brojlerových kuřat u dvou hybridních kombinací (ISSA 715 Vedette nebo Ross 208), které v posledních letech ve výkrmu převládaly.

Byl zjištěn vliv celé řady faktorů na transfer a distribuci radiocesia do orgánů sledovaných kuřat. Mezi vnější faktory patří krátkodobé (jednorázové) či opakované podání, množství i forma podaného radiocesia (vodní fáze, vázaná v pšenici) resp. chemické vlastnosti radiocesia. Mezi vnitřní faktory lze zařadit typ orgánu či tkáně a funkci či druh svalové skupiny a věk kuřete. Výsledkem je velmi rychlá dynamika transferu s nerovnoměrnou distribucí v tělních orgánech a nejvyšší akumulací ve svalovině, a to rychlejší akumulací včetně rychlejších dekontaminačních procesů ve stehenní svalovině ve srovnání s prsní svalovinou. Dynamika distribuce v případě jednorázové dávky ^{137}Cs je ve svalovině podobná opakovanému podávání s tím rozdílem, že v prvních dnech po podání se nejdříve (do 4. dne) poměr podílu ve stehenní svalovině ku prsní svalovině snižoval pomaleji. Důsledkem zvýšení měrné aktivity v dávce je i zvýšení měrných aktivit v orgánech kuřete. Přitom ^{137}Cs "vázaný" v pšenici přecházel do těla kuřete s vyšším transferovým koeficientem než při podání uměle kontaminované krmné směsi roztokem $^{137}\text{CsCl}$. Byl zjištěn velmi krátký biologický poločas ^{137}Cs , a proto z radioekologického pohledu mají význam pouze prostředky

působící na snížení příjmu radiocesia během trávicích procesů, nejlépe ještě před kontaminací.

Charakter radioaktivního rozpadu ^{137}Cs (gama-emise dceřinného produktu $^{137\text{m}}\text{Ba}$) i jeho zvýšená akumulace ve svalovině umožnila vyvinout a ověřit relativně jednoduchý způsob měření kontaminace brojlerových kuřat *in vivo*, resp. sledování dekontaminačního procesu ve svalovině, a tím bez porážky zajistit výkrm do doby, kdy měrné aktivity v kuřecích produktech klesnou na povolené limity.

Použití krmných aditiv RADEKONT, FIX-A-TOX a BIFEZH prokázalo, že významně snižují retenci radiocesia v GIT, a tak posléze ovlivňují akumulaci ^{137}Cs zvláště ve svalovině. Žádný z testovaných sorbentů nemá vedlejší účinky, jsou jednoduše míchatelné s krmivem a mohou být účinně použity jako aditiva se supresivními účinky na transfer ^{137}Cs z krmné směsi do masa brojlerových kuřat, a tak je lze doporučit jako alternativní krmná aditiva – protiopatření chemického charakteru - pro případ radioekologických nehod.

PODĚKOVÁNÍ

Práce byla realizována s pomocí finančních prostředků Výzkumného záměru AF MZLU v Brně, tj. prostředků MŠMT ČR (MSM 432100001).

LITERATURA

1. **Andersson, I., Teglöf, B., Elwinger, K., 1990:** Transfer of ^{137}Cs from grain to eggs and meat of laying hens and meat of broiler chicken, and the effect of feeding bentonite. *Swedish J. Agric. Res.*, 20, 35-42.
2. **Baláš, J., Pöschl, M., 1998a:** Measurement of ^{137}Cs activity in living chicken. *Book of abstracts of the XXVIIIth Annual meeting of ESNA* (European society for new methods in agricultural research). Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno (Czech Republic), p. 25. ISBN 80-7157-316-7.
3. **Baláš, J., Pöschl, M., 1998b:** Měření aktivity ^{137}Cs *in vivo*. *Sborník doktorandských prací Mendel Net'98*, MZLU Brno, s. 63-64. ISBN 80 – 7157 – 319 – 1.
4. **Baláš, J., Pöschl, M., 2000:** The effectiveness of FIX-A-TOX in reducing the transfer of ^{137}Cs into broiler chicken meat. *Czech J. Anim. Sci. (Živočišná Výroba)*, 45, 463-468.
5. **Burmann, F.J., 1967:** Influence of grazing intensity on cesium-137 levels in milk. *J. Dairy Sci.*, 50, 1891-1896.

6. **Csupka, S.1973:** Distribution of ^{90}Sr and ^{137}Cs in poultry organisms and in hen's eggs. *Biologia* (Bratislava), 28, 139- 144.
7. **Daburon, F., Archimbaud, Y., Cousi, J., Fayart, G., Hoffshir, D., Chevallereau, I., Lecreff, H., 1991:** Radiocaesium transfer to ewes fed contaminated hay after Chernobyl accident: effect of vermiculite and AFCF (ammonium ferricyanoferrate) as countermeasures. *J. Environ. Radioact.*, 14, 73-84.
8. **Duggleby, J.C., Seebeck, R.M., 1967:** Potassium and caesium-137 in Angus steer carcasses. *J. agric. Sci. Camb.*, 69, 149-153.
9. **Ekman, L., 1961:** Distribution and excretion of radiocaesium in goats, pigs and hens. *Acta Vet. Scand.*, 2, Suppl.4.
10. **Green, R.M, McNeil, K.G, Robinson, G.A, 1961:** The distribution of potassium and caesium-137 in the calf and the pig. *Can J Biochem Physiol*, 39, 1021-1026.
11. **Hood, S.C, Comar, C.L., 1953:** Metabolism of cesium-134 in rats and farm animals. *Arch. Biochem. Biophys.*, 45, 423-433.
12. **Howard, B.J., Beresford, N.A., Voigt, G., 2001:** Countermeasures for animal products: a review of effectiveness and potential usefulness after an accident. *J. Environ. Radioactiv.*, 56, 115-137.
13. **Johnson, J.E., Tyler, T.R., Ward, G.M., 1969:** Transfer of fallout cesium-137 from feed to meat of cattle. *J. Anim. Sci.*, 29, 695-699.
14. **Lantbruksstyrelsen,1987:** Lantbruksverket och Tjernobyl, Lägesrapport mars 1987, National Board of Agriculture, Jönköping; cit.: Andersson., I., 1989: Safety precautions in Swedish animal husbandry in the event of nuclear power plant accidents. Dissertation, Swedish University of Agriculture Sciences, Uppsala.
15. **Lindner, J.P., Röhrmoser, G., Probstmeier, G., Hofmann, P., Pröhl, G., Müller, H., Voigt, G., 1987:** Bilanzstudieren von radioaktivem caesium in Rind, Schaf und Schwein. *VDLUFA-Schriftenreihe*, 21, 100-101.
16. **Mraz, F.R., Wright, P.L., Ferguson, T.M., Anderson, D.L., 1964:** Fission product metabolism in hens and transference to eggs. *Health Phys.*, 10, 777-782.
17. **Ng, Y.C., 1982:** A review of transfer factors for assessing the dose from radionuclides in agricultural products. In: Environmental effects (ed. R.O.Chester and C.T.Garten Jr.), *Nuclear Safety*, 23, 57-71.
18. **Pearce, J., Unsworth, E.F., McMurray, C.H., Moss, B.W., Logan, E., Rice, D., Hove, K., 1989:** The effect of Prussian blue provided by indwelling rumen boli on the tissue retention of dietary radiocaesium by sheep. *Sci. Total Environ.*, 85, 349-355.

19. **Pöschl, M., 1995a:** Biologický poločas radiocesia u broilerových kuřat (Biological half-life of radiocaesium in broiler chicken). *Zborník referátov z III. celoslovenského vedeckého seminára z fyziológie živočíchov*. VŠP Nitra (Slovensko), s. 64-65.
20. **Pöschl, M., 1995b:** Ten-day radiocaesium uptake and its restriction in broiler chicken. *Book of abstracts of the XXVth ESNA Meeting* (European society for new methods in agricultural research). Universita Cattolica del Sacro Cuore (Piacenza, Italy), p. 45.
21. **Pöschl, M., 1996:** Transfer of ^{137}Cs from contaminated wheat to chicken. *Zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie Agronomická fakulta a vývoj poľnohospodárstva na Slovensku*. Sekcia E, VŠP Nitra (Slovensko), p. 94-97. ISBN 80-7137-278-1.
22. **Pöschl, M., Baláš, J., 1996a:** Differences of the radiocaesium retention in broiler chicken after application of artificially and naturally contaminated feed mixture. *Conference abstracts from the XXth Days of Radiation Hygiene*. Jáchymov (Czech Republic), p. 56.
23. **Pöschl, M., Baláš, J., 1996b:** Suppression of ^{137}Cs transfer from contaminated wheat to chicken. *Book of abstracts of the XXVIth Annual meeting of ESNA* (European society for new methods in agricultural research). University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Buzăreni (Romania), p. 39.
24. **Pöschl, M., Baláš, J., 1997:** Decontamination periods in broiler chicken of two age categories after radiocaesium application. *Book of abstracts of the XXVIIth Annual meeting of ESNA* (European society for new methods in agricultural research). University of Ghent (Belgium), p. 26.
25. **Pöschl, M., Baláš, J., 1998:** Activity concentrations of ^{137}Cs in meat of broiler chicken after single and continuous application. *Book of abstracts of the XXVIIIth Annual meeting of ESNA* (European society for new methods in agricultural research). Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno (Czech Republic), p. 32. ISBN 80-7157-316-7.
26. **Pöschl, M., Baláš, J., 1999a:** Effect of some factors on ^{137}Cs uptake into broiler chicken meat. *Book of abstracts of the XXIXth Annual meeting of ESNA* (European society for new methods in agricultural research). Wye College, University of London, p. 37.
27. **Pöschl, M., Baláš, J., 1999b:** Reduction of radiocaesium transfer to broiler chicken meat by a clinoptilolite modified with hexacyanoferrate. *Radiat. Environ. Biophys.*, 38, 117-124.

28. **Pöschl, M., Baláš, J., 2000:** The *in vivo* measurement of radiocaesium activity in broiler chickens. *J. Environ. Radioactiv.*, 48, 371-369.
29. **Pöschl, M., Borkovec, V., Baláš, J. 1994a:** Kontaminace broilerových kuřat radiocesiem. *Sborník referátů z I. mezinárodního symposia Environmental Pollution*. VŠZ - Brno, s. 126-129.
30. **Pöschl, M., Borkovec, V., Kalová, J., Pindryč, M., 1993:** Příjem a vylučování ¹³⁷Cs u broilerových kuřat. *Conference abstracts from the XVIIth Days of Radiation Hygiene*. Jáchymov (ČR), s. 32.
31. **Pöschl, M., Borkovec, V., Zelenka, J., 1997:** Dynamic and distribution of radiocaesium in broiler chicken. *Radiat. Environ. Biophys*, 36, 169-174.
32. **Pöschl, M., Borkovec, V., Zelenka, J., Procházka, J., 1994b:** Effect of special modified clinoptylolite as an antidote used for the treatment of radiocaesium contaminated broiler. *Book of abstracts of the XXIVth Annual meeting of ESNA* (European society for new methods in agricultural research). Varna (Bulgaria), p. 42-43.
33. **Pöschl, M., Řezáč, P., 2001a:** Distribuce radiocesia v těle brojlerového kuřete, *Sborník přednášek z 9. Mezinárodní konference Aktuální problémy šlechtění, chovu, zdraví a produkce drůbeže (Current Problems of Breeding, Health and Production of Poultry)*. České Budějovice, s. 169, ISBN 80-85645-42-4.
34. **Pöschl, M., Řezáč, P., 2001b:** The reduction of ¹³⁷Cs contamination of broiler chicken meat by cyanoferrate-based sorbent *Bifezh*. *Book of abstracts of the XXXIst Annual meeting of ESNA* (European society for new methods in agricultural research), MAICh, Chania, Crete, Greece, p. 27.
35. **Pöschl, M., Řezáč, P., 2002a:** Affecting the radiocaesium (¹³⁷Cs) transfer from feed into broiler chicken meat by cyanoferrate-based sorbent *BIFEZH*. *Book of abstracts of the XXXIInd Annual Meeting of ESNA* (European society for new methods in agricultural research), Warsaw, Poland, 10-14 September, p. 55.
36. **Pöschl, M., Řezáč, P., 2002b:** Three cesium binders in the ¹³⁷Cs transfer from feed to meat of chicken. *Proceedings of the 5th International Conference on Food Physics*, Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic, May 30 – June 1, s. 77-82. ISBN 80-7157-626-3.
37. **Pöschl, M., Řezáč, P., 2003:** Comparison of three caesium binders affecting the ¹³⁷Cs transfer from feed to meat of broiler chicken. *Acta univ. et silvic. Mendel. Brun.*, 51, 127-134.

38. **Stewart, H.F., Ward, G.M., Johnson, J.E., 1965:** Availability of fallout ^{137}Cs to dairy cattle from different types of feed. *J. Dairy Sci.*, 48, 709-713.
39. **Vitorovic, G., Draganovic, B., Pantelic, G., Petrovic, I., Vukicevic, O., Dunic, C., Vitorovic, D., 1997:** Effectiveness of cesiumbinders in reducing ^{137}Cs transfer into broiler tissues. *Acta Veterinaria (Beograd)*, 47, 159 – 164.
40. **Voigt, G., 1993:** Chemical methods to reduce the radioactive contamination of animals and their products in agricultural ecosystem. *Sci. Total Environ.*, 173, 205-225.
41. **Voigt, G., Müller, H., Paretzke, H.G., Bauer, T., Röhrmoser, G., 1993:** ^{137}Cs transfer after Chernobyl from fodder into chicken meat and eggs. *Health Phys.*, 65, 141-146.
42. **Voigt, G., Müller, H., Pröhl, G., Paretzke, H.G., Probstmeier, G., Röhrmoser, G., Hofmann, P., 1989:** Experimental determination of transfer coefficients of ^{137}Cs and ^{131}I from fodder into milk of cows and sheep after the Chernobyl accident. *Health Phys.*, 57, 967-973.