

RADIATION PROTECTION OF CATTLE PRODUCTION IN CONDITIONS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF THE ENVIRONMENT

Gordana Vitorović¹, B. Draganović¹, Z. Sinovec¹, G. Grubić², D. Vitorović², S. Džonić³

¹ Faculty of Veterinary Medicine, Belgrade, Yugoslavia

² Faculty of Agriculture, Belgrade, Yugoslavia

³ Veterinary Office "Napredak", Gevgelija, Macedonia

РАДИЈАЦИОНА ЗАШТИТА НА ПРОИЗВОДСТВОТО ВО ГОВЕДАРСТВОТО ВО УСЛОВИ НА РАДИОАКТИВНА КОНТАМИНАЦИЈА НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА

Гордана Виџоровиќ¹, Б. Драѓановиќ², З. Синовец¹, Г. Грубиќ², Д. Виџоровиќ², С. Џониќ³

¹ Факултетот по ветеринарна медицина, Белград, СР Југославија

² Земјоделски факултет, Белград, СР Југославија

³ Ветеринарна станица "Напредок", Гевгелија, Р Македонија

INTRODUCTION

Nuclear accidents are one of major causes of massive radioactive environment contamination. The aim of this work was to present protection measures which are necessary to implement in veterinary practice in order to obtain products (meat, milk) which are radioactive hygienically safe. Principles of radiation protection, from the standpoint of veterinary practice, may be examined as:

1. Basic protection measures (which include four essential procedures: hermetic closure of animal objects, removal of animals from open space, protection of feeds and water sources, animal decontamination).

2. Special protection measures (which consider different animal species and categories and include two procedures: diet balancing as the method of radiation protection and diet supplementing with protection compounds which reduce resorption of ¹³⁷Cs from digestive tract).

3. Protection measures in milk processing units and slaughterhouses.

ВОВЕД

Нуклеарните акциденти се една од основните причини за радиоактивна контаминација на животната средина од широки размери. Целта на овој труд е да се прикажат мерките за заштита кои се неопходни да се применат во ветеринарната пракса поради добивање на радиоактивно хигиенски исправни производи (месо и млеко). Принципите на радијационата заштита од аспект на ветеринарната пракса, можат да се разгледаат во рамките на:

1. Основните мерки за заштита (кои зафаќаат четири основни постапки: херметизација на објектите, отстранување на животните од отворениот простор, заштита на храната и изворите на вода, деконтаминација на животните).

2. Специјалните мерки за заштита (се однесуваат на поедини врсти и категории на животни, а зафаќаат две постапки: составување на оброк како метод на радијациона заштита на домашните животни, додавање на заштитини средства во оброците за намалување на ресорпцијата на ¹³⁷Cs од дигестивниот тракт).

3. Мерки за заштита во млекарите и кланиците.

Special problem in emergency situations presents animal feeding, because about 80% of radioactive material enter the organism through ingestion. By changing the diet composition it is possible to achieve high level of protection. In all animals 50-70% of ^{137}Cs that is consumed is being ingested. ^{137}Cs is deposited in all soft tissues and from the consumed amount about 5-12% is secreted in milk (Draganović and Vitorović, 1990). Special attention in that case should be taken in ruminant feeding because they consume large quantities of roughage which is the type of feed that is very exposed to radioactive contamination (Institut za medicinu rada, 1988; Stanković and Krainčević, 1990).

MATERIAL AND METHODS

During the diet formulating it is necessary to balance it properly so that diet supplies needed amounts of nutrients for maintenance, growth, reproduction, production of meat and milk (Pavličević et al., 1990; Sinovec and Šefković, 1995). In diet analysis and correction there is a new parameter - feed activity (level of ^{137}Cs activity) (Vitorović et al., 1997). Diets for ruminant feeding are composed on the basis of activity level actually measured after Chernobyl accident (Vitorović et al. 1994; Vitorović et al., 1996).

To obtain a better aspect of this protection measure in this paper are introduced two new parameters: *transfer coefficient* (Ct) and *retention factor* (Fr). On the basis of extensive research and knowledge of ^{137}Cs metabolism in the body of different domestic animal species and categories, IAEA (1994) gave calculated values of transfer coefficient (Table 1) for ^{137}Cs consumed with feeds (diet) into 1 kg of product (milk and meat).

If protection measures are not applied promptly and adequately it is possible to obtain milk with high level of ^{137}Cs activity. Processing of highly contaminated milk into various products may reduce content of ^{137}Cs . IAEA (1994) introduced the new

Посебен проблем во вонредни услови представува исхраната затоа што околу 80% од радиоактивниот материјал во организмот на животните се внесува со ингестија. Со промена на составот на оброкот може да се постигне висок ефект на заштита во случај на алиментарна контаминација. Кај сите домашни животни ^{137}Cs се ресорбира од дигестивниот тракт со 50-70% од внесената количина. ^{137}Cs се депонира во сите меки ткива а од внесената количина преку млекото се излучува во околу 5-12% (Драгановиќ и Виторовиќ, 1990). Посебно внимание во тој случај треба да се обрне на преживарите кои конзумираат големи количини на зелена храна која во акцидетални услови е најмногу изложена на радиоактивна контаминација (Институт за трудова медицина, 1988; Станковиќ и Краинчевиќ, 1990).

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ

При составувањето на оброците неопходно е и нивно балансирање што представува обезбедување на хранливи материи со кои се исполнуваат потребите на животните за одржување на животот, прирастот, репродукцијата, производството на месо и млеко (Павличевиќ и сор., 1990; Синовец и Шефковиќ, 1995). Во анализата и корегирањето на оброкот се воведува и нов параметар - активност на хранивото (ниво на активност на ^{137}Cs) (Виторовиќ и сор., 1997). Оброците за исхрана на преживарите составени се врз основа на измереното ниво на активноста на ^{137}Cs во хранивата во периодот после Чернобил (Виторовиќ и сор., 1994; Виторовиќ и сор., 1996).

За подобро да се согледа значењето на овој метод на заштита во трудот се воведени два нови параметри: Коефициент на премин (Кр) и фактор на ретенција (Fr). Врз основа на широкото истражување и на доброто познавање на метаболизмот на ^{137}Cs во организмот на различните врсти и категории на животни, Меѓународната атомска агенција - ИАЕА (1994) издаде израчунати вредности на коефициентот на премин (Табела 1) на ^{137}Cs кој е внесен со храна (оброк) во 1 кг на производ (месо и млеко).

parameter - Factor of retention (Table 2). It is the amount of ^{137}Cs that remains in milk products after processing. This parameter is corrected with *factor of processing efficiency* (Pe) which shows amounts of fresh milk needed for production 1 kg of product.

Доколку на време и адекватно не се применат мерките за радијациона заштита можно е да се добие млеко во кое може да се утврди високо ниво на ^{137}Cs . Со преработка на високонтаминирано млеко во различни производи можно е да се намали содржината на ^{137}Cs .

Product	^{137}Cs	
	Expected	Interval
Cow milk	0.0079	0.001-0.027
Sheep milk	0.058	0.06-0.120
Goat milk	0.100	0.009-0.470
Cattle meat	0.050	0.01-0.06
Calf meat	0.200	0.04-0.60
Sheep meat	0.170	0.046-0.35
Lamb meat	0.490	0.100-1.60
Goat meat	0.230	0.012-0.380
Pork	0.240	0.03-1.1
Poultry meat	1	0.3-10
Eggs	0.4	0.06-2

Table 1. Transfer coefficient (Ct) of ^{137}Cs into different animal products

Табела 1. Коефициент на премин ($K_{\text{п}}$) на ^{137}Cs за различни производи од животиинско поштекло (d/kg)

Product	Fr		Pe	
	Expected	Interval	Expected	Interval
Cream	0.05	0.03-0.16	0.08	0.03-0.24
Skimmed milk	0.95	0.85-0.99	0.92	0.76-0.97
Butter	0.01	0.003-0.02	0.04	0.03-0.05
Milk fat	0.00	0.00	0.04	0.04-0.04
Milk powder	1.00		0.12	
Cheeses:				
Goats		0.07-0.15	0.12	0.08-0.17
Cows, enzyme	0.07	0.05-0.23	0.12	0.08-0.18
Cows, acid		0.11-0.12	0.10	0.08-0.12
Joghurt	0.34			
Whey, enzyme		0.73-0.96	0.90	0.70-0.94
Whey, acid		0.75-0.90		0.82
Casein, enzyme		0.01-0.08		0.03-0.06
Casein, acid		0.01-0.04		0.01-0.06

Table 2. Factor of retention (Fr) and factor of processing efficiency (Pe) for milk products (IAEA, 1994)

Табела 2. Фактор на ретенција (Fr) на ^{137}Cs и ефикасност на преработката (Pe) за производи од млеко, (ИАЕА, 1994)

RESULTS AND DISCUSSION

Balancing the diet for dairy cow

In Table 3 the analysis and correction of the diet are shown for dairy cow with body mass of 600 kg and with production of 20 kg milk with 3.6% milk fat immediately after radioactive fallout. Feeding is based on fresh lucerne (25.5 kg).

The high activity of the diet (30985 Bq/d) for dairy cows is mostly due to presence of fresh lucerne in it (1209 Bq/kg fresh sample). By substitution highly contaminated lucerne with less contaminated feeds (hay, maize silage from the previous year) it is possible to formulate a diet with activity of 298 Bq/d, which is 104 times less.

Според препораките на ИАЕА (1994) се воведува нов параметар - фактор на ретенција (Табела 2). Тој представува дел од радиоцеизијумот кој заостанал во производот од млеко после преработката на млекото. Овој параметар се корегира со факторот на ефикасноста (Р_е) кој покажува колку свежо млеко е потребно за добивање на 1 кг производ.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Составување на оброк за молзна крава

Во табелата бр. 3 прикажани се анализата и корекцијата на оброк за молзна крава со телесна маса 600 кг, која произведува 20 л. млеко со 3,6% млечна маст, во време непосредно по таложењето на радиоактивните

Requirements		SV	CP (g)	DM (kg)		
600 kg		3.06	327	12-15		
Correction		0.36	-	-		
20 kg 3,6%		5.20	1140			
Total		8.62	1467	12-15		
Diet analysis						
Feeds	Amount (kg)	SV	CP (g)	DM (kg)	Am (Bq/kg)	At (Bq)
Lucerne, average	25.5	2.98	859	6.38	1209	30830
Hay meadow, medium	1.8	0.55	69	1.53	17	31
Maize silage	6.4	0.99	84	1.76	9	58
Maize grain	4.7	3.82	312	4.09	12	56
Sunflower meal	0.5	0.29	143	0.45	21	11
Total		8.64	1467	14.20	-	30985
Diet correction						
Feeds	Amount (kg)	SV	CP (g)	DM (kg)	Am (Bq/kg)	At (Bq)
Hay meadow, medium	3.2	0.98	123	2.72	17	54
Maize silage	19.0	2.95	251	5.23	9	171
Maize grain	2.0	1.63	133	1.74	12	24
Sunflower meal	2.3	1.35	657	2.07	21	48
Total		6.89	1163	11.76	-	298

ABBREVIATIONS (КРАТЕНКИ): SV - starch value (скробна вредност, скробна единица); CP - crude protein (сурови протеини); DM - dry matter (сува материја); Am - mass activity (масна активност); At - total activity (вкупна активност)

Table 3. Analysis and correction of the diet for dairy cow

Табела 3. Анализа и корекција на оброк за молзна крава

The evaluation of ^{137}Cs activity in cows milk

- Total ^{137}Cs activity in the *diet* is 30985 Bq/d
- Transfer coefficient (Ct) from feed to milk is 0.0079 d/kg
- Expected ^{137}Cs activity in 1 kg of milk is 30985 Bq/d \times 0.0079 d/kg = 244.8 Bq/kg
- Total ^{137}Cs activity in the *corrected diet* is 298 Bq/d
- Transfer coefficient (Ct) from feed to milk is 0.0079 d/kg
- Expected ^{137}Cs activity in 1 kg of milk is 298 Bq/d \times 0.0079 d/kg = 2.3 Bq/kg

In case that it is not possible to substitute feeds in the diet because there are no supplies of less contaminated feeds from the previous year it is possible to decrease level of ^{137}Cs activity by processing of milk into milk products. However, all processing methods do not produce desired protection effects, which can be seen on the example of butter or dried milk powder production.

If expected ^{137}Cs activity in fresh milk is 245 Bq/kg than:

Processing into butter: Fr = 0.01 and Pe = 0.04
 Total effect of butter production is: Fr/Pe = 0.01/0.04 = 0.25
 ^{137}Cs activity in butter is: 245 Bq/kg \times 0.25 = 61.2 Bq/kg

Processing into dried milk powder: Fr = 1 and Pe = 0.12

Total effect of dried milk production is: Fr/Pe = 1/0.12 = 8.3
 ^{137}Cs activity in dried milk is: 245 Bq/kg \times 8.3 = 2033.5 Bq/kg

As can be observed the milk processing into butter secures high level of protection while milk drying and production of milk powder cannot be recommended since it increases the ^{137}Cs concentration.

врнежи. Исхраната на фармите во летниот период во најголем дел е базирана на свежа луцерка (22,5кг).

За високата активност на дневниот оброк (30985 Bq/d) за молзни крави најмногу допринесува исхраната со зелена луцерка (1209 Bq/d свежа мостра). Со замена на висококонтраминирана луцерка со помалку контраминирани хранива (сено, силажа од пченка од предходната година) може да се состави оброк со активност од 298 Bq/d, 104 пати помала.

За високата активност на дневниот оброк (30985 Bq/d) кај молзните крави најмногу допринесува исхраната со зелена луцерка (1209 Bq/d свежа мостра). Заменувајќи ја висококонтраминираниот луцерка со помалку контраминирана храна (сено, силажа од пченка од претходната година) може да се состави оброк со активност од 298 Bq/d, 104 пати помала.

Проценка на активносџа на ^{137}Cs во кравјето млеко

- Вкупна активност на ^{137}Cs во дневниот оброк е 30985 Bq/d

- Коефициентот на премин (Кр) ^{137}Cs од храна во кравјо млеко е 0,0079 д/кг

- Очекувана активност ^{137}Cs во 1 кг млеко е 30985 Bq/d \times 0,0079 д/кг = 244,8 Bq/kg

- Вкупна активност ^{137}Cs во корежираниот оброк е 298 Bq/d

- Коефициентот на премин (Кр) ^{137}Cs од храна во кравјо млеко е 0,0079 д/кг

- Очекувана активност ^{137}Cs во 1 кг млеко е 298 Bq/d \times 0,0079 д/кг = 2,3 Bq/kg

Во случај да не може да се направи корекција на оброкот поради недостаток на помалку контраминирана храна од предходната година можно е да се намали нивото на активност на ^{137}Cs со преработка на млекото во млечни производи. Меѓутоа, сите постапки на преработката не даваат позитивни ефекти на заштита што може да се види од примерите на преработката на млеко во маслец или во млеко во прав.

Balancing the diet for fattening cattle

Diet balancing for fattening cattle as a rule is simpler than for cows because they are less demanding. In this example the diet balancing for fattening cattle with body mass of 300 kg, where feeding is based on fresh roughage. Feed activity and diet analysis and correction are shown in Table 4.

In the diet for fattening cattle the highest contamination comes from fresh lucerne (1600 Bq/kg). Since cattle consume 7 kg of lucerne per day, total diet activity was 11237 Bq/d. With the decrease of lucerne amount and substitution with lucerne hay and maize silage from the previous year the diet with significantly lower activity can be achieved, below 282 Bq/d. At the same time animal requirements are met while ^{137}Cs activity is reduced by 40 times.

Ако очекуваната активност ^{137}Cs во свежо млеко е 245 Bq/kg:

Преработка во маслец: $\text{Fr} = 0,04$

Вкупниот ефект на преработката во маслец е: $\text{Fr}/\text{Pe} = 0,01/0,04 = 0,25$

Активноста на ^{137}Cs во маслецоот изнесува: $245 \text{ Bq/kg} \times 0,25 = 61,2 \text{ Bq/kg}$

Преработка во млеко во прав: $\text{Fr} = 1$; $\text{Pe} = 0,12$

Вкупен ефект од преработката на млекото во млеко во прав = $\text{Fr}/\text{Pe} = 1/0,12 = 8,3$

Активноста на ^{137}Cs во млекото во прав изнесува: $245 \text{ Bq/kg} \times 8,3 = 20033,5 \text{ Bq/kg}$

Како што може да се види преработката на млеко во маслец има висок ефект на заштита додека преработката во млеко во прав не може да се препорача бидејќи доаѓа до концентрирање на ^{137}Cs во овој производ.

Составување на оброк за јунци во џов

Составувањето на оброк за јунците во тој, по правило е поедноставно од колку за кравите бидејќи нивните барања се помали кои се поставуваат за оброк на оваа категорија на говеда. Во овој пример прикажано е соста-

Requirements		SV	CP (g)	DM (kg)		
300 kg	Total	3.70	475	6.5 - 7.0		
Diet analysis						
Feeds	Amount (kg)	SV	CP (g)	DM (kg)	Am (Bq/kg)	At (Bq)
Lucerne fresh	7.0	0.82	236	1.75	1600	11200
Maize silage	3.0	0.47	40	0.83	9.5	28.5
Maize grain	2.9	2.36	192	2.52	3.0	8.7
Total		3.70	481	5.19	-	11237.2
Diet correction						
Feeds	Amount (kg)	SV	CP (g)	DM (kg)	Am (Bq/kg)	At (Bq)
Lucerne hay	0.5	0.15	49	0.43	300	150
Maize silage	13.0	2.02	172	3.58	9.5	123.5
Maize grain	1.5	1.22	99	1.31	3.0	4.5
Sunflower meal	0.5	0.29	143	0.45	8.1	4.1
Total		3.73	476	5.86	-	282.1

ABBREVIATIONS (КРАТЕНКИ): SV - starch value (скробна вредност, скробна единица); CP - crude protein (сирови протеини); DM - dry matter (сува материја); Am - mass activity (масна активност); At - total activity (вкупна активност)

Table 4. Analysis and correction of the diet for fattening cattle

Табела 4. Анализа и корекција на оброк за јунци во џов

The evaluation of ^{137}Cs activity in meat

- Total ^{137}Cs activity in the diet is 11237 Bq/d
- Transfer coefficient (Ct) from feed to cattle meat is 0.05 d/kg
- Expected ^{137}Cs activity in 1 kg of meat is $11237 \text{ Bq/d} \times 0.05 \text{ d/kg} = 561.85 \text{ Bq/kg}$
- Total ^{137}Cs activity in the corrected diet is 282 Bq/d
- Transfer coefficient (Ct) from feed to meat is 0.05 d/kg
- Expected ^{137}Cs activity in 1 kg of milk is $298 \text{ Bq/d} \times 0.05 \text{ d/kg} = 14.1 \text{ Bq/kg}$

CONCLUSION

Diet balancing as the method for radiation protection in domestic animals can achieve high level of protection in cases of alimentary contamination. This method can substantially reduce contamination of diets used for cow feeding.

Transfer coefficient (Ct) gives a good illustration how feeding with highly contaminated feeds contributes to high expected value of ^{137}Cs activity in milk (245 Bq/kg) or meat (561.85 Bq/kg). In case of corrected feeding the expected ^{137}Cs activity is 104 times lower in milk and 40 times in meat in circumstances explained in this paper.

By processing milk into products with high percentage of milk fat (butter) it is possible to reduce ^{137}Cs activity by 4 times, while production of dried milk powder increases ^{137}Cs activity by 8 times.

вувањето на оброк за јунците во тов со телесна маса 300 кг, исхраната е заснована на зелена кабата храна. Опишани се хранива кај кои активноста на ^{137}Cs и анализата и корекцијата на оброкот се прикажани во табелата 4.

Во оброкот за јунци најголемо оптеретување представува зелената луцерка (1600 Bq) Бидјќи јунците конзумираат луцерка во дневна количина од 7 кг вкупната активност на оброкот е 11237 Bq. Со смалувањето на учеството на оваа храна заменувајќи ја со сено од луцерка и силажа од пченка од предходната година, може да се состави оброк со многу пониско ниво на активноста на ^{137}Cs од 282 Bq. При тоа се задоволени потребите за тов а активноста на ^{137}Cs е смалена околу 40 пати.

Процена на активноста на ^{137}Cs во месо

- Вкупна активност на ^{137}Cs во дневниот оброк е 11237 Bq/d
- Коеф. на премин (**Kp**) ^{137}Cs од храна во јунешко месо е 0,05 д/кг
- Очекувана активност ^{137}Cs во 1 кг млеко е $11237 \text{ Bq/d} \times 0,05 \text{ d/kg} = 561,85 \text{ Bq/kg}$
- Вкупна активност ^{137}Cs во дневниот оброк е 282 Bq/d
- Коеф. на премин **Kp** = 0,05 д/кг
- Очекувана активност ^{137}Cs во 1 кг месо е $282 \text{ Bq/d} \times 0,05 \text{ d/kg} = 14,1 \text{ Bq/kg}$

ЗАКЛУЧОК

Со составувањето на оброк како метода на радијациона заштита на домашните животни може да се постигне висок ефект на заштита во случај на алиментарна контаминација. Со оваа постапка активноста во оброкот за исхрана на кравите е намален околу 104 пати а кај јунците во тов 40 пати.

Коефициентот на премин е добар индикатор како исхраната со висококонтаминиран оброк допринесува кон високата очекувана активност ^{137}Cs во млеко (245 Bq/kg) и во месо (561,85 Bq/kg). Во случај на коригирана исхрана очекуваната активност ^{137}Cs во млекото е помала 106 а во месото 40 пати.

Со постапката на преработка на млекото во производи со голем содржај на млечна маст (маслец) активноста на ^{137}Cs се намалува за 4 пати додека со преработка во млеко во прав активноста се зголемува за 8 пати.

REFERENCES

1. **Draganovic B.**, Vitorovic Gordana (1990): Radioaktivne supstancije u sirovinama i namirnicama animalnog porekla. *Hrana i Ishrana*, No. 2-3, (91), 145-148.
 2. Radioaktivnost životne sredine u Srbiji (1988): Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr D. Karajovic", Beograd.
 3. **Stankovic Slobodanka**, Kraincevic M. (1990): *Hrana i Ishrana*, 2-3, 171-173.
 4. **Pavlicevic A.**, Grubic G., Jokic Ž. (1995): Praktikum za ocenu hranljive vrednosti hraniva i balansiranje obroka za ishranu domacih životinja. Poljoprivredni fakultet - Zemun.
 5. **Sinovec Z.**, Šefkovic N. (1995): Praktikum iz ishrane. Beograd.
 6. **Gordana Vitorovic**, Grubic G., Sinovec Z. (1997): Organizacija rada veterinara i mere zaštite na radioaktivno kontaminiranom području. Praktikum iz radijacione higijene. II deo. Fakultet veterinarske medicine, Beograd.
 7. **Vitorovic Gordana**, Draganovic B., Grubic G., Vitorovic D. (1994): Sastavljanje obroka za mlecne krave kao metod radijacione zaštite u akcidentalnim uslovima. *Veterinarski glasnik*, Vol. 48, Br. 11-12, 1015-1019
 8. **Vitorovic Gordana**, Grubic G., Draganovic B., Vitorovic D. (1996): The alternatives for dairy cow feed-ing during increased radiocontamination. *Macedonian Veterinary Review.*, vol. 24, No.1-2, 65-68
 9. **IAEA** (1994): Handbook of parameter values for the predictin of radionuclide transfer in temperate environ-ments.
-