

ВЛИЯНИЕ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ЦЕЗИЯ-137 В ЗЕЛЕННОЙ МАССЕ ПРИРОДНЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ УЛУЧШЕНИИ

В.Г. Сычев, акад. РАСХН, ВНИИА, Н.М. Белоус, д.с.-х.н., Е.В. Смольский, к.с.-х.н., Брянская ГСХА

Проанализированы закономерности изменения содержания цезия-137 в кормах и молоке крупного рогатого скота в отдаленный период после аварии на ЧАЭС. Выявлено, что применение возрастающих доз калийных удобрений уменьшает поступление радиоцезия в продукцию кормопроизводства и животноводства. Установлено, что более высокие дозы калия нивелируют действие азота и фосфора при соотношении N:P:K – 1 : 1,5 : 1,5.

Ключевые слова: калийные удобрения, кормовые угодья, цезий-137, зеленая масса растений, молоко.

Неослабевающий интерес к особенностям поведения ^{137}Cs в окружающей человека среде, в том числе в агросфере, обусловлен тем, что этот элемент играет ведущую роль с точки зрения радиационной опасности. Сельскохозяйственная продукция, содержащая радионуклиды, – источник дополнительного облучения населения, в связи с чем снижение его количества в продукции растениеводства и животноводства – одна из основных задач в отдаленный период после аварии на ЧАЭС [1].

Особенно остро проблема мобильности цезия-137 в системе почва–растение стоит в почвах с легким гранулометрическим составом, малым содержанием глинистых минералов и невысокой поглотительной способностью.

Основной агрохимический прием, ограничивающий поступление ^{137}Cs из почвы в растение, – применение повышенных доз калийных удобрений, при котором наблюдается «антагонизм» ионов цезия и калия.

Содержание ^{137}Cs в кормах уменьшалось также при внесении калийных удобрений в сочетании с другими минеральными удобрениями. Значительное снижение радиоцезия достигалось в том случае, когда минеральные удобрения вносили в соотношении, отвечающем потребностям растений под планируемому урожаю. Для легких почв, загрязненных в результате аварии на ЧАЭС, рекомендуют применять минеральные удобрения в соотношении N: P: K = 1 : 1,5 : 2 [2-4].

Методика. Исследования проводили в 1994-2008 гг. на Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции ВНИИ лопина на луговом участке центральной поймы р. Ипуть.

Почва опытного участка пойменная дерново-оглеенная песчаная, с глубины 40 см имеется глеевый горизонт. Агрохимические показатели этой почвы перед закладкой опыта были следующие: pH_{KCl} – 4,4-5,4, гидролитическая кислотность – 3,8 мг-экв/100 г, сумма поглощенных оснований – 11,5 мг-экв/100 г, содержание органического вещества – 3,0-4,0%. Содержание подвижных форм фосфора по опытному участку распределено неравномерно – 120-160 мг/кг почвы, содержание обменного калия – 40-80 мг/кг почвы.

Плотность загрязнения почвы цезием-137 в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС составляет 1221-1554 кБк/м². Схема опыта – двухфакторная: первый фактор – система минерального удобрения, второй фактор – система обработки почвы.

Исследования эффективности систем удобрения и обработки почвы проводили на злаковой травосмеси следующего состава и норм высева семян (кг/га): коострец безостый – 8, овсяница луговая – 8, тимофеевка луговая – 5, канареечник тростниковидный – 5, лисохвост луговой – 5.

В качестве удобрений применяли аммиачную селитру, суперфосфат простой гранулированный и хлористый калий.

Азотные и калийные удобрения вносили в два приема: одну половину под первый укос, вторую – под второй. Фосфор-

ные удобрения вносили весной в полной дозе за один прием. Повторность опыта 3-кратная, учетная площадь – 24 м², размер делянок 63 м² (10,5 м × 6 м).

Для определения показателей качества кормов (зеленая масса) отбирали сопряженные пробы с 1 м², которые в последующем анализировали на содержание цезия-137.

Активность молока рассчитывали через равновесный коэффициент перехода радионуклида (при хроническом поступлении для сена 5 кг, для зеленой массы 50 кг) из суточного рациона в животноводческую продукцию [5].

Результаты и их обсуждения. В зоне радиоактивного загрязнения основным показателем качества кормов является содержание в нем ^{137}Cs .

На естественном травостое без применения удобрений содержание ^{137}Cs в зеленой массе трав составляло 1225 и 1064 Бк/кг в урожае 1- и 2-го укосов соответственно, что в 12,3 и 10,6 раза превышает нормативный показатель (100 Бк/кг) [6].

Проведение поверхностного улучшения лугов (без применения удобрений) не обеспечило значимого эффекта, содержание радионуклида в корме значительно превышало допустимую норму. Это закономерно, так как при поверхностном улучшении ^{137}Cs по-прежнему оставался в верхнем слое почвы и был доступен основной массе корневой системы (табл. 1).

1. Содержание ^{137}Cs в зеленой массе многолетних трав в зависимости от способов обработки почвы и минеральных удобрений (в среднем за 1994 – 2007 гг.)

Вариант опыта	Естественный травостой	Сеяная злаковая травосмесь					
		обработка дернины					
		раундапом, 5л/га		дискование почвы			
	1	2	1	2	1	2	
<i>1-й укос</i>							
Контроль	1225	1,0	828	1,0	736	1,0	
$\text{P}_{90}\text{K}_{60}$	239	5,1	168	4,9	154	4,8	
$\text{N}_{60}\text{P}_{90}$	K_{60}	388	3,2	326	2,5	295	2,5
	K_{90}	156	7,9	134	6,2	122	6,0
	K_{120}	116	10,6	95	8,7	84	8,8
$\text{N}_{90}\text{P}_{120}$	K_{90}	215	5,7	144	5,8	124	5,9
	K_{135}	83	14,8	67	12,4	64	11,5
	K_{180}	63	19,4	51	16,2	43	17,1
<i>2-й укос</i>							
Контроль	1064	1,0	709	1,0	656	1,0	
K_{60}	196	5,4	121	5,9	135	4,9	
N_{60}	K_{60}	271	3,9	315	2,3	261	2,5
	K_{90}	138	7,7	119	6,0	108	6,1
	K_{120}	108	9,9	76	9,3	71	9,2
N_{90}	K_{90}	198	5,4	136	5,2	104	6,3
	K_{135}	73	14,6	58	12,2	46	14,3
	K_{180}	61	17,4	47	15,1	30	21,9

Примечание. 1 – содержание ^{137}Cs , Бк/кг; 2 – кратность снижения, раз.

Урожай 1-го укоса. Внесение фосфорно-калийных удобрений в соотношении 3:2 уменьшало поступление ^{137}Cs в 4,8-5,1 раза, в зависимости от фона агротехники. При возрастающих дозах калия (от K_{60} до K_{120}) по фону азота и фосфора ($\text{N}_{60}\text{P}_{90}$) и различных уровнях агротехники наблюдалась тенденция к уменьшению накопления радионуклида в зеленой массе. Аналогичная закономерность получена при внесении калия (от K_{90} до K_{180}) по фону азота и фосфора ($\text{N}_{90}\text{P}_{120}$).

Следует отметить, что, несмотря на равное соотношение азота, фосфора и калия в рассматриваемых вариантах, при повышении доз калия (K_{135} , K_{180}) эффективность его действия

возрастала, происходило существенное нивелирование азота и фосфора в повышении накопления цезия-137.

При увеличении уровня агротехнической нагрузки содержание радионуклида снижалось. Наиболее явно это наблюдалось при совместном взаимодействии с минеральными удобрениями, при этом усиливалось снижение радиоцезия с возрастанием агротехнической и агрохимической нагрузок.

Эффективность применения минеральных удобрений и их влияние на содержание радиоцезия в зеленой массе травосмесей второго укоса были значительно ниже, чем в урожае зеленой массы первого укоса трав.

Урожай 2-го укоса. Внесение калийных удобрений в дозе до 60 кг д.в./га уменьшало поступление ^{137}Cs в зеленую массу трав в 4,9-5,9 раза, азотные удобрения повышали содержание радионуклида в зависимости от фона агротехники.

При возрастающих дозах калия (от K_{60} до K_{120}) по фону азота (N_{60}) при различных уровнях агротехники накопление радионуклида в кормах уменьшалось. Аналогичная закономерность наблюдалась при внесении калия (от K_{90} до K_{180}) по фону азота (N_{60}).

Выявлено, что, при соотношении калия к азоту (1:1, 1:1,5, 1:2) в рассматриваемых вариантах и повышении доз калия (K_{135} , K_{180}) эффективность его действия возрастала, происходило существенное нивелирование азота в увеличении накопления цезия-137 в зеленой массе злаковой травосмеси.

С увеличением уровня агротехнической и агрохимической нагрузок содержание радионуклида снижалось. Наиболее

явно это наблюдалось при их совместном взаимодействии.

Получение нормативно чистых кормов (первого и второго укосов) возможно при применении высоких доз калия (K_{135} , K_{180}) на всех вариантах и (K_{120}) на вариантах с проведением поверхностного улучшения.

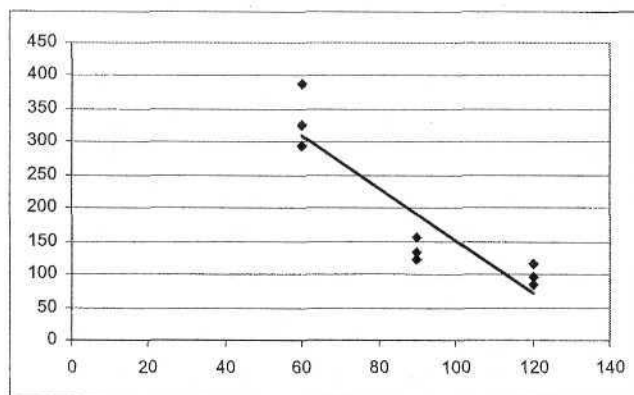
Установленная корреляция (рис.) в урожае первого (а, б) и второго (в, г) укосов между уровнем накопления цезия-137 в зеленой массе растений (у) и дозой калийных удобрений (х) по различным фонам обработки и доз минеральных удобрений, выражает:

а) зависимость содержания ^{137}Cs (Бк/кг) в зеленой массе злаковой травосмеси от возрастающих доз калия (кг д.в./га) при $N_{60}P_{90}$ уравнением вида: $y = -3,97x + 547,67$, при коэффициенте детерминации 0,82;

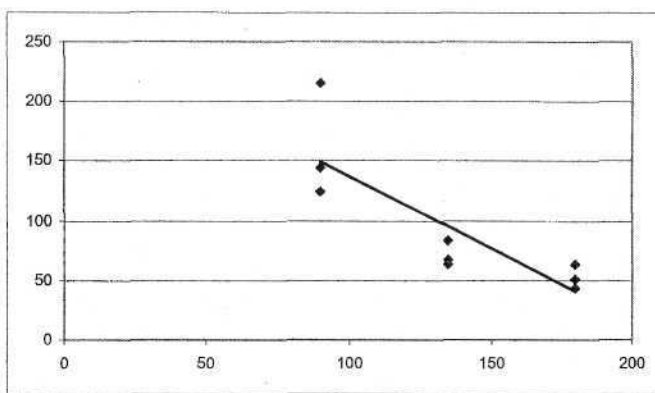
б) зависимость содержания ^{137}Cs (Бк/кг) в зеленой массе злаковой травосмеси от возрастающих доз калия (кг д.в./га) при $N_{90}P_{120}$ уравнением вида: $y = -1,21x + 247,89$, при коэффициенте детерминации 0,70;

в) зависимость содержания ^{137}Cs (Бк/кг) в зеленой массе злаковой травосмеси от возрастающих доз калия (кг д.в./га) при N_{60} уравнением вида: $y = -3,29x + 459$ (рис.), при коэффициенте детерминации 0,85;

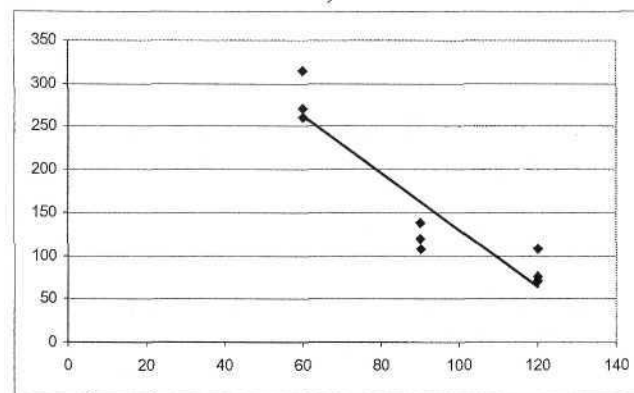
г) зависимость содержания ^{137}Cs (Бк/кг) в зеленой массе злаковой травосмеси от возрастающих доз калия (кг д.в./га) при N_{90} уравнением вида: $y = -1,11x + 233,67$ (рис.), при коэффициенте детерминации 0,65



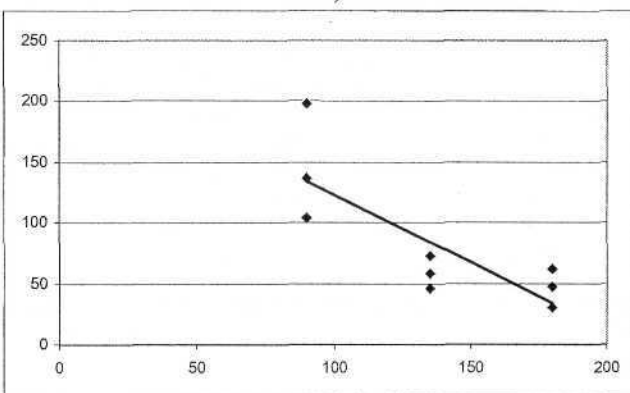
а)



б)



в)



г)

Рис. Зависимость содержания ^{137}Cs (Бк/кг) в зеленой массе злаковой травосмеси от возрастающих доз калия (кг д.в./га)

Для получения кормов (зеленая масса первого и второго укосов), соответствующих нормативу (В.П.13.5.13/06-01), на различных фонах агротехники необходимо вносить калий в дозах: а) 113 кг д.в./га совместно с $N_{60}P_{90}$; б) 123 совместно с $N_{90}P_{120}$; в) 110 совместно с N_{60} ; г) 120 кг д.в./га совместно с N_{90} .

Проведенные расчеты выявили, что не только азотные удобрения повышали доступность радиоцезия для растений, но и фосфорные также увеличивали накопления цезия-137.

Эффективность действия от применения минеральных удобрений и влияния поверхностного улучшения на урожайность зеленой массы травосмесей второго укоса оказалась значительно ниже, чем первого укоса трав (табл. 2).

2. Движение ¹³⁷Cs в цепи корм (зеленая масса) – продукция животноводства (молоко) под влиянием минеральных удобрений и способов обработки почвы (в среднем за 1994 – 2007 гг.)

Вариант опыта	Естественный травостой			Сеяная злаковая травосмесь						
				обработка дернины			дискование почвы			
	1	2	3	раундапом, 5 л/га			дискование почвы			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
<i>1-й укос</i>										
Контроль	52	63,7	612,5	71	58,8	414,0	69	50,8	368,0	
N ₆₀ P ₉₀	P ₉₀ K ₆₀	128	30,6	119,5	150	25,2	84,0	156	24,0	77,0
	K ₆₀	293	113,7	194,0	327	106,6	163,0	331	97,6	147,5
	K ₉₀	267	41,7	78,0	304	40,7	67,0	307	37,5	61,0
N ₉₀ P ₉₀	K ₁₂₀	253	29,3	58,0	319	30,3	47,5	308	25,9	42,0
	K ₉₀	324	69,7	107,5	355	51,1	72,0	350	43,4	62,0
	K ₁₃₅	288	23,9	41,5	341	22,8	33,5	349	22,3	32,0
	K ₁₈₀	298	18,8	31,5	348	17,7	25,5	343	14,7	21,5
<i>2-й укос</i>										
Контроль	24	25,5	532,0	30	21,3	354,5	31	20,3	328,0	
N ₆₀	K ₆₀	55	10,8	98,0	65	7,9	60,5	64	8,6	67,5
	K ₆₀	132	35,8	135,5	147	46,3	157,5	143	37,3	130,5
	K ₉₀	109	15,0	69,0	137	16,3	59,5	124	13,4	54,0
	K ₁₂₀	110	11,9	54,0	138	10,5	38,0	133	9,4	35,5
N ₉₀	K ₉₀	132	26,1	99,0	159	21,6	68,0	158	16,4	52,0
	K ₁₃₅	119	8,7	36,5	149	8,6	29,0	149	6,9	23,0
	K ₁₈₀	122	7,4	30,5	151	7,1	23,5	145	4,4	15,0

Примечание. 1 – урожайность, ц/га; 2 – вынос урожая, кг/га; 3 – активность молока, Бк/л.

На основании результатов многолетних исследований установлено, что на естественном травостое без удобрений получено за два укоса 76 ц/га зеленой массы злаковых многолетних трав, по фону обработки раундапом – 101 и по дискованию почвы – 100 ц/га, т.е. за счет обработки почвы собрано дополнительно 24-25 ц/га.

Наибольшее влияние на урожайность зеленой массы трав оказали азотные удобрения в сочетании с фосфорно-калийными. При увеличении соотношения азота к калию урожайность снижалась. Сеяный травостой использует азот удобрений более эффективно, чем естественный, во всех вариантах прибавка урожая от проведения поверхностного улучшения была выше.

Выявлено, что наибольший вынос с урожаем цезия-137 отмечен при внесении азота к калию в соотношении 1:1, однако увеличение доз удобрений при сохранении соотношения снижало вынос радионуклида и увеличивало урожайность. Отмечена тенденция снижения выноса радиоцезия и урожайности при увеличении доз калия.

Рассматривая цепь движения ¹³⁷Cs из зеленой массы в молоко, следует отметить, что применение N₆₀P₉₀K₆₀, N₆₀K₆₀ и P₉₀K₆₀ на естественном или на сеянном травостое только агротехнических приемов и в сочетании их с N₆₀P₉₀K₆₀ и N₆₀K₆₀ не эффективно, так как получаемое при этом молоко не соответствует СанПиН 2.3.2.1078-01 (100 Бк/л) [7].

Выводы. Получение зеленой массы трав первого и второго укосов, соответствующих нормативу (В.П.13.5.13/06-01) возможно при применении высоких доз калия (K₁₃₅, K₁₈₀) на всех вариантах и (K₁₂₀) на вариантах поверхностного улучшения. Рекомендуемое применение минеральных удобрений в соотношении N: P: K = 1 : 1,5 : 2, не всегда приводило к полу-

чению качественных кормов. Установлено что при более высоких дозах калия с азотом и фосфором эффективность его действия возрастала в соотношении 1 : 1,5 : 1,5.

Для получения молока, соответствующего СанПиН 2.3.2.1078-01, достаточно применение исследуемых доз минеральных удобрений в соотношении N:P:K 1:1,5:1,5 и 1:1,5:2 или N:K 1:1,5 и 1:2.

Литература

1. Алексахин Р.М., Моисеев И.Т., Тихомиров Ф.А. Поведение ¹³⁷Cs в системе почва-растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае // *Агрехимия*. – 1992. – №8. – С. 127-137.
2. Дерюгин И.П., Куртичкинов Н.А., Прокопьев В.В. Агрехимическое обоснование оптимальных параметров содержания в почве подвижных форм фосфора и калия и оптимизация доз фосфорных и калийных удобрений на дерново-подзолистых почвах // *Агрехимия*. – 1995. – №2. – С. 3-11.
3. Кузнецов В.К., Санжарова Н.И. и др. Радиологическое и агрехимическое обоснование оптимальных параметров содержания подвижных форм калия в минеральных почвах, подвергшихся радиоактивному загрязнению // *Агрехимия*. – 2004. – №6. – С. 74-82.
4. Белова Н.В., Санжарова Н.И. и др. Влияние калийных удобрений на транслокацию ¹³⁷Cs в растения из дерново-подзолистой песчаной почвы // *Агрехимия*. – 2009. – №11. – С. 50-56.
5. Козьмин Г.В., Круглов С.В., Курганов А.А. и др. Ведение сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения. – Обнинск: ИАТЭ, 1999. – 187 с.
6. *Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового.* Допустимые уровни содержания радионуклидов ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs. Ветеринарные правила и нормы. ВП 13.5.13/06-01 // *Ветеринар. Патология*. 2002. №4. С. 44-45.
7. *Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: Санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПиН 2.3.2.1078-01.* М.: Минздрав РФ, 2002. 164 с.

EFFECT OF POTASH FERTILIZERS ON THE CONTENT OF CESIUM-137 IN GREEN WEIGHT OF NATURAL FORAGE LANDS UNDER SURFACE IMPROVEMENT

V.G. Sychev¹, N.M. Belous¹, E.V. Smolsky²

¹*Pryanishnikov Research Institute of Agricultural Chemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia*

²*Bryansk State Agricultural Academy,*

ul. Tsvetoch'naya 40-45, Kokino, Vygonichi raion, Bryansk oblast, 243365 Russia, E-mail: sev_84@mail.ru

Laws of changes in the content of cesium-137 in forage and cattle milk long after the Chernobyl accident were analyzed. It was shown that the application of increasing rates of potash fertilizers reduced the input of radiocesium to fodder and livestock products. It was established that higher application rates of potassium leveled the effect of nitrogen and phosphorus at the N : P : K ratio of 1 : 1.5 : 1.5.

Keywords: potash fertilizers, forage lands, cesium-137, green weight of plants, milk.