

УДК 633.11

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

РОЛЬ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ В ИЗМЕНЕНИИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕНОКОСА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПОЙМЫ РЕКИ ИПУТЬ

Атрошенко Павел Петрович
аспирант
Брянский ГАУ, Брянская область, Россия

Смольский Евгений Владимирович
д. с.-х. н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 5507-3447
sev_84@mail.ru
Брянский ГАУ, Россия, 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская 2а

В статье представлены результаты научных исследований по изучению значения минерального удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси целью получения сена на корм скоту, проведенных в период с 2019 по 2021 год в условиях центральной поймы реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области, с плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs территории выше 555 kBq/m^2 . Установили, что поверхностное улучшение и посев мятликовой травосмеси на территории центральной поймы реки Ипуть без применения минерального удобрения, не позволяет получать грубые корма с допустимым содержанием ^{137}Cs , превышение по грубым кормам 3,7 раз. Поверхностное улучшение и посев мятликовой травосмеси слабо изменяют радиологические показатели территории, применения минерального удобрения улучшает радиологические показатели. Увеличением соотношения калия к азоту в минеральном удобрении от 1 к 1 до 1,5 к 1 и выше снижает вынос ^{137}Cs с урожаем, коэффициент перехода радионуклида из почвы в растение, показатель агроэкологической пригодности и увеличивает кратность снижения. Выявили, что количество калия в минеральном удобрении играет важную роль в снижении накопления ^{137}Cs в растениях. Применение минерального удобрения в исследуемых дозах позволяют использовать центральную пойму в качестве сенокоса для получения продукции животноводства с допустимым содержанием ^{137}Cs . Возврат, выведенных из сельскохозяйственного оборота радиоактивно загрязнённых кормовых угодий, необходимо выполнять на основе критерия радиоактивная безопасность

Ключевые слова: РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПОЙМА,

UDC 633.11

4.1.3. Agrochemistry, agrosil science, plant protection and quarantine (agricultural sciences)

THE ROLE OF MINERAL FERTILIZER IN CHANGING THE RADIOECOLOGICAL INDICATORS OF HAYFIELDS OF THE RADIOACTIVELY CONTAMINATED CENTRAL FLOODPLAIN OF THE IPUT RIVER

Atroshenko Pavel Petrovich
graduate student
Bryansk SAU, Bryansk region, Russia

Smolsky Evgeny Vladimirovich
Dr.Sci.Agr., assistant professor
RSCI SPIN-code: 5507-3447
sev_84@mail.ru
Bryansk SAU, Russia, 243365, Bryansk region, Vygonichsky raion, selo Kokino, ul.Sovetskaya 2a

The article presents the results of scientific studies to study the value of mineral fertilizer when cultivating seeded bluegrass grass mixture in order to obtain hay for livestock feed, carried out in the period from 2019 to 2021 in the conditions of the central floodplain of the Iput River, Novozybkovsky District, Bryansk Region, with a density of radioactive contamination ^{137}Cs the territory above 555 kBq/m^2 . It was established that surface improvement and sowing of bluegrass grass mixture on the territory of the central floodplain of the Iput River without the use of mineral fertilizer does not allow obtaining coarse feed with an acceptable ^{137}Cs content, exceeding 3.7 times for coarse feed. Surface improvement and sowing of bluegrass grass mixture slightly change the radiological indicators of the territory, the use of mineral fertilizer improves radiological indicators. By increasing the ratio of potassium to nitrogen in mineral fertilizer from 1 to 1 to 1.5 to 1 and higher, it reduces the yield of ^{137}Cs , the coefficient of transition of the radionuclide from soil to plant, the indicator of agroecological suitability and increases the rate of reduction. It was revealed that the amount of potassium in mineral fertilizer plays an important role in reducing the accumulation of ^{137}Cs in plants. The use of mineral fertilizer in the doses studied makes it possible to use the central floodplain as hayfields to obtain livestock products with an acceptable ^{137}Cs content. The return of radioactively contaminated forage land removed from agricultural circulation shall be performed on the basis of the radioactivity safety criterion

Keywords: RADIOACTIVE CONTAMINATION, CENTRAL FLOODPLAIN, BLUEGRASS GRASS

МЯТЛИКОВАЯ ТРАВΟΣМЕСЬ, МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ, СЕНОКОС, ^{137}CS MIXTURE, MINERAL FERTILIZERS, HAYFIELDS, ^{137}CS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-209-038>

Введение. Доктрина продовольственной безопасности России на период до 2030 года предусматривается осуществить самообеспеченность народонаселения мясом и мясопродуктами в пределах до 85%, молоком и молокопродуктами до 90%. А для успешного ведения мясомолочного скотоводства необходима стабильная кормовая база, основу которой составляют объемистые корма (сено, зеленые корма, силос), на долю которых приходится от 70 до 90 % рациона крупного рогатого скота. Важнейшим и в достаточной степени реализуемым источником производства различных кормов для нужд животноводства в Российской Федерации являются природные кормовые угодья. Однако радиоактивные осадки в результате аварии на Чернобыльской АЭС выпали и загрязнили большую части территории природных кормовых угодий юго-запада Брянской области, что затрудняет ведение кормопроизводства с целью получения продукции с допустимым уровнем содержания ^{137}Cs . Это требует создания эффективных приёмов реабилитации радиоактивно загрязненных кормовых угодий, которые будут повышать продуктивность и качество кормов.

В настоящее время сохраняется вероятность получение дозы облучения за счет продуктов придания, полученных при ведении сельского хозяйства на данной территории. Производство грубых кормов на радиоактивно загрязненных природных кормовых угодьях ведет к вероятности получения продукции животноводства содержанием ^{137}Cs выше допустимых значений.

Существующие контрольные уровни содержания ^{137}Cs в кормах обеспечивают получения молока с нормативным содержанием радионуклида, но не гарантируют получения мяса с соблюдением нормативов по

<http://ej.kubagro.ru/2025/05/pdf/38.pdf>

содержанию ^{137}Cs , при этом высокое содержание ^{137}Cs в продукции животноводства будет носить длительный (десятки лет) [1, 2].

В современных условиях ведения кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения необходимо внедрять такие технологии производства кормов, которые будут обеспечивать радиационную безопасность населения и экономический рост территории [3].

Основной вклад в формирование дозы внутреннего облучения населения вносит потребление критических продуктов питания, на территории юго-запада Брянской области необходимо обращать, особое внимание, за содержанием ^{137}Cs в молоке и мясе КРС, именно эти продукты питания вносят основной вклад в дозу внутреннего облучения населения.

Цель исследований – изучить роль доз минерального удобрения и соотношения в нём элементов питания на радиоэкологические параметры производства грубых кормов на поверхностно улучшенной центральной поймы реки Ипуть в условиях высокого уровня радиоактивного загрязнения.

Материалы и методы исследования. Проведение исследования проходило в 2019-2021 годах на поверхностно улучшенном сенокосе радиоактивно загрязнённой территории центральной поймы реки Ипуть в условиях плотности радиоактивного загрязнения ^{137}Cs территории более 555 кБк/м^2 .

Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы территории исследования: обменная кислотность – 5,2-5,4 ед. (слабокислая); органическое вещество – 2,1-2,7 % (повышенное содержание); подвижный фосфор и калий соответственно 320-440 и 64-80 мг/кг (очень высокое и низкое содержание).

Агротехнические мероприятия поверхностного улучшения центральной поймы: дискование дернины естественного травостоя дисковой бороной в двух направлениях с последующим фрезерованием почвы, предпосевное прикатывание почвы, посев зернотравяной сеялкой смеси

мятликовых трав: 5 кг/га лисохвоста лугового, 6 кг/ га овсяницы луговой, 7 кг/га двукисточника тростникового.

Продуктивность кормового угодья определяли нахождением урожайности воздушно-сухого массы с 1 м². Учет урожая первого укоса проводили в конце июня, второго укоса – в конце августа.

В период исследований с 2019 по 2021 годы агрометеорологические показатели характеризовались как типичные для региона. Анализ изменения агрометеорологических условий вегетационного периода исследований проводили по времени учета урожайности сена.

Период первого укоса характеризовался средней температурой воздуха – 18,3 °С и количеством атмосферных осадков – 104,7 мм, период укоса – соответственно 20,9 °С и 183,5 мм, что говорит о лучшей обеспеченности теплом и влагой посевов мятликовой травосмеси в период второго укоса.

Схема применения минерального удобрения представлена в таблице 1. Полную дозу фосфорного удобрения и половину азотного и калийного удобрения применяли в начале возобновления вегетации, после уборки первого укоса применяли половину азотного и калийного удобрения.

Удельную активность ¹³⁷Cs сена определяли на УСК «Гамма Плюс» (Россия).

При расчете содержания ¹³⁷Cs продукцией животноводства использовали равновесный коэффициент перехода радионуклида в продукцию животноводства при постоянном кормлении 5 кг сена.

Расчет величины дозы внутреннего облучения от продуктов животноводства проводили по общепринятой методике, потребления молока 200,8 л и мяса 31,4 кг брали согласно потребительской корзине в Брянской области.

Суммарная доза внесенного и внутреннего облучения согласно нормативу не более 1000 мкЗв в год.

Результаты и обсуждения. В 2016 году наступил первый период полураспада ^{137}Cs , однако ведение лугового кормопроизводства на радиоактивно загрязненных сенокосах пойменных лугов с высоким уровнем загрязнения в настоящее время обуславливает риск получения сена с уровнем содержания ^{137}Cs выше допустимого норматива. В течение времени от аварии на ЧАЭС до настоящего времени допустимые уровни содержания ^{137}Cs в продукции растениеводства, кормопроизводства и животноводства изменялись. Главные факторы, от которых зависят радиоэкологические показатели территории кормовых угодий, плотность загрязнения ^{137}Cs территории, характера природных условий (почвы, климат), которые обуславливают накопление радионуклидов продукцией кормопроизводства и продуктивность кормовых угодий. Антропогенный фактор в настоящее время ведущий, по средствам которого в зависимости от проведенных защитных мероприятий изменяется накопление радионуклидов продукцией кормопроизводства и продуктивность территории.

Применение агротехнических мероприятий улучшения поймы обуславливает получение сена с содержанием ^{137}Cs выше допустимого уровня (370 Бк/кг). Применение минерального удобрения с одинаковыми дозами азота и калия при возделывании мятликовой травосмеси обуславливает в период первого и второго укосов кратность снижения 2,71-6,13 и 2,81-6,54 удельной активности ^{137}Cs сена в сравнении контрольным вариантом. Увеличение доз калия в минеральном удобрении при сохранении соотношения калия к азоту увеличивает кратность снижения.

Увеличение доз калия в сравнении с азотом в минеральном удобрении до 1,66 обуславливает 8,37 и 8,71 кратность снижения удельной активности ^{137}Cs сена в период первого и второго укосов в сравнении с контролем. Максимальная 9,26 и 9,97 кратность снижения удельной активности ^{137}Cs сена в период первого и второго укосов в сравнении с контролем обусловлена применением максимальных доз калия в минеральном удоб-

рении и соотношении калий к азоту как 1,5 к 1. По нашему мнению, количество калия, вносимое в почву, является ограничивающим фактором потребления растениями ^{137}Cs (табл. 1).

Таблица 1 – Минеральные удобрения в изменении радиоэкологических показателей территории при производстве грубых кормов

Показатель \ Вариант	Контроль		N90P60K90		N90P60K150		N120P60K120		N120P60K180	
	1*	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Удельная активность, Бк/кг	2242	2204	826	784	268	253	366	337	242	221
Продуктивность, т/га	1,79	0,66	6,10	3,55	6,65	4,44	6,48	4,60	6,81	6,65
Кратность снижения, раз	–	–	2,71	2,81	8,37	8,71	6,13	6,54	9,26	9,97
Вынос ^{137}Cs с урожаем, кБк/га	4013	1455	5039	2783	1782	1123	2372	1550	1648	1127
Удельная активность ^{137}Cs почвы, слоя 0-20 см, Бк/кг	1388		1281		1173		1437		1087	
Коэффициент перехода из почвы в растение, ед.	1,62	1,59	0,64	0,61	0,23	0,22	0,25	0,23	0,22	0,20
ПАП, ед.	3,74	3,67	1,38	1,31	0,45	0,42	0,61	0,56	0,40	0,37

*Примечание: 1 – первый укос, 2 – второй укос.

Вынос ^{137}Cs с урожаем сена мятликовой травосмеси зависит от двух составляющих, урожайности и содержания ^{137}Cs в грубом корме, чем выше урожайность и ниже содержание ^{137}Cs , тем меньше вынос радионуклида, нами установлено, что основной фактор, повышающий урожайность является применение азотных удобрений, при этом они и повышают содержания ^{137}Cs в сене. Калийные удобрения, основной фактор, снижающий содержания ^{137}Cs в сене.

Применения минерального удобрения в дозе N90P60K90 за два укоса обуславливает наибольший 5039 и 2783 кБк/га вынос ^{137}Cs с урожаем сена мятликовой травосмеси в период первого и второго укосов. Применение минерального удобрения с одинаковыми дозами азота и калия при возделывании мятликовой травосмеси обуславливает повышение продуктивности кормового угодья и снижение накопления ^{137}Cs продукцией кормопроизводства, однако концентрация ^{137}Cs в сене еще достаточно высокое. Минимальные значения соответственно 1648 и 1127 кБк/га выноса ^{137}Cs с

урожаем сена первого и второго укосов обусловлены применением максимальных доз калия в минеральном удобрении и соотношении калий к азоту как 1,5 к 1 (табл. 1).

Наибольший коэффициент перехода радионуклида из почвы в сено мятликовой травосмеси в период первого и второго укосов выявили при применении агротехнических мероприятий улучшения центральной поймы, данные мероприятия не являются значимым барьером перехода ^{137}Cs из почвы в грубые корма.

Применение минерального удобрения, с соотношением калия к азоту как 1 к 1, при возделывании мятликовой травосмеси снижает коэффициент перехода радионуклида из почвы в сено до 0,64 и 0,61 в зависимости от периода уборки в сравнении контролем. Увеличение доз калия в минеральном удобрении при сохранении одинаковом элементов питания снижает коэффициент перехода ^{137}Cs соответственно в период первого и второго укосов до 0,25 и 0,23. Повышение соотношения элементов питания в сторону калия и доз калия в минеральном удобрении в период первого и второго укосов снижает данный показатель до минимума 0,22 и 0,20. Калий является барьером поступление ^{137}Cs из почвы в растения (табл. 1).

Показатель агроэкологической пригодности (ПАП) показывает отношение фактического содержания ^{137}Cs в грубых кормах к допустимому значению по нормативу. Если ПАП выше единицы, то территория не пригодна для ведения кормопроизводства, если ниже единицы, то на данной территории возможно кормопроизводство.

Поверхностное улучшение центральной поймы реки Ипуть и посев мятликовой травосмеси с целью получения грубых кормов для кормления крупного рогатого скота в условиях плотности загрязнения ^{137}Cs территории выше 555 кБк/м^2 обуславливает показатель агроэкологической пригодности на уровне 3,74-3,67 ед. в зависимости от периода использования,

это говорит о недопустимости использования природных кормовых угодий в качестве сенокоса с целью получения грубых кормов.

Минимальные значения 0,40 и 0,37 ПАП выявили при максимальных дозах калия в минеральном удобрении и соотношении калия к азоту в удобрении как 1,5 к 1. Снижение доз калия в минеральном удобрении и повышения доли азота обуславливает увеличения значений ПАП (табл. 1).

Поверхностное улучшение, посев мятликовых трав и применение минерального удобрения при производстве грубых кормов в условиях, высокого уровня радиоактивного загрязнения территории центральной поймы реки Ипуть, позволяет вернуть кормовые угодья в сельскохозяйственный оборот. Различные технологические приёмы возделывания мятликовой травосмеси по-разному влияют на изменения радиозоологических показателей территории.

Расчет модели поведения радионуклида ^{137}Cs в зависимости от применяемого минерального удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси в условиях плотности радиоактивного загрязнения ^{137}Cs более 555 кБк/м^2 позволит оценить накопления ^{137}Cs продукцией кормопроизводства, животноводства и человеком, что позволит спрогнозировать переход ^{137}Cs по пищевой цепи.

В период исследований использование поверхностно улучшенной центральной поймы реки Ипуть в качестве сенокоса при плотности радиоактивного загрязнения ^{137}Cs выше 555 кБк/м^2 для производства грубых кормов и последующего их скармливание крупному рогатому скоту недопустимо. В результате хронического скармливания 5 кг сена первого или второго укосов получаемая продукция животноводства не соответствует нормативу по допустимому содержанию ^{137}Cs в молоке и мясе. В результате расчета получили, что кормлении скота сеном ведет к риску получения молока с содержанием ^{137}Cs 110-112 Бк/л в зависимости от периода уборки урожая (норматив 100 Бк/л). Производство мяса КРС при скармливания се-

на мятликовой травосмеси первого и второго укосов ведет к риску получения мяса с содержанием ^{137}Cs соответственно 448 и 441 Бк/кг, что превышает норматив (200 Бк/кг) в 2,2 раза (табл. 2).

Таблица 2 – Модель миграции ^{137}Cs по пищевой цепи при использовании природных кормовых угодий в качестве сенокоса

Вариант	Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг (л)			Доза внутреннего облучения, получаемая за счет молока и мяса, мкЗв/год
	сено	молоко	мясо	
первый укос				
Контроль	2242	112	448	476
N45P60K45	826	41	165	175
N45P60K75	268	13	54	57
N60P60K60	366	18	73	78
N60P60K90	242	12	48	51
второй укос				
Контроль	2204	110	441	468
N45K45	784	39	157	166
N45K75	253	13	51	54
N60K60	337	17	67	71
N60K90	221	11	44	47

Установили, что потребление молока и мяса, полученных при кормлении КРС сеном, полученным с поверхностно улучшенной поймы в условиях высокого радиоактивного загрязнения, формирует дозу внутреннего облучения населения 468-476 мкЗв/год, только за счет данных продуктов, что отвечает требованиям радиационной безопасности (1000 мкЗв/год).

Применение минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси на поверхностно улучшенных пойменных лугах в дозах и соотношениях элементов питания предусмотренных схемой исследования снижает переход ^{137}Cs из почвы в корма и далее по пищевой цепи (табл. 2).

Скармливание скоту 5 кг сена мятликовой травосмеси первого или второго укосов, при возделывании которой применяли соответственно дозы N45P60K45-N60P60K60 и N45K45-N60K60 минерального удобрения

обуславливает получения молока с содержанием ^{137}Cs 18-41 Бк/л и мяса с содержанием ^{137}Cs 67-165 в зависимости от периода уборки урожая. Повышение соотношения калия к азоту и доз калия в минеральном удобрении при возделывании мятликовой травосмеси и дальнейшее скармливания полученного грубого корма скоту обуславливает получения молока с содержанием ^{137}Cs 11-13 Бк/л и мяса с содержанием ^{137}Cs 44-54 в зависимости от периода уборки урожая. Потребление в пищу человеком молока и мяса, с данным содержанием радионуклида, ведет к получению дозы внутреннего облучения 47-57 мкЗв/год (табл. 2).

Заключение. Производство грубых кормов из сеяной мятликовой травосмеси на радиоактивно загрязненной центральной пойме реки Ипуть в природно-климатических условиях 2019-2021 годов без применения минерального удобрения обуславливает получение сена с превышением в 3,7 раза допустимым уровень содержанием ^{137}Cs .

Различия климатических условия, времени уборки урожая сена мятликовой травосмеси, не оказывают значимого влияния на изменения радиэкологических показателей территории исследования.

Применение поверхностного улучшения с посевом мятликовой травосмеси слабо изменяют радиологические показатели территории, использования минерального удобрения улучшает радиологические показатели. Установили, что кратность снижения удельной активности ^{137}Cs сена, вынос ^{137}Cs с урожаем, коэффициент перехода, показатель агроэкологической пригодности зависят от соотношения калия к азоту, а также от количества калия в минеральном удобрении. Применение минерального удобрения в исследуемых дозах позволяют использовать центральную пойму в качестве сенокоса для получения продукции животноводства с допустимым содержанием ^{137}Cs .

В заключении, необходимо отметить, что возделывание сеяной мятликовой травосмеси при поверхностном улучшении радиоактивно загрязнённой центральной поймы должно отвечать критерию радиоактивной

безопасности, выполнение которого позволит вернуть выведенные из сельскохозяйственного оборота кормовые угодья.

Литература

1. Радиоэкологическое обоснование контрольных уровней содержания ^{137}Cs в кормах сельскохозяйственных животных / С. В. Фесенко, Н. Н. Исамов, П. В. Прудников и др. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2021. – Т. 61, № 6. – С. 652-663.
2. Панов, А. В. Возвращение радиоактивно загрязненных территорий к нормальной жизнедеятельности: современные проблемы и пути решения (к 35-летию аварии на Чернобыльской АЭС) / А. В. Панов // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2021. – № 1. – С. 5-13.
3. Просянников, Е. В. Адаптивный подход к использованию пойменных угодий, загрязненных цезием / Е. В. Просянников, А. Л. Силаев // Кормопроизводство. – 1999. – № 2. – С. 11-14.

References

1. Radiojekologicheskoe obosnovanie kontrol'nyh urovnej sodержaniya ^{137}Cs v kormah sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh / S. V. Fesenko, N. N. Isamov, P. V. Prudnikov i dr. // Radiacionnaja biologija. Radiojekologija. – 2021. – Т. 61, № 6. – S. 652-663.
2. Panov, A. V. Vozvrashhenie radioaktivno zagrjzennnyh territorij k normal'noj zhiznedejatel'nosti: sovremennye problemy i puti reshenija (k 35-letiju аварии na Chernobyl'skoj AJeS) / A. V. Panov // Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnyh situacijah. – 2021. – № 1. – S. 5-13.
3. Prosjannikov, E. V. Adaptivnyj podhod k ispol'zovaniju pojmnennyh ugodij, zagrjzennnyh ceziem / E. V. Prosjannikov, A. L. Silaev // Kormoproizvodstvo. – 1999. – № 2. – S. 11-14.