

4. Ёрсков, Э. Р. Протеиновое питание жвачных животных / Ё. Р. Ерсков ; под редакцией В. И. Георгиевского. – М. : Агропромиздат, 1985. – 183 с.
5. Изучение пищеварения у жвачных : методические указания / Н. В. Курилов [и др.] ; Всерос. науч.-исслед. ин-т физиологии и биохимии питания с.-х. животных. – Боровск, 1987. – 96 с.
6. Гибадуллина, Ф. С. Повышение эффективности использования протеина в рационах лактирующих коров / Ф. С. Гибадуллина // Кормопроизводство. – 2006. – № 8. – С. 30-31.
7. Долгов, И. А. Микрофауна рубца и ее роль в питании животных // Сельскохозяйственные животные: физиологические и биохимические параметры организма : справочное пособие / И. А. Долгов, С. И. Долгова ; под ред. В.Б. Решетов. – Боровск, 2002. – С. 50-71.
8. Иоффе, В. Б. Практика кормления молочного скота : пособие для зоотехников и заводящих ферм / В. Б. Иоффе. – Молодечно : Победа, 2005. – 164 с.
9. Коршунов, В. Н. Биосинтез микробного белка в рубце коров в зависимости от качества протеина / В. Н. Коршунов, Н. В. Курилов. – М., 1985. – 85 с.
10. Косолапов, В. Качество и эффективность кормов / В. Косолапов, А. Фицев, А. Гаганов // Животноводство России. – 2010. - № 11. – С. 50-52.
11. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве : учебное пособие / А. И. Овсянников. – М. : Колос, 1976. – 304 с.
12. Нормы кормления крупного рогатого скота : справочник / Н. А. Попков [и др.]. – Жодино : РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», 2011. – 260 с.
13. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики : справочник / И. П. Кондрахин [и др.] ; под ред. И. П. Кондрахина, 2004. – 520 с.

(поступила 11.03.2015 г.)

УДК 633.321:631.552.2

А.Г. ПОДОЛЯК, А.Ф. КАРПЕНКО, Т.В. ЛАСЬКО

## **ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ НА ЗООТЕХНИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО КОРМОВ И МИГРАЦИЮ РАДИОНУКЛИДОВ**

РНИУП «Институт радиологии»

На основании трёхлетних исследований установлено, что при залужении многолетними злаковыми травами сенокосов на низинных торфяно-болотных почвах с низким содержанием фосфора, калия и загрязнённых радионуклидами наиболее эффективно вносить минеральные удобрения в дозах: азотные – 60 кг/га д.в., фосфорные – 60-90 кг/га д.в., калийные – 180-240 кг д.в. и медные – 200 г/га. При данной системе удобрений получена наиболее высокая урожайность многолетних трав, наименьшие параметры перехода радионуклидов в растения и оптимальные показатели зоотехнического качества кормов.

**Ключевые слова:** торфяно-болотные почвы, удобрения, радионуклиды, питательность кормов.

## EFFECT OF FERTILIZERS SYSTEM ON ZOOTECHNICAL QUALITY OF FEEDS AND RADIONUCLIDE MIGRATION

Research Institute of Radiology

Three-year experiment helped to determine that most effective rates of mineral fertilizers applied when grassing hayfields with perennial grasses on lowland peat-bog soils low in phosphorus and potassium and contaminated with radionuclides. According to the study results, the most effective is application of 60 kg/ha of nitrogen fertilizers, 60-90 kg/ha of phosphorus fertilizers, 180-240 kg of potash and 200 g/ha of copper. These rates have proved to give the highest yields of perennial grasses, the lowest levels of radionuclide transfer from soil to plants and the best zootechnical quality of forages.

**Key words:** peat-bog soils, fertilizers, radionuclides, feed nutrition.

**Введение.** В получении максимальной продуктивности животных большое значение имеет питательная ценность используемых кормов. О ней можно судить на основании данных о содержании в корме сухого вещества и его химическом составе. Низкое качество травяных кормов является важным сдерживающим фактором повышения продуктивности отрасли животноводства. Поэтому в зоне радиоактивного загрязнения актуальной является разработка эффективных агрохимических мер, учитывающих особенности почв и их загрязнение, для получения нормативно чистых питательных кормов [1, 2, 3].

Торфяные почвы различных типов и с разной мощностью торфа в настоящее время занимают 754 432 га, из них на сенокосы и пастбища приходится 518 064 га, или 25,9 % общей площади сенокосов и пастбищ. Под пашней находится 236 368 га торфяно-болотных почв, или 5,2 % от общей площади пашни. В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС более 500 тыс. га торфяно-болотных почв подвержено загрязнению радионуклидами [4, 5, 6].

По результатам последнего тура агрохимического и радиологического обследования отмечено снижение содержания в почвах фосфора и калия, особенно на сенокосах и пастбищах. Низко- и слабообеспеченные подвижным калием почвы (<400 мг/кг) занимают: в Гомельской области – 71,5 %, Брестской – 72,4 % и Могилёвской – 86,1 % от общей площади всех сенокосов и пастбищ. Однако основная доля растениеводческой продукции и кормов, не отвечающих требованиям РДУ, производится именно на почвах данного типа [7].

Анализ результатов экспериментальных исследований свидетельствует о том, что наибольший радиэкологический эффект от применения защитных мероприятий на торфяно-болотных почвах даёт внесение повышенных доз калийных удобрений на фоне сбалансированного азотного и фосфорного питания, с применением микроудобрений

и известкования [8].

Цель исследований заключалась в подборе системы применения удобрений, способствующей максимальной продуктивности трав и их зоотехническому качеству, а также минимальному накоплению радионуклидов.

**Материал и методика исследований.** В СПК «Оборона» Добрушского района Гомельской области на протяжении 2008-2010 годов проводился полевой эксперимент на торфяно-болотной маломощной почве для разработки защитных мероприятий. Почва опытного участка низинная торфяно-болотная маломощная (0,8-1,0 м), подстилаемая песком. Торф древесно-осоковый с зольностью 17,6 %, плотность загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  – 369 кБк/м<sup>2</sup> (10 Ки/км<sup>2</sup>),  $^{90}\text{Sr}$  – 14,0 Бк/м<sup>2</sup> (0,38 Ки/км<sup>2</sup>). Исходные средние агрохимические показатели почвы: рН<sub>KCl</sub> – 5,38, К<sub>2</sub>O – 300 мг/кг, Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 202 мг/кг, СаО – 1349, MgO – 524 мг/кг почвы, сумма поглощённых оснований – 93,7 ммоль/100 г почвы, содержание меди – 7,4 мг/кг почвы. Общая площадь делянки – 18 м<sup>2</sup>, учётная – 10 м<sup>2</sup>. Состав травосмеси: костреч безостый – 14 кг/га, овсяница луговая и тимофеевка луговая – по 6 кг/га.

Предшественник – редька масличная. В соответствии со схемой полевого эксперимента проводилось изучение накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в контрольном варианте без удобрений, в варианте с удобрениями в дозе N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> (минимальные дозы удобрений), в вариантах на фоне N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> с медными удобрениями и различными дозами и соотношениями минеральных удобрений. В 20 вариантах (4 повторности) испытаны дозы азота 30, 60, 90 кг/га, дозы фосфора – 60 и 90 кг/га, калия – 120, 180 и 240 кг/га в различных сочетаниях в двух блоках – с известкованием 3 т/га СаСО<sub>3</sub> и без известкования. Подготовка проб почвы и растительных образцов к анализу производилась по общепринятым методикам.

**Результаты эксперимента и их обсуждение.** На основании проведённых полевых опытов было установлено, что внесение удобрений в дозах N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>+Cu<sub>200г/га</sub> привело к росту урожая в 2,4 раза (прибавка составила 53,3 ц/га) (таблица 1).

Дополнительное внесение азота в дозе 30 кг/га д.в. способствовало повышению урожая на 12,3 ц/га. Увеличение дозы азота ещё на 30 кг/га д.в. на фоне N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>+Cu<sub>200г/га</sub> оказало незначительное влияние на продуктивность трав, прибавка составила 4,5 ц/га. Следовательно, повышение дозы азота выше 60 кг/га д.в. нецелесообразно, так как не рентабельно. Применение высоких доз фосфорных удобрений нерентабельно в связи с низкой прибавкой урожая и невысокой её стоимостью, которая не окупает затраты на приобретение удобрений.

Таблица 1 – Влияние системы применения минеральных удобрений на урожайность сена многолетней злаковой травосмеси на торфяной почве

Доза удобрений	Урожайность ц/га				Прибавка, ц/га
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Среднее за 3 года	
Без удобрений	49,2	45,2	17,9	37,4	-
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	86,3	95,4	75,9	85,9	48,5
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> +M/э	88,4	104,8	78,8	90,7	53,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> +M/э	100,8	122,8	85,3	103,0	65,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> +M/э	103,3	128,2	91,1	107,5	70,1
<b>N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub>+M/э</b>	<b>118,5</b>	<b>118,0</b>	<b>100,5</b>	<b>112,3</b>	<b>74,9</b>
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>240</sub> +M/э	117,7	131,6	106,2	118,5	81,1
HCP <sub>0,05</sub>	5,6	5,0	3,3	4,6	

Прибавка урожая от доз калийных удобрений в дозах 60 и 120 кг/га д.в. на фоне N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>+M/э составила 74,9 и 81,1 ц/га соответственно. Более высокие дозы калийных удобрений увеличивают непроизводительные потери калия, повышают содержание калия в травах, происходит существенный сдвиг соотношения в кормах двухвалентных и одновалентных катионов, что заметно ухудшает их качественные показатели. Как показали исследования, на торфяно-болотных почвах оптимальным соотношением между фосфором и калием в питательном растворе для многолетних трав является от 1:1,5 до 1:2

На торфяных почвах растения часто ощущают недостаток меди, особенно её подвижных форм, поэтому хорошие результаты даёт внесение медных удобрений в виде некорневых подкормок. При правильном применении микроудобрений с учётом их содержания в почве урожайность сена многолетних трав при использовании меди в дозе 200 г/га повышается, прибавка урожая составила 5,7 ц/га.

Снижение урожайности сена злаковых трав в 2010 году обусловлено неблагоприятными засушливыми погодными условиями, которые особенно сказались на продуктивности второго укоса.

В настоящее время считается целесообразным на сенокосно-пастбищных землях на торфяных почвах, загрязнённых <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr, применять азотные удобрения в составе полного минерального удобрения со значительным преобладанием калия. Установлено, что с увеличением дозы азотных удобрений от 30 до 60 и 90 кг/га д.в. на фоне фосфорно-калийных в сене накапливается большее количество нитратов и усиливается накопление <sup>137</sup>Cs в 1,2-1,4 раза (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений на поступление  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в сено злаковой травосмеси на торфяной маломощной почве (среднее за 3 года)

Вариант	Кп $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг:кБк/м <sup>2</sup>	Кратность снижения $^{137}\text{Cs}$ , раз	Кп $^{90}\text{Sr}$ Бк/кг:кБк/м <sup>2</sup>	Кратность снижения $^{90}\text{Sr}$ , раз
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	3,7±0,3	-	2,6±0,3	-
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{120}+\text{M}/\text{э}$	3,4±0,2	1,1	2,5±0,2	1,1
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{120}+\text{M}/\text{э}$	4,5±0,4	0,8	2,9±0,1	0,9
$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{120}+\text{M}/\text{э}$	5,1±0,4	0,7	3,1±0,2	0,8
<b><math>\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{180}+\text{M}/\text{э}</math></b>	<b>2,1±0,3</b>	<b>1,8</b>	<b>2,0±0,1</b>	<b>1,3</b>
$\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{240}+\text{M}/\text{э}$	1,6±0,1	2,2	1,8±0,1	1,4
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{120}+\text{M}/\text{э}$ +CaCO <sub>3</sub>	3,1±0,3	1,2	2,4±0,2	1,1

\* Кп–коэффициент перехода

Внесение фосфорных удобрений в дозе 90 кг/га д.в. под злаковую травосмесь на торфяной почве снижает величину накопления  $^{137}\text{Cs}$  в 1,2 и  $^{90}\text{Sr}$  в 1,1 раза. Учитывая дефицит фосфорных удобрений и их высокую себестоимость, рекомендуется на загрязнённых торфяных землях обеспечить внесение минимума фосфорных удобрений, необходимого для сбалансированного питания травостоев с учётом содержания подвижных форм фосфора в почве.

С повышением количества калия в почве или питательной среде снижается поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растения. Это связано с антагонистическим характером отношения цезия и калия в почвенном растворе и позитивным влиянием последнего на урожай, особенно на низкообеспеченных калием почвах. На слабообеспеченной калием (300 мг/кг почвы) торфяной почве с сеяной злаковой травосмесью повышение доз калийных удобрений от 120 до 180 и 240 кг/га д.в. позволяет значительно снизить коэффициент перехода  $^{137}\text{Cs}$ . Так, на фоне  $\text{N}_{60}\text{P}_{90}$  увеличение дозы калия от 120 до 180 кг/га д.в. Кп  $^{137}\text{Cs}$  уменьшается в 1,7 раз, доведение калия до 240 кг/га д.в. снижает переход в 2,2 раза. Снижение содержания  $^{90}\text{Sr}$  незначительно – до 1,2 раза.

В зоне радиоактивного загрязнения торфяных почв применение микроудобрений приобретает особую значимость, так как основными формами микроудобрений являются сульфаты, катионы которых могут быть антагонистами радионуклидов стронция и цезия при поступлении их в растения. Применение сульфата меди в дозе 200 г/га в виде некорневой подкормки с многолетними злаковыми травами позволяет снизить Кп  $^{137}\text{Cs}$  на 10 %, Кп  $^{90}\text{Sr}$  уменьшился в 1,1 раза.

Проведение поддерживающего известкования в дозе 3 т/га CaCO<sub>3</sub> на фоне  $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{120}+\text{M}/\text{э}$  привело к незначительному снижению накоп-

ления  $^{137}\text{Cs}$  в сене – в 1,2 раза,  $\text{Kп } ^{90}\text{Sr}$  снизился с 2,5 до 2,4.

Совместное внесение дополнительных доз азота (30 кг/га д.в.), фосфора (30 кг/га д.в.) и калия (60 и 90 кг/га д.в.) на фоне  $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{м/э}$  позволило снизить КП  $^{90}\text{Sr}$  с 2,5 до 2,2 и 1,9 соответственно.

Анализ значений коэффициентов перехода  $^{90}\text{Sr}$  за три года показал, что накопление радионуклида злаковыми травами в первый год пользования было выше, чем во второй и третий.

Питательность кормов оценивается согласно ГОСТ 4808-87, по которому содержание сырого протеина в сухом веществе злаковых трав должно составлять не менее 8-10 %, содержание клетчатки – не более 28-30 %, калия – 1,2-2,5 %, а отношение калия к сумме кальция и магния – 2,2-2,4. В вариантах эксперимента содержание сырого протеина колебалось от 9,5 до 14,7 %, что соответствовало стандарту (таблица 3).

Таблица 3 – Зоотехнические показатели сена многолетних злаковых трав (среднее за 2008-2010 гг.)

Вариант	Сырые		К	Ca	Mg	$\frac{\text{К}}{\text{Ca+Mg}}$	Нитраты мг/кг
	клетчатка	протеин					
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	36,5	11,6	2,5	0,57	0,21	3,2	477
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{м/э}$	32,0	10,7	2,5	0,52	0,18	3,6	536
<b><math>\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{180} + \text{м/э}</math></b>	<b>30,2</b>	<b>11,1</b>	<b>2,6</b>	<b>0,75</b>	<b>0,33</b>	<b>2,4</b>	<b>651</b>
$\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{240} + \text{м/э}$	33,3	11,8	2,6	0,64	0,35	2,6	865

Наилучшие показатели зоотехнического качества сена отмечены в варианте  $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{180} + \text{м/э}$ , где содержание сырого протеина составило 10,3 %, сырой клетчатки – 30,1 % и обменной энергии – 0,65 к. ед. в 1 кг сухого вещества, а также содержание нитратов в корме находилось в пределах допустимого уровня (до 1000 мг/кг).

Содержание клетчатки в более 50 % вариантов опыта превышало оптимальные показатели, калий в сене находился в оптимальном диапазоне, соотношение  $\text{K}/(\text{Ca} + \text{Mg})$  в большинстве вариантов отклонялось от рекомендуемого в сторону увеличения, показатели нитратов в сене находились в пределах допустимого уровня в кормах. Следовательно, содержание сырого протеина, сырой клетчатки и кормовых единиц в сене многолетних злаковых трав зависит от различных доз минеральных удобрений.

По мере повышения загрязнения почв радионуклидами потребность в калии увеличивается. Изучение содержания калия в многолетних травосмесях особенно важно на торфяных почвах, так как приме-

нение повышенных доз калийных удобрений может приводить к избыточному накоплению данного элемента в растениях. При внесении высоких доз калийных удобрений содержание калия в растениях превышает нормативные показатели, поэтому доза  $K_{280}$  может применяться только на сбалансированном фоне  $N_{60}P_{90}$ .

При выборе оптимальной дозы удобрений необходимо учитывать, что при недостатке фосфора в почве внесение азота и калия со временем ещё больше снижает содержание его в растениях.

Применение азотных, фосфорных и калийных удобрений может привести к переходу в разряд дефицитных других элементов питания, в частности, микроэлементов. Микроэлементы повышают эффективность азота, фосфора и калия и их поступления в растения. Микроэлементы влияют на передвижение и перераспределение минеральных элементов в растении. Так, цинк изменяет проницаемость мембран для калия и магния. При внесении на торфяных почвах меди увеличивается усвояемость фосфора. Роль медных удобрений возрастает при известковании почв. Допустимый уровень содержания основных микроэлементов в грубых кормах составляет (мг/кг): железо – 100, медь – 30, цинк – 30, кобальт – 1,0, йод – 2,0. Изменения в содержании микроэлементов в сене многолетних злаковых трав в зависимости от доз вносимых удобрений представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание микроэлементов в сене многолетних злаковых трав (среднее за 2008-2010 гг.)

Вариант	Fe	Cu	Zn	Co	Mn	I
	мг/кг					
Без удобрений	83,0	7,8	25,2	0,060	95,7	0,25
$N_{30}P_{60}K_{120}$	71,3	5,6	17,3	0,053	94,8	0,16
$N_{30}P_{60}K_{120}+M/э$	79,3	6,9	16,8	0,062	105,7	0,15
<b><math>N_{60}P_{90}K_{180}+ M/э</math></b>	<b>76,0</b>	<b>7,8</b>	<b>22,9</b>	<b>0,055</b>	<b>120,9</b>	<b>0,15</b>
$N_{60}P_{90}K_{240}+ M/э$	64,7	8,3	23,4	0,059	120,0	0,17

Содержание микроэлементов в сене злаковых трав при оптимальной системе внесения удобрений находится в пределах допустимых уровней содержания их в кормах. Повышенные дозы калийных удобрений способствуют увеличению содержания в растениях цинка, марганца, меди и снижению железа.

**Заключение.** Результаты трехлетних исследований позволяют сформулировать следующие предложения производству. При залужении многолетними злаковыми травами сенокосов на низинных торфяно-болотных почвах с низким содержанием фосфора (200 мг/кг почвы), калия (300 мг/кг почвы) и загрязнённых радионуклидами  $^{137}Cs$  и

$^{90}\text{Sr}$  целесообразно применять следующие наиболее оптимальные дозы минеральных удобрений: азотные – 60 кг/га д.в., фосфорные – 60-90 кг/га д.в., калийные – 180-240 кг д.в. и медные – 200 г/га в виде некорневой подкормки. При данной системе удобрений отмечается наиболее высокая урожайность многолетних трав, наибольшее снижение коэффициентов перехода радионуклидов и наилучшие показатели зоотехнического качества кормов.

#### Литература

1. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др].–Минск 2008 г. – 74 с.
2. Агрохимия : учеб. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Ураджай, 2000. – 319 с.
3. Карпенко, А. Ф. Эколого-экономические проблемы агропроизводства Гомельской области после Чернобыльской катастрофы : монография / А. Ф. Карпенко. – Брянск : Дельта, 2012. – 258 с.
4. Лапа, В. В. Оптимальные дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры (рекомендации) / В. В. Лапа, В. Н. Босак ; РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2002. – 25 с.
5. Подоляк, А. Г. Влияние агрохимических и агротехнических приемов улучшения основных типов лугов Белорусского Полесья на поступление в травостой  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  : автореф. дис. ...канд. с-х. наук : 06.01.04 / Подоляк А.Г. ; НИРУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2002. – 19 с.
6. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий загрязненных в результате крупных радиационных аварий / Н. Н. Цыбулько [и др.] ; под общ. ред. Н. Н. Цыбулько. – Минск : Институт радиологии, 2011. – 438 с.
7. Прогнозирование накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в травостоях основных типов лугов Белорусского Полесья по агрохимическим свойствам почв / А. Г. Подоляк [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т. 45, № 1. – С. 100-111.
8. Урожай и содержание основных элементов питания в многолетних злаковых травах при возделывании на осушенной торфяно-болотной почве / С. А. Касьянчик [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2007. – № 1. – С. 42-48.

(поступила 11.03.2015 г.)