

УДК 631.416: 631.82: 633.2.031

https://doi.org/10.52754/16948696_2023_1_3

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СОСТАВ ПОЧВЫ СЕНОКОСА

Минералдык жер семирткичтердин чабындылардын топурагын составына тийгизген таасири

Influence of mineral fertilizers on the soil composition of hayfields

Тебердиев Далхат Малчиевич

Тебердиев Далхат Малчиевич

Teberdiev Dalkhat Malchievich

д.с.-х.н., профессор

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса (ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса») г Лобня, Московская обл., Россия

айыл чарба илимдеринин доктору, профессор

Вильямс В.Р. атындагы тоют даярдоо жана агроэкология боюнча федералдык илимий борбор. (ФНЦ «ВИК В.Р.

Уильямс атындагы»), Лобня, Москва облусу, Россия

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

Чуйков Виктор Анатольевич

Чуйков Виктор Анатольевич

Chuikov Victor Anatolyevich

к.с.-х.н., доцент

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса (ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса») г Лобня, Московская обл., Россия

айыл чарба илимдеринин кандидаты, доцент

Вильямс В.Р. атындагы тоют даярдоо жана агроэкология боюнча федералдык илимий борбор. (ФНЦ «ВИК В.Р.

Уильямс атындагы»), Лобня, Москва облусу, Россия

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

Родионова Анна Владимировна

Родионова Анна Владимировна

Rodionova Anna Vladimirovna

к.с.-х.н., доцент

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса (ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса») г Лобня, Московская обл., Россия

айыл чарба илимдеринин кандидаты, доцент

Вильямс В.Р. атындагы тоют даярдоо жана агроэкология боюнча федералдык илимий борбор. (ФНЦ «ВИК В.Р.

Уильямс атындагы»), Лобня, Москва облусу, Россия

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

Запивалов Сергей Александрович

Запивалов Сергей Александрович

Zapivalov Sergey Alexandrovich

к.с.-х.н

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса (ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса») г Лобня, Московская обл., Россия

Российский государственный аграрный университет –

МСХА имени К.А. Тимирязева

айыл чарба илимдеринин кандидаты

Вильямс В.Р. атындагы тоют даярдоо жана агроэкология боюнча федералдык илимий борбор. (ФНЦ «ВИК В.Р.

Уильямс атындагы»), Лобня, Москва облусу, Россия

Россия мамлекеттик агрардык университети – К. Тимирязев атындагы Москва айыл чарба академиясы

Candidate of Agricultural Sciences

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

vik_lugovod@bk.ru

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СОСТАВ ПОЧВЫ СЕНОКОСА**Аннотация**

Влияние длительного применения минеральных удобрений на накопление тяжелых металлов в различных по составу почвах является актуальной проблемой в Нечерноземной зоне России. Основной задачей исследований, проводившихся в ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», являлось определение влияния длительного использования минеральных удобрений на агрохимические показатели почвы, накопление тяжелых металлов. Систематическое применение минеральных удобрений на дерново-подзолистой суглинистой почве сенокоса в течение 74 лет не оказало отрицательного действия на ее агрохимические показатели. Напротив, возросло содержание органического вещества на 30–40 % по вариантам опыта. Снизилась кислотность почвы с pH 4,3 до 4,5–5,3. Содержание токсичных элементов (кадмия, свинца) характеризовалось равномерностью их распределения по горизонту 0–20 см.

Ключевые слова: сенокос, минеральные удобрения, длительное действие, микроэлементы, токсичные элементы, экологическая безопасность.

Минералдык жер семирткичтердин чабындылардын топурагын составына тийгизген таасири**Аннотация**

Минералдык жер семирткичтерди узак мөөнөттүү колдонуунун ар кандай составдагы топурактагы оор металлдардын топтолушуна тийгизген таасири Россиянын Черноземдүү эмес зонасында актуалдуу көйгөй болуп саналат. Изилдөөнүн негизги максаты «ВИК им. В.Р. Вильямс», минералдык жер семирткичтерди узак убакыт колдонуунун кыртыштын агрохимиялык керсеткучтерине, оор металлдардын топтолушуна тийгизген таасирин аныктоо болгон. 74 жыл бою чөп чабындынын чоптуу-подзолдуу топуракта минералдык жер семирткичтерди системалуу пайдалануу анын агрохимиялык керсеткучтерине терс таасирин тийгизген эмес. Тескерисинче, эксперименттин варианттары боюнча органикалык заттардын курамы 30–40% көбөйгөн. Жердин кычкылдуулугу pH 4,3тен 4,5-5,3кө чейин төмөндөгөн. Уулуу элементтердин (кадмий, коргошун) курамы 0–20 см горизонтто бирдей таралышы менен мүнөздөлгөн.

Ачык сөздөр: чөп чабуу, минералдык жер семирткичтер, узак мөөнөттүү аракет, микроэлементтер, уулуу элементтер, экологиялык коопсуздук

Influence of mineral fertilizers on the soil composition of hayfields**Annotation**

The influence of long-term use of mineral fertilizers on the accumulation of heavy metals in soils of different composition is an urgent problem in the Non-Chernozem zone of Russia. The main objective of the research conducted at the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, was to determine the effect of long-term use of mineral fertilizers on the agrochemical indicators of the soil, the accumulation of heavy metals. The systematic use of mineral fertilizers on the soddy-podzolic loamy soil of the hayfield for 74 years did not have a negative effect on its agrochemical indicators. On the contrary, the content of organic matter increased by 30–40% according to the variants of the experiment. Soil acidity decreased from pH 4.3 to 4.5–5.3. The content of toxic elements (cadmium, lead) was characterized by their uniform distribution over the 0–20 cm horizon

Key words: hayfield, mineral fertilizers, long-term action, microelements, toxic elements, environmental safety.

Введение

Интенсификация лугового кормопроизводства на фоне энергосберегающих технологий обеспечивают высокую урожайность агрофитоценозов и получение высококачественных кормов [1, 2]. Одним из основных условий достижения высокой продуктивности в течение длительного периода является обеспечение потребности в питательных элементах за счет применения удобрений [3, 4]. Однако, при этом является актуальным вопрос агрохимического состояния почв. Длительное применение различных удобрений в значительной степени может отразиться на свойствах почвы за счет изменения степени подвижности элементов в составе и реакции почвенной среды, так как для производства их, особенно фосфорных, используется различное природное сырье, содержащие и примеси многих минералов (микроэлементов, тяжелых металлов) [5, 6].

Так, применение азотных удобрений в почву может способствовать увеличению подвижности цинка и кадмия, но не оказывают на подвижность меди, могут снижать подвижности свинца. Органические удобрения и известь снижают доступность растениям тяжелых металлов. Фосфорные образуют с тяжелыми металлами трудно растворимые соединения. Калийные удобрения оказывают слабое влияние на подвижность элементов в почве [7].

Наибольшее количество примесей тяжелых металлов содержат фосфорные удобрения, в которых высокую опасность представляет кадмий. Содержание кадмия в количестве 8 мг/кг сухого вещества может быть опасным уровнем для применяемых удобрений [8, 9, 10].

Следует указать, что данные о накоплении тяжелых металлов в почве при регулярном применении минеральных удобрений в основном получены в опытах с полевыми культурами в системе севооборотов, длительность которых 10-15 лет. Для более полной и объективной оценки их действия желательно иметь результаты более длительных исследований.

Материалы и методы исследования

Действие длительного использования минеральных удобрений на агрохимические показатели почвы, содержание тяжелых металлов и качество растительной продукции изучали на долголетнем сенокосе в ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Опыт заложен в 1946 г. для изучения влияния длительного и систематического внесения минеральных, органических удобрений и их сочетания на продуктивность сенокоса изменение состава почвы.

Для исследований в статье взяты, в первую очередь, микроэлементы – медь и цинк, которые являются незаменимыми для жизни растений и животных, а также наиболее токсичные и опасные элементы – кадмий и свинец. Определение содержания микроэлементов в почве и растениях проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре NOV AA-300 с дейтериевым корректором фона, с использованием горючей смеси – воздух-ацетилен. Подвижные кислоторастворимые формы микроэлементов определяли в вытяжке 1 М HCL. Отношение почвы к раствору 1:10, взбалтывание на ротаторе 1 час.

Среднесуглинистая дерново-подзолистая почва участка перед закладкой опыта характеризовалась как сильноокислая – pH_{KCL} 4,3, с низким содержанием гумуса – 2,03; среднеобеспеченная фосфором – 50 мг/кг, и калием – 70 мг/кг почвы. Травостой создан посевом семикомпонентной травосмеси: клевер красный, клевер ползучий, тимофеевка луговая, овсяница луговая, лисохвост луговой,

кострец безостый, мятлик луговой.

За 74 года опыта в почву ориентировочно внесено с минеральными удобрениями: меди – 62,9 г/га, цинка – 154,5 г/га, кадмия – 27,7 г/га, свинца – 173,0 г/га, большая часть поступила с фосфорными удобрениями.

Результаты и обсуждения

Длительное систематическое внесение минеральных удобрений оказывает определенные действия на агрохимические свойства почв. Результаты анализов показали, что применение фосфорно-калийных удобрений снижали реакции почвенного раствора с сильнокислотной до слабокислотной (4,3 до 4,5-5,0 pH). Действие физиологически кислых азотных удобрений, было незначительным. Содержание органического вещества в почве увеличилось на 30-40%, хотя запас гумуса в почве остается менее 4% в горизонте 10-20 см (табл.1).

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка (0–20 см), 2020г.

Вариант	pH _{KCL}	Гумус, %	Азот гидролиз, %	Подвижные, мг/кг почвы					
				P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Cd	Pb
Без удобрений	4,9	3,34	0,136	38,4	52,5	3,9	7,6	0,25	2,8
P ₄₅	5,0	3,39	0,137	180,5	45,9	3,5	7,8	0,25	3,0
K ₉₀	4,7	3,05	0,134	31,2	97,8	3,8	8,3	0,27	3,4
P ₄₅ K ₉₀	5,0	3,74	0,170	163,4	77,9	3,7	9,0	0,28	3,9
N ₁₂₀ P ₄₅ K ₉₀	4,8	3,30	0,139	107,5	49,2	3,6	8,0	0,28	4,2
N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + 20 т/га навоз 1 раз в 4 года	4,7	3,72	0,139	39,4	55,6	5,0	10,1	0,30	2,5
НСР ₀₅	-	-	-	66	22	0,7	0,9	0,01	0,55

Некоторые исследователи считают, что длительное применение минеральных удобрений, не только снижает содержание гумуса в почве, но и ухудшает его качество – уменьшается содержание общего углерода, гуминовых кислот и активных компонентов почвы, что приводит к разрушению органического вещества и снижению плодородия почвы. Причиной этому является недостаточное поступление в почву свежего органического вещества и более интенсивная его минерализация [11].

На необрабатываемых почвах и почвах сенокосов содержание гумуса находится в равновесном состоянии, так как происходит постоянная подпитка почвы остатками травостоев. Одним из основных показателей качества гумуса является отношение C:N, чем оно ниже, тем более гумус обогащен азотом. Для определения соотношения C:N иногда используют косвенный метод Вольфа, в котором расчетный коэффициент 1,724 умножают на содержание углерода в гумусе.

Коэффициент 1,727 получен из расчета, что в гумусе содержится 58 % углерода [12].

Для дерново-подзолистой суглинистой почвы опытного участка C:N составляет: C = 3,30 % : 1,724 = 1,91, где 3,30 % – содержание гумуса C:N = 1,91:0,14=13,6.

Соотношение 10,0 и менее характерно для качества гумуса в черноземах, для дерново-подзолистых почв – 11–15. Для почвы опытного участка C:N = 13,6, что можно считать оптимальным.

Отмечено положительное влияние длительного применения минеральных удобрений на увеличение содержания подвижного фосфора, особенно в вариантах с этим удобрением до 240–260 мг/кг в слое 0–10 см и 80–100 мг/кг в слое 10–20 см, что согласно классификации обеспеченности почв считается высоким. Повышенной обеспеченностью характеризовалась почва и по содержанию обменного калия – 113–128 мг/кг.

При закладке опыта в почве не проводилось определение подвижных форм микроэлементов – меди, цинка и токсичных элементов – кадмия и свинца, так как в то время отсутствовали методы их определения, поэтому полученные нами результаты (табл. 2) являются исходными. Согласно данным химического анализа после 74 лет систематического внесения минеральных удобрений, почва участка на сенокосе была высоко обеспечена подвижной медью – 3,6–5,0 мг/кг и цинком – 8,0–10,0 мг/кг почвы. Содержание в почве подвижных кадмия и свинца составило 0,25–0,30 мг/кг и 2,5–4,2 мг/кг, соответственно.

Расчеты поступивших примесей микроэлементов и токсичных элементов по варианту N₁₂₀P₄₅K₉₀ показали, что с минеральными удобрениями за 2020 г. поступило: меди – 1,2 г/га, цинка – 2,7 г/га, кадмия – 0,6 г/га, свинца – 3,0 г/га. Вынесено с урожаем 87 ц/га: меди – 68 г/га, цинка – 268 г/га, кадмия – 0,8 г/га, свинца – 6 г/га, то есть растения сенокоса полностью использовали годичное поступление меди, цинка, кадмия, свинца и дополнительно вынесли из почвы: меди – 67 г/га, цинка – 265 г/га, кадмия – 0,2 г/га, свинца – 3 г/га. Следовательно, длительное применение оптимальных доз минеральных удобрений в опыте не привело к дополнительному накоплению в почве сенокоса тяжелых металлов и токсичных элементов. Повышенное содержание подвижных форм меди, цинка, кадмия в почве не превышает ОДК, разрешенные ГН2.1.7 2517–09, которые допускают концентрацию: меди – 3 мг/кг, цинка – 23 мг/кг, кадмия – 0,5 мг/кг, свинца – 5 мг/кг [13].

В опыте на сенокосе перезалужение не проводилось на протяжении всего периода исследования. За это время на поверхности почвенного покрова сформировался плотный слой дернины, который, может оказывать влияние на распределение минеральных и органических соединений в зоне корнеобитаемого слоя.

С этой целью верхний гумусовый горизонт проанализирован по слоям 0–10 и 10–20 см. Полученные данные (табл. 2) показали, что кислотность почвы практически оказалась одинаковой по всему горизонту 0–20 см, а действие минеральных удобрений на величину рН были ничтожными.

Как и предполагалось, значительно выше в слое 0–10 см накопилось органического вещества и азота. Содержание гумуса по всем вариантам опыта превышало на 0,9–1,0 %, а гидролизующего азота – на 0,014–0,015 %. В гумусовом слое отмечена более высокая концентрация минеральных элементов. Содержание фосфора превышало на 40–80 мг/кг, а калия – на 10–15 мг/кг значения в горизонте 10–20 см.

Накопление и вымывание токсичных элементов, попавших в почву, в значительной степени зависит от содержания гумуса, который связывает и удерживает ряд микроэлементов, в первую очередь медь и цинк, которых в гумусовом горизонте больше, чем в минеральной части почвы.

Результаты наших исследований показали, что хотя в слое 0–10 см концентрация меди (на 0,5–1,5 мг/кг) и цинка (на 1,0–1,5 мг/кг) превышает среднее по горизонту 0–20 см, однако их содержание достаточно высоко в зоне всего корнеобитаемого слоя.

Несмотря на более высокий уровень гумуса в дерновом слое 0–10 см, содержание подвижного кадмия характеризовалось равномерностью его распределения по всему слою 0–20 см. Для кадмия более свойственна миграция по профилю, чем накопление в верхних горизонтах почвы, так как органическое вещество не влияет или оказывает очень слабое действие на подвижность кадмия в почве. Как отмечено выше, почва опытного участка в достаточной степени обеспечена элементами питания, что благоприятно отразилось на химическом составе травостоя.

Таблица 2. Агрохимические показатели почвы в слое 0–10 и 10–20 см, 2020 г.

Вариант опыта	Горизонт, см	pH _{kcl}	Гидролитическая кислотность мг-экв/ 100 г	Гумус, %	Азот, %	Подвижные, мг/кг					
						P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Cd	Pb
Без удобрений	0–10	5,0	3,33	4,23	0,151	34,5	71,5	4,6	8,5	0,25	2,90
	10–20	4,9	3,48	2,43	0,121	42,4	33,6	3,1	6,8	0,24	2,64
P ₄₅	0–10	5,1	4,42	4,38	0,145	261,0	58,3	3,9	7,8	0,25	3,10
	10–20	4,9	3,82	2,40	0,129	100,0	33,4	3,0	7,8	0,25	2,95
K ₉₀	0–10	4,8	3,82	3,82	0,148	34,5	128,0	4,1	9,7	0,27	3,50
	10–20	4,7	3,71	2,29	0,121	27,3	67,6	3,5	6,8	0,26	3,24
P ₄₅ K ₉₀	0–10	5,0	4,82	4,22	0,210	243,4	113,0	3,9	10,2	0,27	3,95
	10–20	4,9	3,91	2,27	0,131	83,4	42,7	3,5	7,8	0,28	3,80
N ₁₂₀ P ₄₅ K ₉₀	0–10	4,9	4,32	4,07	0,152	142,9	58,9	3,7	8,9	0,28	4,30
	10–20	4,7	3,48	2,53	0,123	72,3	39,4	3,6	7,2	0,28	4,10
N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + 20 т/га навоза	0–10	4,7	4,05	4,57	0,152	51,1	71,4	5,8	13,0	0,30	2,67
	10–20	4,7	4,05	2,87	0,127	27,7	39,4	4,3	8,3	0,30	2,30

Содержание фосфора в растениях в среднем составляет 0,25–0,50 % сухого вещества и может колебаться в пределах 0,1–1,9 % в зависимости от биологических особенностей растений, возраста и доз фосфорного питания [8]. Содержание фосфора в растениях по вариантам опыта в наших исследованиях характеризовалось средними значениями (0,17–0,42%) (табл. 3).

Обычно содержание калия в кормах колеблется около 1 %, но может изменяться в интервале 0,3–2,5 % в зависимости от содержания подвижных форм, видов удобрений и стадии вегетации [15]. В исследованиях на сенокосе травы были достаточно высоко обеспечены калием (1,06–1,70 %) с незначительным колебанием содержания по вариантам опыта. Снижение концентрации калия в варианте с полным минеральным удобрением до 0,80–0,86 %, вероятно, связано с «эффектом разбавления», вследствие более высокого урожая трав.

Медь является незаменимым элементом для роста и развития растений. Она может активизировать самые разнообразные биохимические реакции, к которым можно отнести, в первую очередь, азотный обмен у растений [14].

На бедной подвижной медью дерново-подзолистой супесчаной почве (1,2–1,3 мг/кг) внесение возрастающих доз азота от 60 до 300 кг приводило к снижению меди в кормах до уровня неудовлетворяющего потребность животных (2,5–3,0 мг/кг), а на среднеобеспеченных (1,5–2,0 мг/кг) содержание меди в травах оставалось без изменения. На богатых подвижной медью почвах (свыше 3 мг/кг) высокие дозы азота увеличивали потребление растений в меди, накапливая ее до оптимальных для животных уровня (6,8–8,9 мг/кг). Аналогичное действие азота на содержание меди в растениях отмечено в наших исследованиях. Высокие дозы азота увеличивали потребление меди растениями с 5,2 до 8,03 мг/кг.

Таблица 3. Содержание минеральных элементов в кормовых травах при длительном применении минеральных удобрений (среднее за 2019–2020 гг.)

Вариант опыта	мг/кг в сухом веществе				% на сухое вещество	
	медь	цинк	кадмий	свинец	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	5,10	27,6	0,13	0,97	0,17	1,06
P ₄₅	4,76	27,2	0,11	0,99	0,42	1,42
K ₉₀	5,76	27,2	0,14	1,03	0,42	1,53
P ₄₅ K ₉₀	5,2	25,9	0,13	1,03	0,47	1,41
N ₁₂₀ P ₄₅ K ₉₀	8,03	31,2	0,16	1,04	0,17	0,80
N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + 20 т/га навоза	6,33	27,9	0,16	1,27	0,43	0,86
НСР ₀₅	1,7	1,2	0,06	0,5	0,3	0,5

Значение цинка для роста и развития растений определяется его наличием во многих ферментативных системах, выполняющих каталитическую и структурную функции [14]. Среднее содержание цинка в кормовых травах колеблется от 10 до 200 мг/кг сухого вещества и зависит от типа почвы, ее кислотности, обеспеченности подвижными формами. Несмотря на то, что опыты проводились в разных регионах страны с неодинаковыми климатическими условиями и типами почв, луговые травы независимо от местопроизрастания потреблялись для своего роста и развития примерно одинаковое количество цинка (25–30 мг/кг). Аналогичное влияние азота на потребление цинка растениями отмечено и в наших опытах на сенокосе. Азотные удобрения на фосфорно-калийном фоне способствовали повышению цинка в травостое до оптимального для животных уровня (27,9–31,2 мг/кг). Действие фосфорных и калийных удобрений было незначительным.

Для растений значение кадмия пока не выявлено. Он известен как один из токсичных тяжелых металлов. До настоящего времени не проводились систематические исследования по содержанию кадмия в различных видах растений и кормах, но установлено, что концентрация кадмия в растениях зависит от вида растений, типа почвы, ее состава, места произрастания. Наиболее важным фактором, регулирующим поступление кадмия в растения, является кислотность почвы. С уменьшением кислотности почвы до рН 6,8–6,9 и выше потребление кадмия растениями резко замедляется. Содержание кадмия в травах зависит и от их биологических особенностей. Бобовые травы и разнотравье всегда богаче кадмием, чем злаковые травы. Среднее значение кадмия для злаковых трав составляет 0,07–0,27 мг/кг, для бобовых – 0,08–0,35 мг/кг. Некоторые виды разнотравья (одуванчик, подорожник, лютик едкий) накапливают кадмия от 0,45 до 0,60 мг/кг и выше.

В исследованиях на сенокосе хотя и отмечено незначительное превышение среднего содержания подвижного кадмия в почве под действием длительного действия минеральных удобрений, однако связи с содержанием кадмия в травах не установлено. Максимальное содержание кадмия в травах достигало 0,16 мг/кг в варианте с применением полного минерального удобрения.

Такое содержание кадмия в травах ниже допустимого уровня и не представляет опасности для окружающей среды и животных.

Свинец не является жизненно необходимым элементом для растений, но есть предположение, что малотоксичные дозы свинца стимулируют механизм увеличения биомассы растений. Фоновые уровни содержания свинца для кормовых растений составляют: для злаковых трав – в среднем 2,1 мг/кг, для бобовых – 0,25 мг/кг. В исследованиях на сенокосе не отмечено достоверной связи между подвижностью свинца в почве и содержанием в травах. Действие фосфорно-калийных удобрений, в отличие от данных других исследователей, способствовало незначительному повышению его концентрации в растениях (с 0,97 до 1,03 мг/кг). Действие азотных удобрений на фосфорно-калийном фоне также стимулировало потребление растениями свинца. Но наиболее выраженное действие удобрений проявилось при совместном их использовании с органическими удобрениями. Максимальное содержание свинца в травах этих вариантов составило 1,27 мг/кг сухой массы. Фоновые уровни содержания свинца в кормовых растениях составляют: для злаковых трав – 2,1 мг/кг, для клевера – 2,5 мг/кг.

Основной задачей стационарного опыта являлось изучение длительного действия минеральных удобрений на продуктивность сенокоса и формирование агрофитоценозов при различных технологических комбинаций. Результаты опыта указывают на существенные различия состава травостоя в зависимости от доз вносимых удобрений. Так, в вариантах с отдельным применением фосфорных (P_{45}) и калийных (K_{90}) удобрений, как и без внесения удобрений, формировались низовозлаковые травостои. В их составе основную долю (до 68 %) составляет овсяница красная, а бобовые виды – до 13 %. Верховые злаки в составе травостоя практически отсутствуют.

В вариантах с полной минеральной подкормкой ($N_{120}P_{45}K_{90}$) на 74-й год опыта основу агрофитоценоза составляет лисохвост луговой (до 70 % массы), который в этих условиях обитания, вероятно, обладает большей конкурентоспособностью. При применении полного минерального удобрения с дозой азота 120 кг/га бобовые виды практически выпадают из состава. Виды разнотравья занимают до 7–10 % общей массы урожая.

Выводы

1. Длительное систематическое применение минеральных удобрений на сенокосе не оказало отрицательного действия на агрохимические свойства почвы. Дерново-подзолистая суглинистая почва опытного участка была достаточно высоко обеспечена подвижными формами фосфора, калия, меди, цинка. Содержание подвижных форм – кадмия и свинца не превышало допустимого уровня безопасности их в почве. Улучшились другие агрохимические показатели – уменьшилась кислотность почвы с рН 4,3 до рН 4,5–5,0, содержание органического вещества в почве по вариантам опыта возросло на 30–40 %.

2. Балансовые исследования по использованию растениями сенокоса примесей микроэлементов и токсичных элементов, поступивших с минеральными удобрениями за год показали, что растения полностью использовали, внесенные примеси меди, цинка, кадмия, свинца и выносили из почвы: меди – 68 г/га, цинка – 268 г/га, кадмия – 0,2 г/га, свинца – 3 г/га.

3. Длительное применение минеральных удобрений на сенокосах отразилось на видовом составе травостоев. Применение фосфорных и калийных удобрений приводило к перестройке фитоценоза в низовозлаковый тип травостоя. Совместное применение фосфорно-калийных удобрений несколько увеличивало долю верховых злаков – до 26,5 %. Применение полного минерального удобрения ($N_{120}P_{45}K_{90}$) способствовало сохранению сенокосного типа агрофитоценоза.

Список литературы

1. Запивалов С. А. Многовариантные системы ведения долголетних сенокосов в Центральном районе Нечернозёмной зоны России / С.А. Запивалов – Кормопроизводство 2021, №8. – С. 21–25
2. Тебердиев Д. М. Эффективность удобрений на долголетнем сенокосе / Д.М. Тебердиев, А.В. Родионова – Кормопроизводство. – 2015. – № 10. – С. 3–7.
3. Привалова К. Н. Продуктивность и средообразующая роль долголетних бобово-злаковых пастбищных фитоценозов. / К.Н. Привалова – Земледелие. – 2011. – № 7. – С. 21–22.
4. Trofimov J. A. Fodder grasses and fodder lands of Russia and Kazakhstan / J.A. Trofimov, L.S Trofimova., D.M. Teberdiev, B.M. Koshen – Наука и образование (Ғылым және білім) №4 (65) 2021. –С. 105–111.
5. Потатуева Ю. А. Агрэкологическое значение примесей тяжелых металлов и токсичных элементов в удобрениях – Ю.А. Потатуева, Н.К. Сидоренкова, Е.Г. Прищеп // Агрохимия. – 2002. – № 1. – С. 85–95.
6. Пугаев С. В Влияние минеральных удобрений на накопление тяжелых металлов растениями / С.В. Пугаев, А.Н. Еряшев – Агрохимия – 2013. – № 6. – С. 60–68.
7. Чуйков В. А. Влияние минерального питания на содержание микроэлементов в злаковых травах при посеве в чистом виде и смеси / В.А. Чуйков, М.П. Моругина – Кормопроизводство: сборник научных трудов. Вып. 11. – М.,1975. – С. 124–129.
8. Алексеев А.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / А.В. Алексеев – Ленинград: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
9. Кутузова А. А. Зависимость между содержанием в почве подвижного фосфора, урожаем травостоя бобово-злакового пастбища и эффективностью фосфорного удобрения / А.А. Кутузова, К.Н. Привалова, Л.Д. Федорова – Химия в сельском хозяйстве. – 1982. – № 10. – С. 18–23.
10. Попова А. А. Влияние минеральных и органических удобрений на состояние тяжелых металлов в почвах / А.А. Попова – Агрохимия. – 1991. – № 3. – С. 62–67.
11. Пейве Я. В. Биохимия микроэлементов и проблемы азотного питания растений / Я.В. Пейве – Вестник АН СССР. – 1965. – № 5. – С. 21–25.
- 12 Сычев В. Г. Применение минеральных удобрений и их эффективность в различных зонах России / В.Г. Сычев, С.А Шафран. И.В. Ильюшенко // Плодородие. – 2022. – №3. – С. 3–6.
13. Бортник Т. Ю. Последствие длительного использования систем удобрения на показатели плодородия почвы / Т.Ю. Бортник, К.С Клековкин. А.Ю. Карпова, А.С. Башков – Плодородие. – 2022. – №3. – С. 42–45.
14. Петрова Л. И. Влияние удобрений на агрохимические показатели плодородия почвы и продуктивность севооборота / Л.И. Петрова, Ю.И. Митрофанов, М.В. Гуляев, Н.К. Первушина – Плодородие. – 2021. – №5. – С. 8–11.
15. Шафран С. А. Динамика содержания питательных веществ в дерново-подзолистых почвах в длительных полевых опытах / С.А. Шафран, А.А. Ермаков, А.И. Семенова, Т.А. Яковлева // Плодородие. 2020. – № 4(115). – С. 7