

ВЗАИМОСВЯЗЬ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С КАЧЕСТВОМ КОРМОВ И МИГРАЦИЕЙ РАДИОНУКЛИДОВ

А.Г. Подоляк, А.Ф. Карпенко, Т.В. Ласько

*Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Институт радиологии»,
г.Гомель, kaf51@list.ru*

В получении максимальной продуктивности животных большое значение имеет питательная ценность используемых кормов. О ней можно судить на основании данных о содержании в корме сухого вещества и его химическом составе. Низкое качество травяных кормов является важным сдерживающим фактором повышения продуктивности отрасли животноводства. Поэтому в зоне радиоактивного загрязнения актуальной является разработка эффективных агрохимических мер, учитывающих особенности почв и их загрязнение, для получения нормативно чистых питательных кормов (*Рекомендации по ведению..., 2008; Агрохимия, 2000; Карпенко, 2012*).

Торфяные почвы различных типов и с разной мощностью торфа в настоящее время занимают 754 432 га, из них на сенокосы и пастбища приходится 518 064 га или 25,9% общей площади сенокосов и пастбищ. Под пашней находится 236 368 га торфяно-болотных почв или 5,2% от общей площади пашни. В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС более 500 тыс.га торфяно-болотных почв подвержено загрязнению радионуклидами (*Лана, 2002; Подоляк, 2002; Научные основы..., 2011*).

По результатам последнего тура агрохимического и радиологического обследования отмечено снижение содержания в почвах фосфора и калия, особенно на сенокосах и пастбищах. Низко- и слабообеспеченные подвижным калием почвы (<400 мг/кг) занимают: в Гомельской области – 71,5%, Брестской – 72,4% и Могилевской – 86,1% от общей площади всех сенокосов и пастбищ. Однако основная доля растениеводческой продукции и кормов, не отвечающих требованиям РДУ, производится именно на почвах данного типа (*Прогнозирование накопления..., 2005*).

Анализ результатов экспериментальных исследований свидетельствует о том, что наибольший радиоэкологический эффект от применения защитных мероприятий на торфяно-болотных почвах дает внесение повышенных доз калийных удобрений на фоне сбалансированного азотного и фосфорного питания, с применением микроудобрений и известкования (*Урожай и содержание..., 2007*).

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

В СПК «Оборона» Добрушского района Гомельской области на протяжении 2008–2010 гг. проводился полевой эксперимент на торфяно-болотной маломощной почве для разработки защитных мероприятий. Почва опытного участка низинная торфяно-болотная маломощная (0,8–1,0 м), подстилаемая песком. Торф древесно-осоковый с зольностью 17,6%, Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs – 369 кБк/м² (10 Ки/км²), ^{90}Sr – 14,0 Бк/м² (0,38 Ки/км²). Исходные средние агрохимические показатели

почвы: рН_{KCl} 5,38, К₂O – 300 мг/кг, Р₂O₅ – 202 мг/кг, СаО – 1349, MgO – 524 мг/кг почвы, сумма поглощенных оснований – 93,7 ммоль/100 г почвы, содержание меди – 7,4 мг/кг почвы. Общая площадь делянки 18 м², учетная – 10 м². Состав травосмеси: костреч безостый – 14 кг/га, овсяница луговая и тимофеевка луговая по 6 кг/га.

Предшественник – редька масличная. В соответствии со схемой полевого эксперимента проводилось изучение накопления ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в контрольном варианте без удобрений, в варианте с удобрениями в дозе N₃₀P₆₀K₁₂₀ (минимальные дозы удобрений), в вариантах на фоне N₃₀P₆₀K₁₂₀ с медными удобрениями и различными дозами и соотношениями минеральных удобрений. В 20 вариантах (4 повторности) испытаны дозы азота 30, 60, 90 кг/га, дозы фосфора 60 и 90 кг/га, калия 120, 180 и 240 кг/га в различных сочетаниях в двух блоках – с известкованием 3 т/га СаСО₃ и без известкования. Подготовка проб почвы и растительных образцов к анализу производилась по общепринятым методикам.

На основании проведенных полевых опытов было установлено, что внесение удобрений в дозах N₃₀P₆₀K₁₂₀+Cu_{200г/га} привело к росту урожая в 2,4 раза (прибавка составила 53,3 ц/га) (таблица 1).

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

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

Дополнительное внесение азота в дозе 30 кг/га д.в. способствовало повышению урожая на 12,3 ц/га. Увеличение дозы азота еще на 30 кг/га д.в. на фоне N₆₀P₆₀K₁₂₀+Cu_{200г/га} оказало незначительное влияние на продуктивность трав, прибавка составила 4,5 ц/га. Следовательно, повышение дозы азота выше 60 кг/га д.в. не целесообразно, так как не рентабельно. Применение высоких доз фосфорных удобрений нерентабельно в связи с низкой прибавкой урожая и невысокой ее стоимостью, которая не окупает затраты на приобретение удобрений.

Прибавка урожая от калийных удобрений в дозах 60 и 120 кг/га д.в. на фоне N₃₀P₆₀K₁₂₀+м/э составила 74,9 и 81,1 ц/га соответственно. Более высокие дозы калийных удобрений увеличивают непроизводственные потери калия, повышают содержание калия в травах, происходит существенный сдвиг соотношения в кормах двухвалентных и одновалентных катионов, что заметно ухудшает их качественные показатели. Как показали исследования, на торфяно-болотных почвах оптимальным соотношением между фосфором и калием в питательном растворе для многолетних трав является от 1:1,5 до 1:2.

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

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

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

Внесение фосфорных удобрений в дозе 90 кг/га д.в. под злаковую травосмесь на торфяной почве снижает величину накопления ¹³⁷Cs в 1,2 и ⁹⁰Sr в 1,1 раза. Учитывая дефицит фосфорных удобрений и их высокую себестоимость, рекомендуется на загрязненных торфяных землях обеспечить вне-

сение минимума фосфорных удобрений, необходимого для сбалансированного питания травостоев с учетом содержания подвижных форм фосфора в почве.

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

Вариант	Кп* ^{137}Cs Бк/кг : кБк/м ²	Кратность снижения ^{137}Cs , раз	Кп ^{90}Sr Бк/кг : кБк/м ²	Кратность снижения ^{90}Sr , раз
N ₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,7±0,3	–	2,6±0,3	–
N ₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ +м/э	3,4±0,2	1,1	2,5±0,2	1,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + м/э	4,5±0,4	0,8	2,9±0,1	0,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + м/э	5,1±0,4	0,7	3,1±0,2	0,8
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₈₀ + м/э	2,1±0,3	1,8	2,0±0,1	1,3
N ₆₀ P ₉₀ K ₂₄₀ + м/э	1,6±0,1	2,2	1,8±0,1	1,4
N ₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ +м/э +CaCO ₃	3,1±0,3	1,2	2,4±0,2	1,1

*Кп – коэффициент перехода.

С повышением количества калия в почве или питательной среде снижается поступление ^{137}Cs в растения. Это связано с антагонистическим характером отношения цезия и калия в почвенном растворе и позитивным влиянием последнего на урожай, особенно на низкообеспеченных калием почвах. На слабообеспеченной калием (300 мг/кг почвы) торфяной почве с сеяной злаковой травосмесью повышение доз калийных удобрений от 120 до 180 и 240 кг/га д.в. позволяет значительно снизить коэффициент перехода ^{137}Cs . Так на фоне N₆₀ P₉₀ увеличение дозы калия от 120 до 180 кг/га д.в. Кп ^{137}Cs уменьшается в 1,7 раз, доведение калия до 240 кг/га д.в снижает переход в 2,2 раза. Снижение содержания ^{90}Sr незначительно до 1,2 раза.

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

Проведение поддерживающего известкования в дозе 3 т/га CaCO₃ на фоне N₃₀P₆₀K₁₂₀+м/э привело к незначительному снижению накопления ^{137}Cs в сене в 1,2 раза, Кп ^{90}Sr снизился с 2,5 до 2,4.

Совместное внесение дополнительных доз азота (30 кг/га д.в.), фосфора (30 кг/га д.в.) и калия (60 и 90 кг/га д.в.) на фоне N₃₀P₆₀K₁₂₀+м/э позволило снизить КП ^{90}Sr с 2,5 до 2,2 и 1,9 соответственно.

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

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

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

Вариант	Сырые		К	Са	Mg	К Ca+Mg	Нитраты мг/кг
	клетчатка	протеин					
	%						
N30P60K120	36,5	11,6	2,5	0,57	0,21	3,2	477
N30P60K120+м/э	32,0	10,7	2,5	0,52	0,18	3,6	536
N60P90K180+м/э	30,2	11,1	2,6	0,75	0,33	2,4	651
N60P90K240+м/э	33,3	11,8	2,6	0,64	0,35	2,6	865

Наилучшие показатели зоотехнического качества сена отмечены в варианте N₆₀P₉₀K₁₈₀+м/э, где содержание сырого протеина составило 10,3%, сырой клетчатки 30,1% и обменной энергии 0,65 к.ед. в 1 кг сухого вещества, а также содержание нитратов в корме находилось в пределах допустимого уровня (до 1000 мг/кг).

Содержание клетчатки в более 50% вариантов опыта превышало оптимальные показатели, калий в сене находился в оптимальном диапазоне, соотношение К/(Са+Mg) в большинстве вариантов откло-

нялось от рекомендуемого в сторону увеличения, показатели нитратов в сене находились в пределах допустимого уровня в кормах. Следовательно, содержание сырого протеина, сырой клетчатки и кормовых единиц в сене многолетних злаковых трав зависит от различных доз минеральных удобрений.

По мере повышения загрязнения почв радионуклидами потребность в калии увеличивается. Изучение содержания калия в многолетних травосмесях особенно важно на торфяных почвах, так как применение повышенных доз калийных удобрений может приводить к избыточному накоплению данного элемента в растениях. При внесении высоких доз калийных удобрений содержание калия в растениях превышает нормативные показатели, поэтому доза K_{280} может применяться только на сбалансированном фоне $N_{60}P_{90}$.

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

Применение азотных, фосфорных и калийных удобрений может приводить к переходу в разряд дефицитных других элементов питания, в частности, микроэлементов. Микроэлементы повышают эффективность азота, фосфора и калия и их поступления в растения. Микроэлементы влияют на передвижение и перераспределение минеральных элементов в растении. Так, цинк изменяет проницаемость мембран для калия и магния. При внесении на торфяных почвах меди увеличивается усвояемость фосфора. Роль медных удобрений возрастает при известковании почв.

Допустимый уровень содержания основных микроэлементов в грубых кормах составляет (мг/кг): железо – 100; медь – 30; цинк – 30; кобальт – 1,0; йод – 2,0. Изменения в содержании микроэлементов в сене многолетних злаковых трав в зависимости от доз вносимых удобрений представлены в таблице 4.

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

Вариант	Fe	Cu	Zn	Co	Mn	I
	мг/кг					
Без удобрений	83,0	7,8	25,2	0,060	95,7	0,25
N30P60K120	71,3	5,6	17,3	0,053	94,8	0,16
N30P60K120+м/э	79,3	6,9	16,8	0,062	105,7	0,15
N60P90K180+ м/э	76,0	7,8	22,9	0,055	120,9	0,15
N60P90K240+ м/э	64,7	8,3	23,4	0,059	120,0	0,17

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

Результаты трехлетних исследований позволяют сформулировать следующие предложения производству. При залужении многолетними злаковыми травами сенокосов на низинных торфяно-болотных почвах с низким содержанием фосфора (200 мг/кг почвы), калия (300 мг/кг почвы) и загрязненных радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr , целесообразно применять следующие наиболее оптимальные дозы минеральных удобрений: азотные – 60 кг/га д.в., фосфорные – 60–90 кг/га д.в., калийные – 180–240 кг д.в. и медные – 200 г/га в виде некорневой подкормки. При данной системе удобрений отмечается наиболее высокая урожайность многолетних трав, наибольшее снижение коэффициентов перехода радионуклидов и наилучшие показатели зоотехнического качества кормов.

Список использованных источников

Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2008. – 74 с.

Агрохимия / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. // Учеб. пособие. – Минск: Ураджай, 2000. – 319 с.

Карпенко, А.Ф. Эколого-экономические проблемы агропроизводства Гомельской области после Чернобыльской катастрофы: монография / А.Ф. Карпенко. – Брянск: Дельта, 2012. – 258 с.

Урожай и содержание основных элементов питания в многолетних злаковых травах при возделывании на осушенной торфяно-болотной почве / С.А. Касьянчик [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2007. – №1. – С. 42–48.

Лапа, В.В. Оптимальные дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры (рекомендации) / В.В. Лапа, В.Н. Босак // Белорус. РУП Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2002. – 25 с.

Подоляк, А.Г. Влияние агрохимических и агротехнических приемов улучшения основных типов лугов Белорусского Полесья на поступление в травостой ^{137}Cs и ^{90}Sr : автореф. дис. ...канд. с-х. наук 06.01.04 / А.Г. Подоляк; НИРУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2002. – 19 с.

Прогнозирование накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в травостоях основных типов лугов Белорусского Полесья по агрохимическим свойствам почв / А.Г. Подоляк [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т.45, № 1. – С. 100–111.

Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий загрязненных в результате крупных радиационных аварий / Н.Н. Цыбулько [и др.] // Под общ. ред. Н.Н. Цыбулько. – Минск: Институт радиологии, 2011. – 438 с.

* * * * *