

11. Косолапов, В. М. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа: монография / В. М. Косолапов, В. А. Чуйков, Х. К. Худякова. – М. : ООО «Угрешская типография», 2019. – 272 с.

12. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И. М. Богдевич, В. В. Лапа, М. В. Рак [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2017. – С. 31–32.

13. Церлинг В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник / В. В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990 – 235 с.

14. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич, Г. М. Сафроновская, Н. Д. Терещенко [и др.]. – Мн. : Институт почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

## THE EFFECTIVENESS OF ZINC FERTILIZER IN THE CULTIVATION OF FIELD PEAS AT VARIOUS LEVELS OF PROVISION OF SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL WITH ZINC

M. V. Rak, E. N. Pukalova, S. G. Kudlasevich, L. N. Guk, E. I. Gutko

### Summary

The article presents the results of research on the study of the most effective dose of zinc fertilizer in the technology of pea cultivation on sod-podzolic sandy loam soil with different levels of zinc content. In the technology of pea cultivation on sod-podzolic sandy loam soil, low- and medium-provided with zinc, foliar top dressing of peas with zinc fertilizer at a dose of 0,12 kg/ha increases grain yield by 5,7 and 3,9 c/ha, increases protein content by 1,6 and 1,2 % with profitability of 177 and 138 %, respectively.

*Поступила 08.12.25*

УДК 631.8:633.11: 631.445

## ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕХОДА $^{137}\text{Cs}$ И $^{90}\text{Sr}$ В МНОГОЛЕТНИЕ БОБОВО-ЗЛАКОВЫЕ ТРАВОСМЕСИ НА ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

А. Г. Подоляк<sup>1</sup>, В. В. Дробышевская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Гомельская ОПИСХ,  
г. Гомель, Беларусь

<sup>2</sup>НПЦ радиационной медицины и экологии человека,  
г. Гомель, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время сельскохозяйственное производство на загрязненных радионуклидами землях Республики Беларусь ведется на площади около 700,2 тыс. га земель, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  с плотностью 1,0 Ки/км<sup>2</sup> и выше,

в том числе 253,1 тыс. га земель одновременно загрязнены  $^{90}\text{Sr}$  с плотностью 0,15 Ки/км<sup>2</sup> и выше.

Реабилитация загрязненных территорий по радиационному фактору предполагает производство сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам и не превышение средней годовой эффективной дозы облучения населения 1 мЗв над уровнем естественного и техногенного радиационного фона. В настоящее время свыше 50 % коллективной дозы облучения населения республики обусловлено радионуклидами, содержащимися в продуктах питания. Не менее важным условием является также устойчивое самокупаемое производство продукции и сельскохозяйственного сырья для перерабатывающей промышленности, без которых не могут быть обеспечены социально-экономические условия реабилитации. Реализация этих двух важнейших требований в большой мере зависит от уровня плодородия почв, используемых в сельскохозяйственном производстве пахотных и кормовых земель [1–4].

В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС более 500 тыс. га торфяных почв республики было загрязнено радионуклидами, при этом под пашней используется 236,3 тыс. га торфяных почв, что составляет только 5,2 % от общей площади пашни [5]. По данным Института почвоведения и агрохимии в настоящее время в республике используется 64,6 тыс. га сенокосов и пастбищ на торфяных почвах с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  выше 37 кБк/м<sup>2</sup> (1 Ки/км<sup>2</sup>). Эти проблемные земли преимущественно сосредоточены в Гомельской (66 %), Могилевской (14 %) и Брестской (14 %) областях. Большая часть луговых земель на торфяных почвах в Гомельской области (61%) одновременно загрязнены и  $^{90}\text{Sr}$  выше 5,55 кБк/м<sup>2</sup> (0,15 Ки/км<sup>2</sup>). Луговые биогеоценозы на таких почвах относятся к радиоэкологическим структурам, в которых могут формироваться максимальные дозовые нагрузки. Это обусловлено как биологическими особенностями многолетних трав, так и высокой адсорбционной способностью органического вещества и емкостью катионного обмена торфяных почв. С увеличением доли торфяных почв в структуре сенокосов и пастбищ переход  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в молоко возрастает в несколько раз [1–3].

Выпавшие на поверхность почвы радионуклиды мигрируют как вглубь почвы, так и в горизонтальном направлении. Показана возможность значительного вторичного перераспределения радионуклидов с ветровой и водной эрозией. Установлено, что вторичное загрязнение многолетних трав за счет пылепереноса может достигать 8–13 % в год от корневого поступления радионуклидов, что, вместе с тем, не оказывает существенного влияния на качество корма [2].

На торфяных почвах  $^{137}\text{Cs}$  имеет наиболее высокую биологическую доступность. Исследования показывают, что коэффициенты перехода для  $^{137}\text{Cs}$  в основные сельскохозяйственные культуры с течением времени после катастрофы постепенно снижаются. Для  $^{90}\text{Sr}$ , наоборот, наблюдается устойчивая тенденция к повышению перехода его из почвы в растения [4]. Однако основная доля растениеводческой продукции и кормов, не отвечающих требованиям РДУ, производится именно на почвах данного типа. Оптимальным содержанием для торфяных почв республики является содержание подвижных форм  $\text{K}_2\text{O}$  400–800 мг/кг, а  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 600–1000, обменных форм  $\text{CaO}$  – 3600–4800,  $\text{MgO}$  – 450–900 мг/кг [5–7].

В этой связи постоянно проводится изучение характера и скорости миграционных процессов, определяющих поступление радионуклидов в культуры из раз-

личных типов почв в зависимости от уровня использования средств химизации. Применение известковых и минеральных удобрений на таких почвах обеспечивает минимальное поступление  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в корма и сохранение высокого уровня почвенного плодородия за счет оптимизации основных агрохимических свойств [5–10].

На торфяных почвах республики возделываются в основном кормовые культуры, которые хорошо отзываются на внесение минеральных удобрений, преимущественно калийных. В получении максимальной продуктивности животных большое значение имеет питательная ценность используемых кормов. Низкое качество травяных кормов, не соответствующих требованиям, является сдерживающим фактором повышения продуктивности животноводства. Поэтому в районах республики, территория которых загрязнена радионуклидами, актуальной является разработка эффективных агрохимических мер, учитывающих особенности почв и уровни их загрязнения, для получения нормативно чистых и питательных кормов [4–6, 10, 15].

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы – разработать систему применения удобрений на торфяной почве, способствующей максимальной продуктивности многолетних бобово-злаковых трав с оптимальными параметрами зоотехнического качества, а также минимальным накоплением в сене радионуклидов, соответствующих требованиям гигиенических нормативов.

Для решения поставленной цели в СПК «Оборона» Добрушского района Гомельской области в 2008 г. был заложен полевой опыт на низинной торфяной, маломощной (0,8–1,0 м), подстилаемой песком, почве. Торф древесно-осоковый с зольностью –  $17,6 \pm 2,0$  %, объемным весом почвы –  $0,28 \text{ г/см}^3$ . Плотность загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  –  $369 \text{ кБк/м}^2$  ( $10 \text{ Ки/км}^2$ ),  $^{90}\text{Sr}$  –  $14,0 \text{ Бк/м}^2$  ( $0,38 \text{ Ки/км}^2$ ). Средняя мощность эквивалентной дозы –  $0,50 \text{ мкЗв/ч}$ .

Агрохимические показатели пахотного слоя торфяной почвы имели следующие показатели: уровень  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – 5,38, содержание подвижного калия –  $300 \text{ мг/кг}$  и фосфора –  $202 \text{ мг/кг}$ , обменного кальция и магния – 13495 и  $524 \text{ мг/кг}$  соответственно, сумма поглощенных оснований –  $93,7 \text{ ммоль/100 г}$ , содержание подвижной меди –  $7,4 \text{ мг/кг}$ .

В опыте с многолетними бобово-злаковыми травами, возделываемыми на торфяной почве, на протяжении 3 лет проводилось изучение накопления в них  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  на фоне без известкования и с известкованием ( $3 \text{ т/га CaCO}_3$  в форме доломитовой муки) при различных уровнях доз внесения и соотношения NPK в минеральных удобрениях. Минимальные дозы удобрений под травы составляли  $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{120} \text{ кг/га д. в.}$ . В опыте испытывали различные дозы азота (30, 60,  $90 \text{ кг/га д. в.}$ ), а также определялась эффективность различных доз фосфора (60 и  $90 \text{ кг/га д. в.}$ ) и калия (120, 180 и  $240 \text{ кг/га д. в.}$ ) в различных сочетаниях. В качестве медного удобрения использовали медь сернокислую в дозе  $50 \text{ г/га д. в.}$  ( $200 \text{ г/га}$  в пересчете на сульфат меди), которую вносили при некорневой подкормке в фазе выхода в трубку злаковых трав с различными дозами азотных, фосфорных и калийных удобрений. Азотные удобрения – сульфат аммония, фосфорные – суперфосфат аммонизированный, калийные – калий хлористый, известко-

вые – доломитовую муку в год закладки опыта вносились в полной дозе в соответствии со схемой опыта (табл. 1). Во второй год пользования фосфорные удобрения вносили в полной дозе под первый укос, а азотные и калийные удобрения – 75 % под первый укос и 25 % под второй укос. Общая площадь делянки – 18 м<sup>2</sup>, учетная – 10 м<sup>2</sup>. Повторность в опыте – 4-кратная. Агрохимические показатели почвы определены по общепринятым методикам: обменная кислотность  $pH_{KCl}$  – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85); подвижные формы фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91); обменные кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30 (ГОСТ 26487-85); зольность торфяного горизонта – (ГОСТ 27784-88).

Измерения удельной активности <sup>137</sup>Cs в растительных и почвенных образцах проводили в соответствии с методами испытаний МИ 2143-91 «Государственная система обеспечения единства измерений. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре». Для измерений использовался  $\gamma$ -спектрометрический комплекс «Canberra-GX 3020» (США). Аппаратурная ошибка измерений не превышала 15 %. Удельную активность <sup>90</sup>Sr определяли радиохимическим методом по стандартной методике ЦИНАО с радиометрическим окончанием на  $\gamma$ - $\beta$ -спектрометре «Прогресс БГ».

Питательная ценность сена трав оценивалась по ГОСТ 4808-87, согласно которому содержание сырого протеина в сухом веществе должно составлять не менее 8–10 %, клетчатки – не более 28–30 %, калия – 1,2–2,5 %, а отношение катионов  $K/(Ca + Mg)$  – 2,2–2,4.

Статистическая обработка полученных данных проводилась методом дисперсионного и регрессионного анализа с использованием стандартного компьютерного программного обеспечения (Excel 7.0, Statistic 7.0).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате полевых исследований установлено, что внесение минеральных удобрений в дозах  $N_{30}P_{60}K_{120}$  кг/га д. в. обеспечило прирост урожайности сена бобово-злаковых трав по сумме двух укосов практически в два раза (на 43,7 ц/га) по сравнению с контролем. Применение меди в некорневую подкормку в фазе выхода в трубку (50 г/га д. в.) на фоне минеральных удобрений  $N_{30}P_{60}K_{120}$  кг/га д. в. способствовало повышению прибавки урожайности сена в среднем на 5,7 ц/га (до 49,4 ц/га) (табл. 1).

Для торфяных почв оптимальным уровнем кислотности, который обеспечивает максимальную урожайность культур, принято считать  $pH$  5,0–5,3, а известкованию подлежат кислые торфяные почвы с  $pH$  менее 5,0. Поэтому внесение при залужении в торфяную почву с  $pH$  5,38 доломитовой муки в дозе 3,0 т/га  $CaCO_3$  в нашем случае не оказало положительного влияния на рост продуктивности злаковых трав [2–6, 16].

Увеличение дозы азота с 30 до 60 кг/га д. в. повышало урожайность сена до 64,6 ц/га и обеспечивало дополнительное получение в среднем 15,2 ц/га сена при окупаемости 1 кг азота 50,6 кг сена. Дальнейшее повышение дозы азота с 60 до 90 кг/га д. в. увеличивало урожайность менее значительно – только на 4 ц/га и снижало окупаемость 1 кг азота в 4 раза – до 13,3 кг сена с гектара. По этой причине считаем, что наиболее обоснованной дозой азота для внесения под многолетние

бобово-злаковые травы на почве данного типа является 60 кг/га д. в. Исследования показали, что повышение дозы фосфора с 60 до 90 кг/га д. в. в варианте с минеральными удобрениями  $N_{30}P_{90}K_{120}$  кг/га + н/п  $Ca$  нецелесообразно, поскольку урожайность сена на фоне как без известкования, так и с известкованием возрастала незначительно – на 1,4 и 4,1 ц/га соответственно.

Таблица 1

**Урожайность сена\* многолетних бобово-злаковых трав в зависимости от вносимых доз и соотношения форм минеральных и известковых удобрений (в среднем за 2008–2010 гг. исследований)**

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га
Без удобрений – Фон 1	47,2	–	$N_{30}P_{60}K_{120} + 3,0 \text{ т/га } CaCO_3$ – Фон 2	49,5	2,3
$N_{30}P_{60}K_{120}$	90,9	43,7	$N_{30}P_{60}K_{120} + Cu_{50}$	91,5	44,3
$N_{30}P_{60}K_{120} + Cu_5$	96,6	49,4	$N_{60}P_{60}K_{120} + Cu_{50}$	99,9	52,7
$N_{60}P_{60}K_{120} + Cu_5$	111,8	64,6	$N_{90}P_{60}K_{120} + Cu_{50}$	104,7	57,5
$N_{90}P_{60}K_{120} + Cu_5$	115,8	68,6	$N_{30}P_{90}K_{120} + Cu_{50}$	95,6	48,4
$N_{30}P_{90}K_{120} + Cu_5$	98,0	50,8	$N_{30}P_{60}K_{180} + Cu_{50}$	112,2	65,0
$N_{30}P_{60}K_{180} + Cu_5$	108,0	60,8	$N_{30}P_{60}K_{240} + Cu_{50}$	110,9	63,7
$N_{30}P_{60}K_{240} + Cu_5$	120,6	73,4	$N_{60}P_{90}K_{120} + Cu_{50}$	103,6	56,4
$N_{60}P_{90}K_{120} + Cu_5$	108,1	60,9	$N_{60}P_{90}K_{180} + Cu_{50}$	109,2	62,0
$N_{60}P_{90}K_{180} + Cu_5$	118,3	71,1	$N_{60}P_{90}K_{240} + Cu_{50}$	121,5	74,3
$N_{60}P_{90}K_{240} + Cu_5$	124,6	77,4			
$HCP_{0,95}$	5,6		$HCP_{0,95}$	4,9	

\* При 16 % стандартной влажности.

При возделывании на торфяных почвах для нормального роста и развития многолетних бобово-злаковых трав преимущественное значение имеет обеспеченность их условий питания калием. Так при и высоком уровне содержания в почве подвижных форм калия внесение калийных удобрений не дает прибавки урожая, а накопление калия в сухом веществе растений возрастает, что негативно сказывается на качестве получаемых кормов. Поэтому на сенокосах и пастбищах при внесении высоких доз калийных удобрений их применяют дробно, контролируя содержание калия в кормах, а также его соотношение с двухвалентными катионами кальция и магния  $K/(Ca + Mg)$ . Как показали исследования, на торфяных почвах оптимальным соотношением между фосфором и калием в питательном растворе для многолетних трав являются показатели от 1 : 1,5 до 1 : 2 [5–8, 10].

Установлено, что на низкообеспеченной подвижным калием торфяной почве (< 300 мг/кг почвы) на фоне доз минеральных удобрений  $N_{30}P_{60}$  кг/га д. в. + н/п  $Cu_{50}$  увеличение дозы калийного удобрения с 120 до 180 и 240 кг/га д. в. положительно сказывалось на росте трав, повышая урожайность сена соответственно на 11,4 и 24,0 ц/га и обеспечивая сравнительно одинаковую окупаемость 1 кг калия – 19 и 21 кг сена с гектара. На более высоком фоне доз минеральных удобрений  $N_{60}P_{90}$  кг/га д. в. + н/п  $Cu_{50}$ , по мере увеличения дозы калийного удобрения с 120

до 180 и 240 кг/га д. в., урожайность сена возрастала соответственно на 10,2 и 16,5 ц/га, обеспечивая более низкую окупаемость 1 кг калия – 17 и 13,8 кг сена с гектара. Установлено, что повышение дозы фосфора с 60 до 90 кг/га д. в. в варианте с минеральными удобрениями  $N_{30}P_{90}K_{120}$  кг/га д. в. + н/п  $Cu_{50}$  нецелесообразно, поскольку урожайность сена на фоне как без известкования, так и с внесением доломитовой муки возрастала незначительно – только 1,4 и 4,1 ц/га с гектара. Следовательно, полученные нами на бобово-злаковых травах результаты свидетельствуют о возможности применения на загрязненных торфяных почвах более низких доз азотных и калийных удобрений.

В отношении радионуклидов было установлено, что на загрязненной радионуклидами торфяной почве максимальная удельная активность  $^{137}Cs$  в сене многолетних бобово-злаковых трав была на контрольном варианте – 8706 Бк/кг. Самое минимальное значение активности в эксперименте (635 Бк/кг) наблюдалось в варианте с дозой внесения минеральных удобрений  $N_{60}P_{90}K_{240}$  кг/га д. в. и некорневой подкормкой  $Cu$  в дозе 50 г/га д. в. Увеличение дозы азотных удобрений от 60 до 90 кг/га д. в. на фоне фосфорно-калийных удобрений усиливает накопление  $^{137}Cs$  в сене в 1,2–1,4 раза (табл. 2).

Применение удобрений также влияет на накопление  $^{90}Sr$  в растениях. Средняя удельная активность накопления  $^{90}Sr$  в растениях в эксперименте колебалась в пределах 28,0–46,4 Бк/кг. Максимальная кратность снижения концентрации радионуклида на единицу массы в результате применения полного минерального удобрения в дозе  $N_{60}P_{90}K_{240}$  кг/га д. в. + н/п  $Cu_{50}$  составила в 1,4 раза по сравнению с контрольным вариантом –  $N_{30}P_{60}K_{120}$ .

Таблица 2

**Влияние минеральных удобрений на поступление  $^{137}Cs$  и  $^{90}Sr$  в сено бобово-злаковой травосмеси на торфяной маломощной почве (в среднем за 2008–2010 гг. исследований)**

Вариант	*Кп $^{137}Cs$ Бк/кг : кБк/м <sup>2</sup>	Кратность снижения $^{137}Cs$ , раз	*Кп $^{90}Sr$ Бк/кг : кБк/м <sup>2</sup>	Кратность снижения $^{90}Sr$ , раз
Без удобрений	21,9 ± 4,4	–	3,4 ± 0,8	–
$N_{30}P_{60}K_{120}$	3,7 ± 0,3	–	2,6 ± 0,3	–
$N_{30}P_{60}K_{120} + Cu_{50}$	3,4 ± 0,2	1,1	2,5 ± 0,2	1,1
$N_{60}P_{60}K_{120} + Cu_{50}$	4,5 ± 0,4	0,8	2,9 ± 0,1	0,9
$N_{90}P_{60}K_{120} + Cu_{50}$	5,1 ± 0,4	0,7	3,1 ± 0,2	0,8
$N_{60}P_{90}K_{120} + Cu_{50}$	2,1 ± 0,3	1,8	2,0 ± 0,1	1,3
$N_{60}P_{90}K_{240} + Cu_{50}$	1,6 ± 0,1	2,2	1,8 ± 0,1	1,4
$N_{30}P_{60}K_{120} + Cu_{50} + CaCO_3$	3,1 ± 0,1	1,2	2,4 ± 0,2	1,1
$N_{60}P_{90}K_{240} + Cu_{50} + CaCO_3$	2,1 ± 0,3	1,8	2,0 ± 0,3	1,3
$HCP_{0,95}$	1,1		0,7	

\* Кп – коэффициент перехода радионуклида.

Проведение поддерживающего известкования в дозе 3 т/га  $CaCO_3$  не оказало существенного влияния на снижение поступления  $^{90}Sr$  в сено многолетних бобово-злаковых трав, так как Кп  $^{90}Sr$  снизился незначительно с показателя 2,5 до 2,4 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>.



Проведение поддерживающего известкования в дозе 3 т/га  $\text{CaCO}_3$  не оказало существенного влияния на снижение поступления  $^{90}\text{Sr}$  в сено многолетних бобово-злаковых трав, так как Кп  $^{90}\text{Sr}$  снизился с показателя 2,5 до 2,0 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup> (максимально на 25 %). Анализ значений коэффициентов перехода  $^{90}\text{Sr}$  за время наблюдений показал, что накопление радионуклида травами в первый год пользования было выше, чем во второй. Установлено, что в двух укосах трав первого и второго года пользования минимальное накопление  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  биомассой бобово-злаковых трав происходило при внесении минеральных удобрений в дозах  $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{180-240}$  кг/га д. в. + н/п  $\text{Cu}_{50}$ .

Анализ результатов исследований показал, что содержание сырого протеина в сене трав по вариантам опыта изменялось в пределах 9,5–14,7 %, что соответствовало оптимальным значениям [12–16]. Оптимальные показатели зоотехнического качества сена были получены при дозе минеральных удобрений  $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$  кг/га д. в. + н/п  $\text{Cu}_{50}$ , где содержание сырого протеина составило 10,3 %, сырой клетчатки 30,1 % и энергии 0,65 к. ед. в 1 кг сухого вещества (табл. 3). Содержание калия в сене трав находилось в оптимальном диапазоне (1,2–2,5 %), при этом оптимальное соотношение катионов  $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$  в большинстве случаев отклонялось от рекомендуемого 2,2–2,4 в сторону увеличения. Содержание нитратов в сене многолетних бобово-злаковых трав не превышало пределов допустимых концентраций в корме для животных (ПДК 1000 мг/кг) в оптимальных вариантах при дозе азота 60 кг д. в. на гектар [7].

Таблица 3

**Зоотехнические показатели сена многолетних бобово-злаковых трав  
в зависимости от системы применения удобрений  
(в среднем за 2008–2010 гг. исследований)**

Вариант	Сырые		K	Ca	Mg	K/ (Ca + Mg)	Нитраты мг/кг
	клетчатка	протеин					
	%						
Без удобрений	36,1	9,9	2,1	0,69	0,30	2,1	347
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	36,5	11,6	2,5	0,57	0,21	3,2	477
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + Cu <sub>50</sub>	32,0	10,7	2,5	0,52	0,18	3,6	536
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + Cu <sub>50</sub>	30,2	11,1	2,6	0,75	0,33	2,4	651
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>240</sub> + Cu <sub>50</sub>	33,3	11,8	2,6	0,64	0,35	2,6	865
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + Cu <sub>50</sub>	34,4	14,7	2,5	0,67	0,24	2,7	1015
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>240</sub> + Cu <sub>50</sub> + CaCO <sub>3</sub>	30,4	12,5	2,7	0,64	0,27	3,0	855
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + Cu <sub>50</sub> + CaCO <sub>3</sub>	31,5	14,1	2,6	0,75	0,26	2,6	1095
HCP <sub>0,95</sub>	1,5	0,62	0,2	0,04	0,02	—	130

## ВЫВОДЫ

Анализ трехлетних результатов экспериментальных исследований показал, что наибольший радиозэкологический эффект по снижению накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  от применения защитных мероприятий на торфяных почвах дает внесение повышенных доз калийных удобрений на фоне сбалансированного азотного и фосфорного питания, с применением медных микроудобрений. Рекомендуется при залужении загрязненных радионуклидами кормовых угодий на торфяных поч-

вах с низким содержанием подвижных форм  $P_2O_5$  (менее 600 мг/кг) и  $K_2O$  (менее 400 мг/кг) с целью получения высоких урожаев сена многолетних бобово-злаковых трав (120–130 ц/га) с оптимальными показателями зоотехнического качества кормов, целесообразно применять дозы минеральных удобрений на уровне  $N_{60}P_{60-90}K_{180-240}$  кг/га д. в. и проводить некорневую подкормку медью под каждый укос в фазу выхода в трубку многолетних злаковых трав из расчета 50 г/га д. в. на гектар.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / И. М. Богдевич, В. В. Лапа, Н. И. Смеян [и др.]. – Минск : РНИУП «Институт радиологии», 2012 г. – 120 с.
2. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиационных аварий: монография / Н. Н. Цыбулько, В. С. Аверин, А. Г. Подоляк [и др.]: под общ. ред. Н. Н. Цыбулько. – Мн. : РНИУП «Институт радиологии», 2011. – 438с.
3. Аверин, В. С. Роль защитных мероприятий для снижения доз облучения населения и получения нормативно чистой сельскохозяйственной продукции / В. С. Аверин, А. Г. Подоляк // Белорусское сельское хозяйство. – 2010. – № 4 (96). – С. 18–22.
4. Подоляк, А. Г. Защитные агрохимические мероприятия в АПК Республики Беларусь / А. Г. Подоляк, И. М. Богдевич, И. Д. Шмигельская // Агрохимический вестник. – 2006. – № 2 – С. 13–19.
5. Расчет доз минеральных удобрений для кормовых угодий, загрязненных радионуклидами / А. Г. Подоляк, И. М. Богдевич, Л. Е. Одинцова, И. И. Ивашкова // Агрохимический вестник. – 2006. – № 2 – С. 21–23.
6. Сычев, В. Г. Влияние калийных удобрений на содержание цезия-137 в зеленой массе природных кормовых угодий при поверхностном улучшении / В. Г. Сычев, Н. М. Белоус, Е. В. Смольский // Плодородие. – 2012. – № 1. – С. 2–4.
7. Ведение лугового кормопроизводства в Российской Федерации и Республики Беларусь при радиоактивном загрязнении территорий / Е. В. Смольский, А. Г. Подоляк, И. Н. Белоус [и др.] // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2015. – № 11. – С. 30–34.
8. Подоляк, А. Г. Повышаем качество трав на загрязненных радионуклидами торфяных почвах / А. Г. Подоляк, А. Ф. Карпенко, Т. В. Ласько // Наше сельское хозяйство. – 2015. – № 21. – С. 60–63.
9. Подоляк, А. Г. Научные аспекты сельскохозяйственного производства в постчернобыльских условиях / А. Г. Подоляк, В. В. Валетов, А. Ф. Карпенко. – Мозырь: МГПУ им. И. П. Шамякина, 2017. – 242 с.
10. Подоляк, А. Г. Повышаем качество трав на загрязненных радионуклидами торфяных почвах / А. Г. Подоляк, А. Ф. Карпенко, Т. В. Ласько // Наше сельское хозяйство. – 2015. – № 21. – С. 60–63.
11. Эффективность защитных мероприятий при реабилитации кормовых угодий России и Беларуси, загрязненных после катастрофы на Чернобыльской АЭС /



Н. М. Белоус, А. Г. Подоляк, А. Ф. Карпенко, Е. В. Смольский // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2016. – Т. 56, № 4. – С. 405–413.

12. Радиологические аспекты применения минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных кормовых угодьях / Н. М. Белоус, А. Г. Подоляк, Е. В. Смольский, А. Ф. Карпенко // Агрохимический вестник. Сер. хим. наук. – 2016. – № 2. – С. 10–14.

13. Параметры поступления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в многолетние злаковые травы и зоотехнические показатели качества кормов в зависимости от доз внесения удобрений на торфяной почве / А. Г. Подоляк, А. Ф. Карпенко, Т. В. Ласько, С. А. Тагай // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. – Горки, 2016. – Вып. 19. – С. 185–193.

14. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы / Н. Н. Цыбулько, В. В. Лапа, И. М. Богдевич [и др.]. – НАН Беларуси, Мин-во сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь. Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2021. – 144 с.

15. Комплекс мероприятий по повышению плодородия и защите от деградации почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь на 2021–2025 годы / В. В. Лапа, Н. Н. Цыбулько, М. В. Рак [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – НАН Беларуси, Мин-во сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2021. – 148 с.

16. Подоляк, А. Г. К вопросу возврата в хозяйственное использование земель, выведенных из оборота по радиационному фактору. / А. Г. Подоляк, Т. Ф. Персикова // Плодородие почв – основа продовольственной безопасности государства: материалы VI съезда общества почвоведов и агрохимиков, Минск, 21 июля 2022 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии; редкол.: Ю. К. Шашко [и др.]. – Мн. : Ин-т систем. исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. – С. 236–240.

## PARAMETERS OF $^{137}\text{Cs}$ AND $^{90}\text{Sr}$ TRANSITION TO PERENNIAL LEGUMINOUS GRASS MIXTURES ON PEAT SOIL DEPENDING ON DOSES FERTILIZER APPLICATION

A. G. Podolyak, V. V. Drobyshevskaya

### Summary

The article discusses a system of applying fertilizers on peat soil that promotes maximum productivity of perennial legume grasses, as well as the zootechnical quality of feed and minimal accumulation of radionuclides in them. It was determined that when sodding hayfields with legume grasses on low-lying peat-bog soils with low content of phosphorus, potassium and contaminated with radionuclides, it is most effective to apply mineral fertilizers in doses: nitrogen – 60 kg/ha active ingredient, phosphorus – 60–90 kg/ha active ingredient, potassium – 180–240 kg active ingredient and copper – 50 g/ha active ingredient.

*Поступила 04.12.25*