

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МНОГОЛЕТНЕЙ БОБОВО-ЗЛАКОВОЙ ТРАВΟΣМЕСИ НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ $^{137}\text{Cs}$ И $^{90}\text{Sr}$ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ**

**И.М. Богдевич<sup>1</sup>, А.Г. Подоляк<sup>2</sup>, И.И. Новикова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

<sup>2</sup>*Институт радиологии, г. Гомель, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что торфяные почвы отличаются повышенным переходом радионуклидов, особенно  $^{137}\text{Cs}$ , в урожай многих сельскохозяйственных культур [1-4]. Луговые биогеоценозы на торфяных почвах относятся к радиоэкологическим структурам, в которых могут формироваться максимальные дозовые нагрузки [5]. 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.

Основная доля зеленых кормов с повышенным содержанием  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  производится в Беларуси в районах Полесья с большим количеством торфяных почв в структуре почвенного покрова. Большинство исследований поведения радионуклидов в биогеоценозах за послеаварийный период проведено на минеральных почвах. Имеющиеся экспериментальные данные о переходе радионуклидов в многолетние травы на торфяных почвах немногочисленны и относятся преимущественно к разнотравным и злаковым травостоям (4, 6, 8, 11, 14). В связи с дефицитом белка в кормовых рационах крупного рогатого скота и удорожанием азотных удобрений целесообразно расширить площади с бобово-злаковыми травостоями не только на минеральных, но и на осушенных торфяных почвах. При 30% бобовых в составе травостоя за счет фиксации азота атмосферы экономится 80-90 кг/га азота удобрений. Травосмеси на протяжении всего срока их использования продуктивнее, чем одновидовые посевы трав, так как полнее реализуют факторы роста, а более высокая плотность травостоя обуславливает меньшую засоренность [12].

Недостаток экспериментальных данных относительно поведения радионуклидов в системе «торфяная почва-растение» затрудняет прогноз накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в бобово-злаковых травостоях, поэтому актуальной является разработка эффективных агрохимических защитных мер с учетом особенностей торфяных почв для получения нормативно чистых зеленых кормов в условиях радиоактивного загрязнения.

Цель работы – исследовать продуктивность многолетней бобово-злаковой травосмеси и параметры перехода радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в зеленый корм из осушенной торфяной почвы под влиянием различных доз калийных, азотных и фосфорных удобрений.

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Обобщение результатов агрохимического и радиологического обследования почв за период 2007-2010 гг. показывает, что в настоящее время в Беларуси ис-

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

пользуется 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>). Значительная часть луговых земель на торфяных почвах (12,1 тыс. га) характеризуется высокой плотностью выпадения радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  – в пределах 55-1480 кБк/м<sup>2</sup>. Эти проблемные земли преимущественно сосредоточены в Гомельской (66%), Могилевской (14%) и Брестской (14%) областях. Больше половины луговых земель на торфяных почвах в Гомельской области (61%) одновременно загрязнены и  $^{90}\text{Sr}$  с плотностью выше 5,6 кБк/м<sup>2</sup> (0,15 Ки/км<sup>2</sup>). Приведенные данные показывают необходимость разработки рациональных приемов снижения накопления радионуклидов в зеленом корме.

Исследования эффективности разных доз минеральных удобрений при возделывании бобово-злаковой травосмеси проводили в условиях стационарного полевого эксперимента в Брагинском районе Гомельской области (КСУП «Пераможник») на осушенной торфяной маломощной почве низинного типа, развивающейся на гипново-осоково-тростниковых торфах. Агрохимические свойства почвы до закладки эксперимента: содержание органического вещества – 73,5%; фосфора,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 73 мг/кг почвы; калия,  $\text{K}_2\text{O}$  – 335 мг/кг; обменных форм Са – 7865 мг/кг; Mg – 422 мг/кг; подвижных форм Cu – 5,1; В – 3,1; Zn – 5,2 мг/кг почвы;  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  4,8. Плотность загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  составила 108,5 кБк/м<sup>2</sup> (2,9 Ки/км<sup>2</sup>),  $^{90}\text{Sr}$  – 44,5 кБк/м<sup>2</sup> (1,20 Ки/км<sup>2</sup>).

Таблица 1

### Распределение загрязненных радионуклидами сенокосов и пастбищ на торфяных почвах по областям Беларуси

Область	Загрязнено $^{137}\text{Cs}$				Всего, тыс. га	Загрязнено $^{90}\text{Sr}$			
	Всего, тыс. га	в том числе с плотностью кБк/м <sup>2</sup>				Всего, тыс. га	в том числе с плотностью кБк/м <sup>2</sup>		
		37-185	185-555	555-1480			5,6-11	11,1-37	37-111
Брестская	9,2	8,6	0,6	-	0,1	0,1	-	-	
Гомельская	36,2	27,3	7,6	1,3	22,2	11,8	8,9	1,5	
Гродненская	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	
Минская	7,8	7,6	0,2	-	-	-	-	-	
Могилевская	9,0	6,5	2,1	0,3	0,6	0,5	0,1	-	
Беларусь	64,6	52,5	10,5	1,6	22,9	12,4	9,0	1,5	

Полевой опыт заложен в 2008 г. Проведены дискование, вспашка, фоновое известкование доломитовой мукой в дозе 5 т/га, которое позволило довести показатель реакции почвы до оптимального диапазона  $\text{pH}$  5,05±0,05. Минеральные удобрения внесены согласно схеме опыта под культивацию, затем проведен посев бобово-злаковой травосмеси. В последующие годы азотные, фосфорные и 50% доз калийных удобрений вносили в ранневесеннюю подкормку, а оставшуюся половину доз калия – под второй укос. Удобрения вносили в форме карбамида, суперфосфата аммонизированного, калия хлористого.

Травосмесь включала в свой состав следующие виды трав: кострец безостый, овсяница луговая, тимopheевка луговая, клевер гибридный, клевер ползучий, клевер луговой. Схема вариантов удобрений в опыте представлена в таблице 2.

Учет урожайности многолетней бобово-злаковой травосмеси проведен методом сплошной поделяночной уборки с последующим пересчетом на стандарт-

ную влажность. В 2008 г. получен один укос бобово-злаковой травосмеси, в 2009 и 2010 гг. – по два укоса. Общая площадь делянки составила 20 м<sup>2</sup>, учетная – 16 м<sup>2</sup>. Повторность опыта – трехкратная.

Агрохимические свойства почв определены общепринятыми методами: обменная кислотность pH<sub>KCl</sub> – 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 слоя – 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 γ-β-спектрометр МКС–АТ–1315. Удельную активность <sup>90</sup>Sr определяли радиохимическим методом по стандартной методике ЦИНАО с радиометрическим окончанием на γ-β-спектрометре «Прогресс БГ».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Продуктивность бобово-злаковой травосмеси.** В среднем за 2008-2010 гг. урожайность многолетней бобово-злаковой травосмеси на контрольном варианте без удобрений составила 282,8 ц/га зеленой массы (табл. 2).

Таблица 2

### Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность зеленой массы многолетней бобово-злаковой травосмеси на торфяной почве

Варианты	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Среднее	Прибавка от удобрений	
	зеленая масса, ц/га				все з. м., ц/га	к.ед. на 1 кг д. в.
Контроль	190,9	311,8	345,8	<b>282,8</b>	-	-
N <sub>30</sub>	210,9	340,7	364,0	<b>305,2</b>	22,4	15,7
P <sub>50</sub>	204,9	356,5	387,3	<b>316,2</b>	33,4	14,0
K <sub>200</sub>	224,5	429,3	421,4	<b>358,4</b>	75,6	7,9
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub>	233,8	387,8	382,2	<b>334,6</b>	51,8	13,6
N <sub>30</sub> K <sub>200</sub>	250,1	517,0	440,5	<b>402,5</b>	119,7	10,9
P <sub>50</sub> K <sub>200</sub>	263,7	494,7	447,1	<b>401,8</b>	119,0	10,0
P <sub>90</sub> K <sub>280</sub>	295,4	555,8	485,3	<b>445,5</b>	162,7	9,2
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	276,3	476,5	428,4	<b>393,7</b>	110,9	11,6
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>200</sub>	294,9	525,9	472,7	<b>431,2</b>	148,4	11,1
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>280</sub>	309,9	563,3	520,8	<b>464,7</b>	181,9	10,6
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>280</sub>	343,5	594,5	548,8	<b>495,6</b>	212,8	10,4
НСР <sub>0,05</sub>	13,5	21,0	23,8	<b>13,9</b>		

Применение однокомпонентных азотных, фосфорных и калийных удобрений на осушенной торфяной почве в дозах N<sub>30</sub>, P<sub>50</sub> и K<sub>200</sub> обеспечивало небольшие

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

прибавки урожайности – 22,4; 33,4 и 75,6 ц/га зеленой массы по отношению к варианту без удобрений соответственно. Внесение двухкомпонентных сочетаний NP, NK, PK элементов минерального питания растений сопровождалось более высокими прибавками урожайности. Невысокая прибавка урожайности – 51,8 ц/га получена от сочетания  $N_{30}P_{50}$  вследствие дефицита подвижных форм калия в почве. Относительная удельная прибавка урожайности трав в этом варианте оценивается 13,6 к. ед. на 1 кг внесенных элементов минерального питания растений. Эффективность парных комбинаций  $N_{30}K_{200}$  и  $P_{50}K_{200}$  практически равнозначна и обеспечивает дополнительный выход зеленого корма из расчета 10,9-10,0 к. ед. на каждый внесенный килограмм действующего вещества удобрений.

Исследуемые дозы калия 120, 200, 280 кг  $K_2O$ /га на фоне  $N_{30}P_{50}$  обеспечивали высокие прибавки урожайности – 59,1; 96,6; 130,1 ц/га, или 10,3; 10,1; 9,8 к.ед. на 1 кг  $K_2O$  соответственно. Одностороннее внесение калийного удобрения в дозе  $K_{200}$  сопровождалось низкой агрономической окупаемостью удобрения, прибавкой урожайности на уровне 7,9 к.ед. на 1 кг  $K_2O$ . Полученные параметры эффективности калийных удобрений на среднеокультуренной торфяной почве хорошо согласуются с экспериментальными данными, полученными ранее А.С. Мееровским, Т.М. Серой и С.А. Касьянчик [10, 13].

Общепринято, что потребность в азотных удобрениях и их эффективность при возделывании многолетних трав снижаются при включении в травосмесь клеверов. Травостои с высокой долей клевера лугового и ползучего (30-40% и более) позволяют за счет использования биологического азота получать при подкормке пастбища только фосфорно-калийными удобрениями примерно 40 ц к.ед. с 1 га [12]. В нашем опыте на вариантах внесения только фосфорных и калийных удобрений  $P_{50}K_{200}$  и  $P_{90}K_{280}$  в среднем за три года получена высокая продуктивность травосмеси – 84,4 и 93,6 ц к. ед. с га соответственно.

По обобщенным данным М.П. Шкеля и др. [16], на злаковых травосмесях каждый килограмм азота дает дополнительно 20-30 к.ед., а на бобово-злаковых – в 2 раза меньше. В нашем опыте азотные удобрения были весьма эффективными. Прибавка урожайности на 1 кг N, внесенного в дозе  $N_{30}P_{50}K_{200}$ , составила 20,0 к.ед., а в дозе  $N_{60}P_{90}K_{280}$  уменьшилась незначительно и составила 17,5 к.ед. В целом, наибольшая прибавка урожайности зеленой массы бобово-злаковой травосмеси, 212,8 ц/га, получена в варианте  $N_{60}P_{90}K_{280}$ , что равноценно 75 % урожайности в контрольном варианте без удобрений. Внесение доломитовой муки (5 т/га  $CaCO_3$  – фон) на торфяной почве с исходным  $pH_{KCl}$  4,8 привело к повышению продуктивности травостоя за два последующих года в среднем на 36,9 ц/га зеленой массы.

**Переход радионуклидов  $^{137}Cs$  и  $^{90}Sr$  в травостой из торфяной почвы.** В данном опыте на торфяной почве наибольший переход  $^{137}Cs$  и  $^{90}Sr$  в зеленую массу бобово-злаковой травосмеси отмечался в варианте без известкования и без внесения минеральных удобрений. Удельная активность  $^{137}Cs$  в зеленой массе при стандартной влажности (82%) составляла 277 Бк/кг, а коэффициент перехода  $K_p$ , Бк/кг: кБк/м<sup>2</sup> – 0,75. Удельная активность  $^{90}Sr$  – 54 Бк/кг,  $K_p$ , Бк/кг: кБк/м<sup>2</sup> – 1,46. В таблице 3 приведены коэффициенты перехода радионуклидов в зеленую массу трав в зависимости от действия изучаемых доз удобрения, где в качестве контроля принят известкованный фон.

Исследования, проведенные на различных почвах, свидетельствуют о том, что с повышением концентрации калия в почвенном растворе или питательной

среде снижается поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растения [1-3, 7-8, 15]. Калий как неизотопный аналог  $^{137}\text{Cs}$  находится в почве в макроколичествах, в то время как  $^{137}\text{Cs}$  – в ультрамикрочемических концентрациях.

Вследствие этого в почвенном растворе происходит сильное разбавление микроколичеств  $^{137}\text{Cs}$  ионами калия, а при поглощении их корневыми системами растений отмечается конкуренция за места сорбции на поверхности корней, поэтому применение повышенных доз калийных удобрений является наиболее широко используемым методом, ограничивающим поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растения. Это обусловлено как антагонизмом катионов цезия и калия в почвенном растворе, так и значительной прибавкой урожайности сельскохозяйственных культур и последующим биологическим «разбавлением» концентрации цезия в растительной массе, особенно на бедных калием почвах.

Таблица 3

**Влияние минеральных удобрений на параметры перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в зеленую массу бобово-злаковой травосмеси из торфяной маломощной почвы**

Вариант	$^{137}\text{Cs}$		$^{90}\text{Sr}$	
	Кп (Бк/кг: кБк/м <sup>2</sup> )	Кратность снижения перехода	Кп (Бк/кг: кБк/м <sup>2</sup> )	Кратность снижения перехода
Контроль	0,63±0,07	-	1,29±0,28	-
N <sub>30</sub>	0,57±0,09	1,1	1,28±0,28	1,0
P <sub>50</sub>	0,59±0,10	1,1	1,18±0,23	1,1
K <sub>200</sub>	0,44±0,07	1,4	1,04±0,25	1,2
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub>	0,55±0,10	1,1	1,17±0,27	1,1
N <sub>30</sub> K <sub>200</sub>	0,30±0,04	2,1	1,03±0,26	1,2
P <sub>50</sub> K <sub>200</sub>	0,32±0,06	2,0	0,90±0,19	1,4
P <sub>90</sub> K <sub>280</sub>	0,25±0,04	2,5	0,74±0,19	1,7
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	0,41±0,08	1,5	0,97±0,24	1,3
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>200</sub>	0,28±0,02	2,2	0,85±0,18	1,5
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>280</sub>	0,21±0,02	3,0	0,76±0,19	1,7
N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>280</sub>	0,19±0,02	3,3	0,67±0,14	1,9
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>280</sub>	0,19±0,02	3,3	0,66±0,15	2,0

В нашем опыте при средней обеспеченности подвижными формами калия – 335 мг K<sub>2</sub>O на кг торфяной почвы калийные удобрения были весьма эффективны. Внесение небольшой дозы калия K<sub>120</sub> на фоне N<sub>30</sub>P<sub>50</sub> приводило к уменьшению перехода  $^{137}\text{Cs}$  в зеленую массу растений в 1,5 раза, а внесение повышенных доз K<sub>200</sub> и K<sub>280</sub> сопровождалось снижением накопления радионуклида в травостое в 2,2 и 3,0 раза соответственно. Одностороннее применение калийного удобрения в дозе K<sub>200</sub> было менее эффективным: переход  $^{137}\text{Cs}$  в зеленую массу растений при этом снижался только в 1,4 раза вследствие невысокой прибавки урожайности. Максимальное снижение перехода  $^{137}\text{Cs}$  в урожай зеленой массы бобово-злаковой травосмеси, в 3,3 раза, установлено при сбалансированной дозе удобрений N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>280</sub>, обеспечившей наибольшую прибавку урожайности.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Внесение возрастающих доз калия  $K_{120}$ ,  $K_{200}$  и  $K_{280}$  на фоне  $N_{30}P_{50}$  обеспечило также заметное снижение перехода радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  в зеленую массу растений, но в меньшей степени – в 1,3; 1,5 и 1,7 раза соответственно. При оптимальной, сбалансированной дозе удобрений  $N_{60}P_{90}K_{280}$  переход  $^{90}\text{Sr}$  в травостой многолетней бобово-злаковой смеси снижался до 2 раз.

Как одностороннее внесение фосфорного удобрения, так и в сочетании с азотом не оказало заметного влияния на переход  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в зеленую массу растений. В исследованиях, проводившихся на минеральных почвах, установлено, что применение азотных удобрений может оказывать разнонаправленное влияние на поступление радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию [2, 7, 8]: при несбалансированном внесении они становятся причиной увеличения содержания радионуклидов в травах. В нашем опыте небольшие дозы азота сопровождались значительными прибавками урожайности, а в сочетании с калийными и фосфорными удобрениями способствовали снижению перехода радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в травостой бобово-злаковой смеси. Повышение дозы фосфора на 40 кг/га  $P_2O_5$  на фоне  $N_{30}P_{50}K_{280}$  способствовало дальнейшему снижению накопления  $^{90}\text{Sr}$  до 1,9 раза. Небольшое снижение концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в травах предположительно связано с образованием труднорастворимых фосфатов кальция и магния и осаждением в них микроколичества радиостронция, обычно наблюдаемое при внесении фосфорных удобрений в почву, богатую кальцием и магнием. Этот процесс называют изоморфным соосаждением:  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Sr}^{2+}$  являются химическими аналогами, поэтому возможно их изоморфное замещение в осадках.

В исследованиях на дерново-подзолистых почвах действие калийных удобрений приводит к существенному уменьшению поступления из почвы в растения  $^{90}\text{Sr}$  также при сбалансированном азотно-фосфорном питании [7, 15].

Ограничения плотности загрязнения среднекультуренной маломощной торфяной почвы  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  при возделывании многолетних бобово-злаковых трав на зеленую массу для производства молока цельного с допустимым содержанием радионуклидов, рассчитанные по результатам нашего опыта, существенно различаются в зависимости от доз вносимых удобрений (табл. 4).

Таблица 4

### Ограничения плотности загрязнения среднекультуренной торфяной почвы $^{137}\text{Cs}$ и $^{90}\text{Sr}$ при возделывании многолетних бобово-злаковых травосмесей для производства молока цельного согласно РДУ-99

Дозы удобрений	Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs}$ для получения зеленой массы не более 165 Бк/кг, кБк/м <sup>2</sup> (Ки/км <sup>2</sup> )	Плотность загрязнения $^{90}\text{Sr}$ для получения зеленой массы не более 37 Бк/кг, кБк/м <sup>2</sup> (Ки/км <sup>2</sup> )
Контроль	262 (7,1)	29 (0,8)
$N_{30}P_{50}K_{120}$	402 (10,9)	38 (1,0)
$N_{30}P_{50}K_{200}$	589(15,9)	44(1,2)
$N_{60}P_{90}K_{280}$	868 (23,5)	56 (1,5)

Возделывание многолетней бобово-злаковой травосмеси для выпаса и подкормки дойному стаду без применения минеральных удобрений возможно на среднекультуренной торфяной почве лишь при плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  менее 262 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  менее 29 кБк/м<sup>2</sup>. Внесение сбалансированной дозы минеральных удобрений  $N_{60}P_{90}K_{280}$  расширяет диапазон плотности загрязнения торфяной почвы

радионуклидами, при котором возможно производство нормативно чистого зеленого корма по  $^{137}\text{Cs}$  до 3 раз (868 кБк/м<sup>2</sup>) и по  $^{90}\text{Sr}$  до 2 раз (56 кБк/м<sup>2</sup>).

Исследуемые дозы минеральных удобрений, как правило, повышали качество зеленого корма. Содержание сырого протеина в сухом веществе зеленой массы было в пределах 22-23% и практически не различалось по удобренным вариантам НРК. Содержание фосфора в сухом веществе растений также было в оптимальных пределах (0,36-0,3%), где вносилось фосфорное удобрение. В данном опыте важно выбрать сбалансированные дозы удобрений, которые бы не ухудшали качество корма вследствие высоких доз калия. Избыточное накопление калия в зеленом корме (свыше 3% К на сухую массу) и неблагоприятное соотношение катионов  $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg}) > 2,6$  наблюдали только в варианте внесения высокой дозы калия  $\text{K}_{280}$  на фоне  $\text{N}_{30}\text{P}_{50}$  (рис. 1).

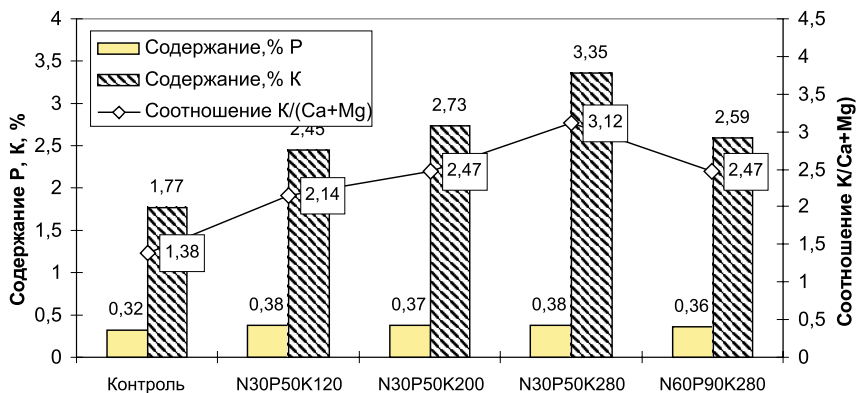


Рис. 1. Содержание элементов минерального питания, определяющих качество корма бобово-злаковой травосмеси, в сухом веществе зеленой массы

Однако внесение такой же высокой дозы калия  $\text{K}_{280}$  на фоне повышенных доз азота и фосфора  $\text{N}_{60}\text{P}_{90}$  обеспечивает благоприятный баланс элементов минерального питания растений для получения зеленого корма хорошего качества. Известно, что при содержании К в сухом веществе корма более 3,0 % возможно нарушение соотношения двухвалентных и одновалентных катионов. Для травяных кормов рекомендуемый уровень соотношения  $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$  составляет 2,2-2,4, условно допустимый уровень – 2,6 [9]. Дозы калийных удобрений на торфяных почвах должны более тщательно регулироваться, так как несбалансированное применение калийных удобрений может приводить к избыточному накоплению калия в кормах на основе многолетних трав [10, 13].

**Экономическая эффективность возделывания бобово-злаковых травосмесей.** Параметры экономической эффективности определены для контрольного варианта и наиболее перспективных вариантов доз удобрений, обеспечивших высокое качество зеленого корма по результатам опыта за 2009-2010 гг., когда получено по два укоса трав (табл. 5).

Показатели экономической эффективности различных доз минеральных удобрений рассчитывали по методике Института почвоведения и агрохимии [17]. Стоимость всех затрат определена по технологической карте, включая стоимости затрат на приобретение и внесение удобрений, уборку и реализацию прибавки урожая, по ценам 2010 года в эквиваленте долларов США. Стоимость кормовой

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

единицы бобово-злаковой травосмеси принята по закупочной цене фуражного овса – 59 долларов США за 1 тонну. Основными показателями, характеризующими экономическую эффективность являются: выход дополнительной продукции с 1 га, стоимость продукции, условный чистый доход по вариантам удобрений и уровень рентабельности.

Таблица 5

### Экономическая эффективность возделывания бобово-злаковой травосмеси на маломощной торфяной почве в зависимости от доз минеральных удобрений

Вариант	Урожайность	Прибавка от удобрений	Стоимость урожая	Всего затрат	Чистый доход	Рентабельность, %
	к.ед., ц/га		доллары, США /га			
Контроль	69,0	-	407	140	267	191
$N_{30}P_{50}K_{120}$	95,0	26,0	561	283	277	98
$N_{30}P_{50}K_{200}$	104,9	35,9	619	317	301	95
$N_{60}P_{90}K_{280}$	120,1	51,1	709	421	287	68

Возделывание бобово-злаковой травосмеси на среднекультуренной торфяной почве экономически выгодно даже без минеральных удобрений при низкой плотности загрязнения радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Здесь можно получить выход кормовых единиц 69 ц/га и чистый доход 267 долларов США с га. Наибольший чистый доход – 301 доллар США с га и дополнительный сбор зеленого корма – 35,9 ц к.ед с га получены при варианте удобрений  $N_{30}P_{50}K_{200}$ . Достоинство этого варианта удобрений заключается и в расширении возможности получения качественного корма на торфяных почвах, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  с плотностью до 589 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  с плотностью до 44 кБк/м<sup>2</sup>. На торфяных почвах с более высокой плотностью загрязнения радионуклидами предпочтителен вариант  $N_{60}P_{90}K_{280}$ , где возможен наибольший выход зеленого корма с гектара на уровне 120 ц к.ед. при достаточно высоком чистом доходе – 287 долларов США/га и рентабельности производства – 68%.

## ВЫВОДЫ

1. В настоящее время в Беларуси используется 64,6 тыс. га сенокосов и пастбищ на торфяных почвах с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  37-1480 кБк/м<sup>2</sup> (1-40 Ки/км<sup>2</sup>). Значительная часть луговых земель на торфяных почвах (22,9 тыс. га) одновременно загрязнены и  $^{90}\text{Sr}$  с плотностью 5,6-111 кБк/м<sup>2</sup> (0,15-3,0 Ки/км<sup>2</sup>). Эти проблемные земли, где наблюдается повышенный переход радионуклидов в зеленый корм многолетних трав, преимущественно сосредоточены в Гомельской (66%), Могилевской (14%) и Брестской (14%) областях.

2. Возделывание многолетней бобово-злаковой травосмеси для выпаса и подкормки дойному стаду без применения минеральных удобрений возможно на среднекультуренной торфяной почве лишь при низкой плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  – менее 262 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  – менее 29 кБк/м<sup>2</sup>. Внесение сбалансированной дозы минеральных удобрений  $N_{60}P_{90}K_{280}$  расширяет диапазон плотности загрязнения торфяной почвы радионуклидами, при котором возможно производство нормативно чистого зеленого корма по  $^{137}\text{Cs}$  до 3 раз (868 кБк/м<sup>2</sup>) и по  $^{90}\text{Sr}$  до 2 раз (56 кБк/м<sup>2</sup>).



3. Возделывание бобово-злаковой травосмеси на среднекультуренной торфяной почве экономически выгодно. Наибольший чистый доход – около 300 долларов США и дополнительный сбор зеленого корма – 35,9 ц к.ед. при общей продуктивности – 104,9 ц к.ед. с га получены при внесении умеренной, сбалансированной дозы удобрений  $N_{30}P_{50}K_{200}$ . Достоинство этой дозы удобрений проявляется и в расширении возможности получения качественного корма на торфяных почвах, загрязненных  $^{137}Cs$  с плотностью до 589 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}Sr$  с плотностью до 44 кБк/м<sup>2</sup>. На торфяных почвах с более высокой плотностью загрязнения радионуклидами предпочтителен вариант  $N_{60}P_{90}K_{280}$ , где возможен наибольший выход зеленого корма с га на уровне 120 ц к.ед. при достаточно высоком чистом доходе – 287 долларов США/га и рентабельности производства – 68%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Моисеев, И.Т. Влияние минеральных удобрений на поступление радиоцезия в сельскохозяйственные культуры и агрохимические показатели почв / И.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров, Л.А. Рерих // Агрохимия. – 1990. – № 3. – С. 100-107.
2. Алексахин, Р.М. Поведение  $^{137}Cs$  в системе «почва-растение» и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае / Р.М. Алексахин, И.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров // Агрохимия. – 1992. – № 8. – С. 127-138.
3. Основные факторы, определяющие поведение радионуклидов в системе «почва-растение» / Б.С. Пристер [и др.] // Проблемы сельскохозяйственной радиологии: сб. науч. труд. – Киев: УкрНИИСХР, 1992. – Вып. 2. – С. 108-116.
4. Агеец, В.Ю. Влияние минерализации торфа на формы нахождения радионуклидов и их переход в растения / В.Ю. Агеец, И.Д. Шмигельская // Почвенные исследования и применение удобрений: межвед. тематич. Сборник / БелНИИПА – Минск, 1997. – Вып. 24. – С. 144-152.
5. Кравец, А.П. Звено «почва-растение» и ожидаемые дозовые нагрузки на человека от инкорпорированных долгоживущих радионуклидов / А.П. Кравец, Ю.А. Павленко, Д.М. Гродзинский // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1996. – Т. 36 – Вып. 1. – С. 9-16.
6. Поникарова, Т.М. О механизме сорбции радиоцезия торфяными почвами / Т.М. Поникарова // Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях: материалы I съезда Белорус. общества почвоведов. – Минск-Гомель, 1995. – С. 273-275.
7. Богдевич, И.М. Рациональное использование загрязненных радионуклидами почв Беларуси / И.М. Богдевич, И.Д. Шмигельская, С.В. Тарасюк // Природные ресурсы. – 1997. – № 4. – С. 15-28.
8. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси; сост. И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2003. – 72 с.
9. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
10. Мееровский, А.С. Взаимосвязь калийных удобрений и продуктивности многолетних трав на торфяных почвах / А.С. Мееровский, Т.М. Серая // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / БелНИИПА. – Минск, 1991. – Вып. 27. – С.109-118.
11. Подоляк, А.Г. Переход цезия-137 и стронция-90 в травостой низинных лугов на торфяно-болотных почвах / А.Г. Подоляк, С.В. Тимофеев, Т.Ф. Персикова // Агрохимия. – 2004. – № 1. – С.63-70.

12. Подоляк, А.Г. Травосмеси на основе клевера в зоне радиоактивного загрязнения / А.Г. Подоляк, Т.В. Арастович // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – № 6(38). – С. 36- 38.

13. Касьянчик, С.А. Урожай и содержание основных элементов питания в многолетних злаковых травах при возделывании на осушенной торфяно-болотной почве / С.А. Касьянчик, А.М. Устинова // Вести НАН Беларуси: серия аграрных наук. – № 1. – 2007. – С.42-47.

14. О проблемах радиоэкологии торфяных почв / О.В. Сузько [и др.] // Проблемы радиологии загрязненных территорий: юбилейный тематический сборник / Институт радиологии. – Минск, 2006. – Вып. 2. – С. 138-143.

15. Путятин, Ю.В. Минимизация поступления радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в растениеводческую продукцию / Ю.В. Путятин. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008. – 255 с.

16. Шкель, М.П. Применение удобрений в интенсивном земледелии: справ. пособие / М.П. Шкель [и др.]. – Минск: Ураджай, 1989. – 216 с.

17. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Богдевич И.М. [и др.] – Минск, 2010. – 24 с.

### **EFFICIENCY OF FERTILIZERS ON PERENNIAL CLOVER-GRASS MIXTURE GROWN ON HISTOSOL SOIL CONTAMINATED WITH $^{137}\text{CS}$ AND $^{90}\text{SR}$**

**I.M. Bogdevitch, A.G. Podolyak, I.I. Novikava**

#### **Summary**

The results of field experiment (2008-2010) conducted on drained Histosol soil, contaminated with  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  are presented. It was found a sufficient effect of different rates of fertilizers on yield of perennial clover-grass mixture and accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in the green forage.

*Поступила 18 мая 2012 г.*

УДК 632.15:631.416.313:631.828

### **СОДЕРЖАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ НАТРИЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПО «БЕЛАРУСЬКАЛІЙ»**

**С.Е. Головатый, З.С. Ковалевич, И.А. Ефимова,  
Н.К. Лукашенко, Н.В. Сидорейко**

*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Натрий занимает шестое место по распространенности в земной коре и первое место среди металлических элементов в Мировом океане. Содержание натрия в земной коре составляет 2,27% и встречается в виде минералов галита, тенардита, мирабилита, криолита, альбита, нефелина, чилийской селитры и др. Он входит в