DOI: 10.21870/0131-3878-2019-28-4-88-95

УДК 636.2/.3:539.1.047:637.128

Зависимость молочной продуктивности от параметров внешнего облучения и исхода лучевого поражения сельскохозяйственных животных

Саруханов В.Я., Кобялко В.О., Епимахов В.Г.

ФГБНУ ВНИИ радиологии и агроэкологии, Обнинск

Гибель облучённых животных отражает тяжесть радиационного поражения, что может быть использовано для оценки продуктивности сельскохозяйственных животных. В связи с этим цель настоящего исследования состояла в определении зависимости молочной продуктивности сельскохозяйственных животных от тяжести лучевой болезни путём обобщения и анализа экспериментальных данных, полученных на лактирующих животных. Анализируя экспериментальные данные, полученные при двустороннем γ -облучении лактирующих коров и коз в дозах, вызывающих лучевое поражение различной степени тяжести, сделан вывод о том, что тяжесть лучевой болезни влияет на их молочную продуктивность. При лучевой болезни лёгкой степени удой и качество молока практически не изменяются. Радиационное поражение средней степени (гибель 10-15%) может привести к снижению удоя на 8-20%. Однако у таких животных возможно развитие субклинического и геморрагического маститов, что может быть причиной снижения качества молока. Снижение удоя с первых суток после радиационного воздействия до полного его прекращения в разгар болезни наблюдается при лучевом поражении тяжёлой степени (гибель до 100%). Изменение качества молока не позволяет его использовать для пищевых целей. Таким образом, для прогноза минимальных потерь молочной продуктивности необходимо определить параметры облучения, вызывающие 15% гибель животных. Так как рассчитанные значения LD_{15} для овец и коз с живой массой 40-45 кг оказались близки по величине, предложено использовать зависимость гибели овец от интенсивности излучения, полученной на животных с аналогичной живой массой и облучённых в диапазоне мощностей доз от 0,02 до 6,6 Гр/ч. Зависимость гибели облучённых овец от дозы и интенсивности тотального облучения справедлива в диапазоне мощностей доз от 0,02 до 6,6 Гр/ч, а такой радиационный фон может регистрироваться на радиоактивно загрязнённых территориях.

Ключевые слова: коровы, козы, овцы, продуктивность, лактация, чрезвычайные ситуации, γ -облучение, лучевая болезнь, гибель животных, маститы, качество молока.

Введение

В результате применения ядерного оружия и при чрезвычайных ситуациях на предприятиях ядерного топливного цикла продуктивные животные подвергаются воздействию ионизирующих излучений, что может привести к изменению физиологического статуса организма и, как следствие этого, к снижению качества и количества продукции животноводства. Для минимизации доз внутреннего облучения ограничивают выпас животных и при стойловом содержании они подвергаются только тотальному γ -облучению. В этом случае первостепенное значение приобретает оценка их потенциальной продуктивности с учётом полученной дозы ионизирующей радиации и определение целесообразности дальнейшего хозяйственного использования [1]. Результатом тотального облучения животных может быть лучевая болезнь различной степени тяжести. При лучевой болезни лёгкой степени гибели животных, как правило, не наблюдается, а лучевое поражение характеризуется только изменениями в системах кроветворения и иммунобиологической реактивности организма. Гибель при лучевой болезни средней степени

Саруханов В.Я.* – ст. научн. сотр., к.б.н.; Кобялко В.О. – вед. научн. сотр., к.б.н.; Епимахов В.Г. – ст. научн. сотр., к.б.н. ФГБНУ ВНИИРАЭ.

*Контакты: 249032, Калужская обл., Обнинск, Киевское шоссе, 109-й км. Тел.: 89056402821; e-mail: sarukhanov.vladimir@yandex.ru.

тяжести не превышает 10-20%, тогда как при лучевом поражении тяжёлой степени могут погибнуть все облучённые животные, а повреждения в критических системах носят более выраженный характер. Таким образом, интегральным показателем биологической эффективности ионизирующих излучений является гибель облучённых животных, которая отражает тяжесть лучевого поражения и зависит от дозы и мощности тотального радиационного воздействия [2, 3]. Нами определены параметры кривой гибели облучённых животных, что позволяет судить о тяжести лучевого поражения в зависимости от дозы и мощности тотального облучения [4]. Изучение мясной продуктивности в зависимости от тяжести лучевого поражения показало, что качество мяса животных в латентный период острой лучевой болезни не отличается от мяса необлучённых сельскохозяйственных животных. Потери живой массы при лучевой болезни средней и тяжёлой степени жвачных животных значительно не различаются [5, 6]. В то же время вопрос о потерях молочной продуктивности животных в зависимости от тяжести лучевого поражения изучен недостаточно. В литературе имеются единичные экспериментальные данные, посвящённые этому вопросу, а он представляет практический интерес. В связи с этим цель настоящего исследования состояла в определении зависимости молочной продуктивности сельскохозяйственных животных от тяжести лучевой болезни путём обобщения и анализа экспериментальных данных, полученных на лактирующих животных.

Материалы и методы

Для оценки зависимости молочной продуктивности сельскохозяйственных животных от степени тяжести лучевой болезни были использованы экспериментальные данные, полученные при остром двустороннем облучении 17 коров и 12 контрольных животных. Все животные были клинически здоровы, получали полноценный рацион и содержались в условиях вивария [7-9]. Схема экспериментов на коровах представлена в табл. 1.

Таблица 1

Схема экспериментов на коровах

Количество животных	Источник излучения	Мощность дозы, Гр/ч	Доза облучения, Гр
5	^{137}Cs	1,0	1,0
5	Контроль		
8	^{60}Co	0,3	3,5
4	^{60}Co	0,3	6,0
7	Контроль		

Кроме того, в исследовании использовали данные, полученные на лактирующих козах, облучённых в диапазоне доз от 1 до 4 Гр (источник ^{60}Co) [10, 11]. Дозу радиационного воздействия (LD_{15}) рассчитывали с помощью программы Probit analysis 2006, используя экспериментальные данные, полученные на 86 козах и 118 овцах с живой массой $40,0 \pm 5,0$ кг (мощность дозы 4,5 Гр/ч) [12, 13].

Результаты и обсуждение

Облучение коров в дозе 1 Гр не приводило к клиническому проявлению лучевой болезни. Лучевое поражение характеризовалось только незначительным изменением концентрации лейкоцитов в крови. Лактация и живая масса животных изменялись незначительно по сравнению с

контрольными значениями. При облучении коров в дозе 3,5 Гр наблюдалось снижение концентрации лейкоцитов в крови на 20-70%, однако живая масса подопытных животных значительно не изменялась. Гибель животных составила около 14,0%. По клинико-гематологическим показателям была диагностирована лучевая болезнь средней степени тяжести. Суточные удои в первую неделю снизились на 15-20%, а в последующие сроки исследования имело место незначительное снижение лактации (не более чем на 8%) по сравнению с контрольными животными. Содержание жира и сухого обезжиренного молочного остатка колебалось на уровне контрольных значений. Органолептические показатели молока также не нарушались. Только у одной коровы в разгар болезни наблюдались клинические признаки геморрагического мастита [7]. Увеличение дозы до 6,5 Гр приводило к гибели всех экспериментальных животных в течение 20 суток. В течение первых суток лактация снизилась на 30%. В последующие сроки исследования, с 5 по 15 сутки, наблюдалось монотонное снижение лактации. Продукция молока к окончанию исследования перед гибелью животных полностью прекратилась (рис. 1). По органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям молоко было непригодно для потребления во все сроки исследования [4].

Рис. 1. Молочная продуктивность облучённых коров.

Аналогичные результаты были получены в эксперименте на лактирующих козах. При лучевой болезни лёгкой степени (доза облучения 1 Гр) не наблюдалось гибели животных, снижения удоя и изменения органолептических, физико-химических и микробиологических показателей молока. При облучении в дозе 2 Гр надои снижались на 15-20% по сравнению с контрольными животными, а органолептические, физико-химические и микробиологические показатели молока находились в пределах контрольных значений. Облучение коз в дозе 4 Гр приводило к развитию лучевой болезни тяжёлой степени с гибелью всех подопытных животных. Со вторых суток после облучения изменились цвет и запах молока, а также имело место его сгущение, то есть изменялись его органолептические и физико-химические свойства. Лактация уже в первые сутки после облучения в летальной дозе уменьшалась на 30%. В последующие сроки исследования имело место снижение этого показателя в 1,5-2 раза. Перед гибелью продукция молока полностью прекратилась (рис. 2).

Рис. 2. Молочная продуктивность облученных коз.

Анализ экспериментальных данных показал, что снижение лактации жвачных животных (коровы, козы) зависит от тяжести лучевого поражения организма, выражением которой может быть показатель гибели облученных животных. Следовательно, для прогноза минимальных потерь молочной продуктивности необходимо определить параметры облучения, вызывающие потенциальную гибель 15% животных. В нашей работе было установлено, что гибель облученных животных в значительной степени зависит от параметров облучения и живой массы животных, которая отражает физиологическое состояние животных [2, 4, 10, 14]. Овцы и козы являются жвачными животными и имеют аналогичные физиологические показатели. Это подтверждается рассчитанными значениями $LD_{15/60}$, при которой снижение молочной продуктивности может быть минимальным. Величина значений этого показателя для коз и овец (с аналогичной живой массой) оказалась схожей и составила 2,02 (1,82-2,17) и 2,12 (1,9-2,35) Гр (мощность дозы 4,5 Гр/ч). Это даёт основание предположить, что зависимость гибели облученных овец (живая масса $40,0 \pm 5,0$ кг) от параметров облучения можно использовать для прогноза потерь молочной продуктивности коз с аналогичной живой массой. Зависимость гибели облученных овец от дозы и интенсивности тотального облучения справедлива в диапазоне мощностей доз от 0,02 до 6,6 Гр/ч. Следовательно, её можно использовать на территориях с радиационным фоном 0,02 Гр/ч и более, который может регистрироваться на радиоактивно загрязнённых территориях.

Заключение

Таким образом, молочная продуктивность жвачных животных (коровы, козы) зависит от тяжести лучевого поражения организма, выражением которой может быть гибель облученных животных. При лучевой болезни лёгкой степени гибели, как правило, не наблюдается, а лактация, также как и качество молока, не изменяются. Радиационное поражение средней степени тяжести (вероятная гибель до 15%) сопровождается снижением лактации на 20%. Качество молока при лучевой болезни средней степени в ряде случаев может снижаться за счёт развития

геморрагического и субклинического маститов. Радиационное поражение тяжёлой степени характеризуется монотонным снижением лактации до полного её прекращения, а молоко непригодно для пищевых целей. Следовательно, проведённые исследования показывают, что изменение молочной продуктивности может быть критерием тяжести лучевого поражения при тотальном облучении животных. Таким образом, для прогноза минимальных потерь молочной продуктивности необходимо определить параметры облучения, вызывающие 15% гибель животных. Дозы радиационного воздействия, которые могут привести к минимальным снижениям лактации, без значительного изменения качества молока ($LD_{15/60}$) для коз и овец имеют аналогичные значения. Нами были рассчитаны параметры зависимости гибели облучённых овец от дозы и интенсивности тотального облучения, которая справедлива в диапазоне мощностей доз от 0,02 до 6,6 Гр/ч. Следовательно, зависимость гибели овец от параметров облучения можно использовать для оценки молочной продуктивности при тотальном облучении коз в диапазоне мощностей доз от 0,02 до 6,6 Гр/ч.

Литература

1. ВП 13.73.13-99. Государственная система ветеринарного нормирования Российской Федерации. Радиационная безопасность. Ветеринарные правила обеспечения радиационной безопасности животных и продукции животного происхождения. Общие положения. Ветеринарные правила (утв. и введены в действие Минсельхозпродом России 12.07.1999 г.). 5 с.
2. **Карташов П.А., Киршин В.А., Ильин В.Г., Бурба Л.Г., Песков П.Г., Голосной В.Т.** Лучевая болезнь сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1978. 271 с.
3. **Brown D.G., Thomas R.E., Jones L.P., Cross F.H., Sasmore D.P.** Dose studies with cattle exposed to whole-body Co-60 gamma radiation //Radiat. Res. 1961. V. 15, N 5. P. 675-683.
4. **Саруханов В.Я., Исамов Н.Н., Епимахов В.Г., Колганов И.М.** Количественная зависимость гибели овец от дозы и мощности дозы внешнего γ -излучения //Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50, № 5. С. 548-551.
5. **Сафонова В.Ю.** Биологическая оценка баранины, полученной от облучённых животных //Вестник Оренбургского государственного университета. 2004. № 9. С. 107-110.
6. **Сафонова В.Ю.** Санитарная и биологическая оценка свежей говядины, полученной от облучённых животных //Вестник Оренбургского государственного университета. 2008. № 81. С. 117-122.
7. **Анненков Б.Н., Асташева Н.П., Храмцова Л.К., Терес В.М.** Физиологическое состояние самок сельскохозяйственных животных, облучённых на разных стадиях беременности //Сб. докладов третьей Всесоюзной конференции по сельскохозяйственной радиологии, Т. 2. Обнинск, 1990. С. 168.
8. **Swanson E.W., Cragle R.G., Miller J.K.** Effects of irradiation upon lactation //J. Dairy Sci. 1965. V. 45, N 5. P. 563-568.
9. **Cragle H.G., Miller J.K., Swanson J.K.** Lactation and radionuclide metabolism responses of dairy cattle to lethal doses of gamma and neutron radiation //J. Dairy Sci. 1965. V. 48, N 7. P. 942-946.
10. **Ajello P., Racchuisa R., Composto G.** L'influenza dei raggi roentgen sulla secrezione lattea della capra //Atti della societa Italiano di scienze veterinarie. 1956. N 10. P. 171.
11. **Ajello P., Racchuisa R., Composto G.** L'influenza dei raggi roentgen sulla secrezione lattea della capra //Radiologia. 1956. N 12. P.1031.
12. **Taylor J.F., Still E.T., Page N.P., Leong G.F., Ainsworth E.J.** Acute lethality and recovery of goats after 1 MVp X-irradiation //Radiat. Res. 1971. V. 45, N 1. P. 110-126.
13. **Ainsworth E.J., Leong G.F., Menkes C.K., Alpen E.L.** Acute mortality and recovery studies in sheep irradiated with cobalt-60 gamma rays or 1-MVp X-rays //Radiat. Res. 1966. V. 27, N 3. P. 397-405.
14. **Саруханов В.Я., Конюхов Г.В., Колганов И.М.** Подход к оценке радиочувствительности свиней на основании живой массы с применением поправочного коэффициента //Сельскохозяйственная биология. 2014. № 2. С 78-83.

Impact of exposure of farm dairy animals to radiation of different parameters on severity of adverse health effects and milk production

Sarukhanov V.Ya., Kobyalko V.O., Yepimakhov V.G.

Russian Research Institute of Radiology and Agroecology (RIRAE), Obninsk

Radiation emergency is a matter of great public concern. There are a variety of radiation exposure scenarios, among them accidents at nuclear facilities, release of radioactive facilities and many other radiation incidents. Dairy animals make great contribution to people healthy diet providing milk, meat and other products for human use. Therefore, it is important to be aware about effects of radiation exposure on dairy animal health, milk production and reasonability of their economic use. The article presents results of evaluating impact of exposure of farm dairy animals to radiation of different parameters on their physical condition and milk production. The research was based on analysis of experimental data on exposure of lactating animals to doses that cause radiation sickness of different severity. According to obtained results milk production depends on radiation sickness severity. In case of mild radiation sickness, milk yield and the quality of milk, practically did not change. Among animals with radiation-induced abnormalities of average severity mortality was 10-15%, milk yield reduced by 8-20%. Some animals developed subclinical and haemorrhagic mastitis, which might cause reduction of milk production as well. In animals experienced the disease of high severity (100% mortality) the milk yield reduced on the first day following radiation exposure and the milk production was stopped in the disease course. The milk quality could not be used as food. The results of analysis allow making the following conclusion: in order for the loss of milk production to be minimum, it is necessary to estimate the parameters of radiation exposure that cause 15% mortality among animals. Since the calculated LD₁₅ for sheep and goats with a live weight of 40-45 kg are close in value, we propose to use the relationship between a sheep death and dose rate that previously was estimated for animals with the same live weight and exposed to radiation with dose rate ranged between 0.02 and 6.6 Gy/h. It is important to stress that parameters of radiation exposure, namely dose rate, affecting mortality of irradiated sheep, can be registered in radioactively contaminated areas.

Key words: cows, goats, sheep, productivity, lactation, emergency situations, gamma radiation, radiation sickness, animal death, mastitis, milk quality.

References

1. VP 13.73.13-99. State system of veterinary regulation of the Russian Federation. Radiation safety. Veterinary rules for ensuring radiation safety of animals and products of animal origin. Generalities. Veterinary regulations. Ministry of agriculture and food of Russia, 12.07.1999. 5 p. (In Russian).
2. Kartashov P.A., Kirshin V.A., Il'in V.G., Burba L.G., Peskov P.G., Golosnoj V.T. Radiation sickness of farm animals. Moscow, Kolos, 1978. 271 p. (In Russian).
3. Brown D.G., Thomas R.E., Jones L.P., Cross F.H., Sasmore D.P. Dose studies with cattle exposed to whole-body Co-60 gamma radiation. *Radiat. Res.*, 1961, vol. 15, no. 5. P. 675-683.
4. Sarukhanov V.Ya., Isamov N.N., Epimakhov V.G., Kolganov I.M. Quantitative dependence of sheep death on dose and dose rate of external gamma radiation. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya – Radiation biology. Radioecology*, 2010, vol. 50, no. 5, pp. 548-551. (In Russian).
5. Safonova V.Yu. The biological estimation of the mutton received from irradiated animals. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta – Bulletin of the Orenburg State University*, 2004, no. 9, pp. 107-110. (In Russian).
6. Safonova V.Yu. Sanitary and biological evaluation of fresh beef obtained from irradiated animals. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta – Vestnik Orenburg State University*, 2008, no. 81, pp. 117-122. (In Russian).

Sarukhanov V.Ya.* – Sen. Researcher, C. Sc., Biol.; Kobyalko V.O. – Lead. Researcher, C. Sc., Biol.; Yepimakhov V.G. – Sen. Researcher, C. Sc., Biol. RIRAE.

*Contacts: 109 km, Kievskoe Sh., Obninsk, Kaluga region, Russia, 249032. Tel.: +79056402821; e-mail: sarukhanov.vladimir@yandex.ru.

7. **Annenkov B.N., Astasheva N.P., Xramczova L.K., Teres V.M.** Physiological state of female farm animals irradiated at different stages of pregnancy. *Sb. dokladov 3 Vsesoyuznoj konferentsii po sel'skoxozyajstvennoj radiologii, Obninsk – Reports of the third all-union conference on agricultural radiology, Obninsk*. 1990, vol. 2, p. 168. (In Russian).
8. **Swanson E.W., Cragle R.G., Miller J.K.** Effects of irradiation upon lactation. *J. Dairy Sci.*, 1965, vol. 45, no. 5, pp. 563-568.
9. **Cragle H.G., Miller J.K., Swanson J.K.** Lactation and radionuclide metabolism responses of dairy cattle to lethal doses of gamma and neutron radiation. *J. Dairy Sci.*, 1965, vol. 48, no. 7, pp. 942-946.
10. **Ajello P., Racchuisa R., Composto G.** L'influenza dei raggi roentgen sulla secrezione latte della capra. *Atti della societa italiano di Scienze Veterinarie*, 1956, no. 10, p. 171.
11. **Ajello P., Racchuisa R., Composto G.** L'influenza dei raggi roentgen sulla secrezione latte della capra. *Radiologia*, 1956, no. 12, p. 1031.
12. **Taylor J.F., Still E.T., Page N.P., Leong G.F., Ainsworth E.J.** Acute lethality and recovery of goats after 1 MVp X-irradiation. *Radiat. Res.*, 1971, vol. 45, no. 1, pp. 110-126.
13. **Ainsworth E.J., Leong G.F., Menkes C.K., Alpen E.L.** Acute mortality and recovery studies in sheep irradiated with cobalt-60 gamma rays or 1-MVp X-rays. *Radiat. Res.*, 1966, vol. 27, no. 3, pp. 397-405.
14. **Sarukhanov V.Ya., Konyuchov G.V., Kolganov I.M.** Approach to estimation of radio sensitivity of pigs on the basis of live weight with application of correction coefficient. *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya – Agricultural Biology*, 2014, no. 2, pp. 78-83. (In Russian).