

УДК 631.82:633.2/.3.031

DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2022-2-49-60>

## ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ИЗВЕСТИ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЯМИ ПРИ СЕНОКОСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

**В.А. Чуйков**, кандидат сельскохозяйственных наук  
**Д.М. Тебердиев**, доктор сельскохозяйственных наук  
**А.В. Родионова**, кандидат сельскохозяйственных наук  
**Т.В. Леонидова**, кандидат сельскохозяйственных наук  
**С.А. Запывалов**, научный сотрудник

*ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»*

*141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1*  
[vik\\_lugovod@bk.ru](mailto:vik_lugovod@bk.ru)

## AFTEREFFECT OF LIME AND MINERAL FERTILIZERS ON SOIL FERTILITY AND CONSUMPTION NUTRIENTS OF PLANTS DURING HAYMAKING USE

**V.A. Chuykov**, Candidate of Agricultural Sciences  
**D.M. Teberdiev**, Doctor of Agricultural Sciences  
**A.V. Rodionova**, Candidate of Agricultural Sciences  
**T.V. Leonidova**, Candidate of Agricultural Sciences  
**S.A. Zapivalov**, Researcher

*Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology*  
*141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1*  
[vik\\_lugovod@bk.ru](mailto:vik_lugovod@bk.ru)

Представлены результаты многолетнего опыта по последствию извести и минеральных удобрений на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы сенокоса, качество корма и урожайность. В длительном опыте на сенокосе (85 лет) известь в дозах от 6 до 24 т/га утратила способность поддерживать оптимальный режим почвы в вариантах с ежегодным отчуждением травостоя. Применение извести на сенокосе способствовало сохранению содержания гумуса и увеличению его запасов в почве только при достаточном количестве органического вещества. При этом наблюдается более низкое соотношение С : N. При ежегодном скашивании травостоя эта тенденция отсутствовала, минеральные удобрения как по фону извести, так и без извести не проявили положительного влияния на содержание гумуса в почве. В опыте не отмечено влияние доз извести на содержание подвижных форм минеральных элементов. Их концентрация в почве определялась применением минеральных удобрений. Положительное влияние применения минеральных удобрений по фону последствия извести отразилось на использовании травостоем сенокоса минеральных элементов. Растения не увеличили потребление азота, но использовали больше фосфора на 25%, калия на 50–60%, кальция на 55–60%, меди — с 5,9 до 6,7 мг/кг, цинка — с 32,6 до 36,2 мг/кг. Наблюдениями за последние 10 лет установлено постепенное снижение эффективности

высоких доз извести на урожайность травостоев: в вариантах без удобрений — с 16,5 до 13,0 ц/га, в вариантах с минеральными удобрениями — с 17,0 до 13,5 ц/га сухого вещества.

**Ключевые слова:** известкование, последствие извести, минеральные удобрения, агрохимические свойства почвы, сенокос, урожайность травостоев.

The results of a long-term experience on the aftereffect of lime and mineral fertilizers on the agrochemical properties of soddy-podzolic hayfield soil, forage quality and yield are presented. In a long-term experiment on hayfields (85 years), lime in doses from 6 to 24 t/ha lost the ability to maintain the optimal soil regime in the variants with the annual alienation of the herbage. The use of lime in the hayfield contributed to the preservation of the humus content and an increase in its reserves in the soil only with a sufficient amount of organic matter. In this case, a lower C : N ratio is observed. With the annual mowing of the herbage, this trend was absent; mineral fertilizers, both against the background of lime and without lime, did not show a positive effect on the humus content in the soil. In the experiment, the effect of lime doses on the content of mobile forms of mineral elements was not noted. Their concentration in the soil was determined by the use of mineral fertilizers. The positive effect of the use of mineral fertilizers on the background of the aftereffect of lime was reflected in the use of mineral elements by the herbage of the hayfield. Plants did not increase nitrogen intake, but used more phosphorus — by 25%, potassium — by 50–60%, calcium — by 55–60%, copper — from 5.9 to 6.7 mg/kg, zinc — from 32.6 to 36.2 mg/kg. Observations over the past 10 years have established a gradual decrease in the effectiveness of high doses of lime on the yield of herbage: in options without fertilizers — from 16.5 to 13.0 centners/ha, in options with mineral fertilizers — from 17.0 to 13.5 centners/ha of dry matter.

**Keywords:** liming, aftereffect of lime, mineral fertilizers, agrochemical properties of the soil, haymaking, herbage productivity.

**Введение.** Известкование кислых почв является основным мероприятием по улучшению и сохранению почвенного плодородия. Кальций, внесенный с известью, улучшает структуру, воздушный и водный режимы почвы, снижает ее кислотность. На известкованных почвах фосфор удобрений меньше переходит в фосфаты железа и алюминия, а больше сохраняется в формах, связанных с кальцием, что повышает эффективность удобрений [1; 2]. Известкование улучшает калийное питание растений — чем ниже кислотность почвы, тем выше эффективность калийных удобрений, а калий труднорастворимых минеральных соединений почвы интенсивнее переходит в усвояемые соединения и поглощается растениями [3; 4].

В настоящее время определены способы применения извести на различных

типах почв в системе севооборотов, но лимитирована пока информация по длительности последствия доз извести на почвах, используемых под сенокосы, где действие извести проявляется более многогранно, чем на пашне [5; 6; 7].

При создании сеяных травостоев негативное влияние извести проявляется уже в первый год жизни, так как различные виды трав существенно различаются по требованию к кислотности почвы. Снижение кислотности почвы до pH 4,8–5,0 и выше способствует сохранению наиболее продуктивных бобовых и злаковых видов [8; 9]. Поскольку прием известкования является высокотехнологичным, затратным и проводится обычно при создании сенокоса, рассчитанного на многолетнее пользование, поэтому вопросы длительности последствия доз извести на агрохимические свойства

почвы, изменение видового состава агрофитоценоза, его качества и урожайность являются весьма актуальными. Для ответа на эти и другие вопросы во ВНИИ кормов (ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса») проведены долготлетние исследования.

**Методика проведения исследований.** Опыт заложен в 1935 г. и состоит из трех блоков. В каждом блоке внесена известь в форме углекислого кальция в дозах от 6 до 72 т/га.

В первом блоке (I) агротехнические мероприятия не предусмотрены, он некосимый, то есть заповедный. Во втором блоке (II) проводятся мероприятия только по использованию травостоев. В третьем блоке (III) по всем вариантам доз извести ежегодно вносятся минеральные удобрения из расчета  $N_{120}P_{60}K_{90}$ . Во втором и третьем блоках проводится двухукосное использование травостоя.

Почва участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, в которой перед закладкой опыта содержалось: гумуса 1,5%, азота 0,1%,  $P_2O_5$  50 мг/кг,  $K_2O$  60 мг/кг, рН = 4,1.

Агрофитоценоз был создан посевом шестикомпонентной травосмеси, состоящей из тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.), овсяницы луговой (*Festuca pratensis* L.), райграса многолетнего (*Lolium perenne* L.), лисохвоста лугового (*Alopecurus pratensis* L.), мятлика лугового (*Poa pratensis* L.), полевицы тонкой (*Agrostis tenuifolia* M.B.).

Определение микроэлементов в почве и растениях проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре по vAA 300 с дейтериевым корректором фона, с использованием горючей смеси воздух–ацетилен. Подвижные кислото-

растворимые формы тяжелых металлов определяли в вытяжке 1 н. HCl при соотношении почвы к раствору 1 : 10 и взбалтывании на ротаторе в течение одного часа. В почве и растениях анализы проводили общепринятыми методами, в почве: подвижный фосфор и калий — по Кирсанову в модификации ЦИНАО по ГОСТ Р 54630-2011, гумус и углерод в перегное — по Тюрину, гидролитическая кислотность — по Каппену, сумма обменных оснований — по Каппену–Гильковицу, азот общий — по ГОСТ 26107-84, рН — коллометрически; в растениях: клетчатка, жир — по ГОСТ 31675-2012, фосфор — по ГОСТ 26657-85, калий — пламеннофотометрически по ГОСТ 305504-85, азот и сырой протеин — по ГОСТ 13496.4-93.

**Результаты и их обсуждение.** Действие извести на химические свойства почвы через 75 лет (в 2010 г.) показали, что на протяжении этого времени в почве сохранялись различные уровни кислотности, от рН = 4,0 до рН = 5,5, и наблюдалась тенденция к увеличению урожайности травостоев.

Последующими наблюдениями отмечено, что дозы извести от 6 до 24 т/га утратили способность поддерживать оптимальный режим кислотности почвы во II и III блоках опыта (табл. 1). Однако в I, заповедном блоке, известь в дозе 24 т/га продолжала действовать. На это указывают данные по степени насыщенности почвы основаниями ( $V = 85\%$ ) и среднее значение актуальной кислотности (рН = 4,9). Совокупность этих данных позволяет сделать вывод о незначительной степени кислотности почвы (15%) и отсутствии потребности в ее известковании.

### 1. Влияние извести и минеральных удобрений на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы (горизонт 0–20 см)

Вариант опыта	Гумус, %	рН <sub>KCl</sub>	N общий, %	Nг, мг·экв/100 г почвы	S, мг·экв/100 г почвы	V, %	C, %	C : N	Подвижные, мг/кг			
									P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Cu	Zn
Некосимый + известь (I блок)												
Без извести	2,20	4,2	0,11	3,69	11,5	75,0	1,52	13,8	71,4	79,3	—	—
Известь, 6 т/га	2,24	4,3	0,12	3,47	9,2	72,4	1,43	11,3	49,6	94,5	—	—
Известь, 12 т/га	2,30	4,5	0,17	3,40	11,0	76,3	1,65	9,7	40,3	95,0	—	—
Известь, 24 т/га	2,48	4,9	0,20	2,50	12,9	83,7	1,60	8,0	33,9	80,5	—	—
Известь, 36 т/га	2,56	5,1	0,22	2,47	13,2	84,2	1,34	6,1	59,4	79,5	—	—
Известь, 72 т/га	2,70	5,2	0,23	2,07	16,6	89,0	1,14	4,9	64,3	80,8	—	—
Без удобрений + известь (II блок)												
Без извести	2,35	4,2	0,10	4,62	8,4	71,7	1,36	13,6	23,2	45,5	4,9	10,3
Известь, 6 т/га	2,30	4,3	0,11	4,09	10,4	70,0	1,23	11,1	21,4	55,8	4,8	11,5
Известь, 12 т/га	2,10	4,4	0,10	3,37	9,80	70,0	1,09	10,9	17,7	47,5	4,5	10,6
Известь, 24 т/га	2,10	4,4	0,11	3,40	10,0	74,0	1,05	10,5	21,5	44,3	4,4	9,6
Известь, 36 т/га	2,07	4,7	0,11	3,15	10,5	75,0	0,99	9,0	20,7	36,8	4,4	8,0
Известь, 72 т/га	2,04	5,5	0,12	1,64	19,1	92,0	0,91	7,5	29,9	29,8	4,4	7,2
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + известь (III блок)												
Без извести	2,26	3,9	0,11	5,10	4,64	46,0	1,34	12,1	211,3	40,7	3,2	6,7
Известь, 6 т/га	2,25	3,9	0,11	5,00	5,60	52,8	1,21	11,0	209,0	45,0	3,6	9,2
Известь, 12 т/га	2,22	4,4	0,12	3,67	9,10	71,2	1,12	10,2	202,4	45,0	4,0	9,5
Известь, 24 т/га	2,20	4,4	0,12	3,64	10,9	74,9	1,20	10,0	270,0	48,2	4,3	9,6
Известь, 36 т/га	2,00	4,7	0,12	2,15	11,0	75,0	1,24	10,3	270,0	48,7	4,3	10,0
Известь, 72 т/га	2,00	5,0	0,12	2,05	14,5	87,6	1,21	10,6	278,4	49,3	4,5	11,0

Можно предположить, что более продолжительное действие извести при заповедном содержании травостоя связано с отсутствием отчуждения травостоя и возвратом кальция в почву.

Более высокие дозы извести (36–72 т/га) спустя 85 лет продолжают поддерживать во всех блоках сенокоса кислотный режим почвы на необходимом уровне для роста растений. При совместном применении извести и минеральных удобрений подкисляющее действие удобрений наиболее четко проявлялось только при дозе извести до 6 т/га (рН = 3,6; V = 52,8%). Такие почвы требуют обязательного известкования.

Одним из важнейших показателей плодородия почвы служит содержание гумуса. Его количество по вариантам опыта составило 2,0–2,7% и превысило исходные данные на 50–80% (0,66–1,2%). Однако, несмотря на его существенное увеличение, запас гумуса в почве квалифицируется как низкий.

Влияние извести на гумусовое состояние дерново-подзолистых почв — это сложное многоплановое действие. Из научных публикаций [10] следует, что внесение извести не влияет на общее содержание гумуса в почве, но способствует перераспределению и увеличению фракций гуминовых кислот, связанных с кальцием и являющихся наиболее ценными в агрономическом отношении. Изменения в составе гумуса, достигнутые в результате известкования, довольно устойчивы и обнаруживались спустя 60 лет и более.

В опыте действие извести проявлялось неоднозначно. В заповедном блоке наблюдалась тенденция к увеличению содержания гумуса с ростом дозы извест-

ти — с 2,24 до 2,70%. Аналогичные изменения происходили с азотом и углеродом, а уменьшение соотношения между ними с 13,8 до 4,9 указывало на повышение качества гумуса, то есть возрастает доля фракции гуминовых кислот, связанных с кальцием. Во II и III блоках опыта, где проводится ежегодное отчуждение травостоя, действие извести в дозе до 24 т/га проявилось слабо, отмечалось незначительное снижение содержания гумуса (на 0,26–0,31%) при возрастании дозы до 72 т/га. При этом содержание общего азота оставалось неизменным, а запасы углерода снизились на 0,13–0,38%. Соотношение между C : N по мере роста дозы извести снижалось с 13,6 до 7,5 и с 12,1 до 10,0.

Минеральные удобрения по фону извести в опыте не оказали влияния на содержание гумуса.

В сельскохозяйственной практике сенокосы по схеме заповедного блока не используются, однако в научном плане из полученных результатов можно сделать вывод, что известь, кроме улучшения качественного состава гумуса, может способствовать и увеличению его количества при достаточном объеме органического вещества, поступающего в почву. На это указывают результаты исследований во II и III блоках, где количество корнепожнивных остатков после двуукосного отчуждения травостоя, было, вероятно, недостаточным для процесса накопления гумуса в почве, и способствовало только поддержанию его на достигнутом уровне (2,0–2,10%). Содержание гумуса по профилю слоя 0–20 см распределялось неравномерно. За время проведения опыта на поверхности почвы сенокоса сформировался плотный слой

дернины, который, согласно исследованиям других авторов, может оказать влияние на распределение гумуса и минеральных элементов [12; 13]. Прове-

денный послойный анализ почвы в опыте показал, что в слое 0–10 см содержание гумуса превышало нижележащий горизонт 10–20 см на 0,8–1,2% (табл. 2).

**2. Влияние длительного применения минеральных удобрений на фоне последствия извести на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы опытного участка (горизонты 0–10, 0–20 см)**

Вариант опыта	Горизонт, см	pH <sub>KCl</sub>	Гумус, %	Азот общий, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
					мг/кг	
Без извести	0–10	4,4	2,9	0,12	20,7	59,9
	10–20	4,2	1,6	0,10	19,7	31,1
Известь, 6 т/га	0–10	4,4	2,5	0,12	24,6	70,7
	10–20	4,2	2,2	0,10	18,2	41,0
Известь, 12 т/га	0–10	4,4	2,5	0,11	19,7	59,0
	10–20	4,5	1,9	0,10	15,7	36,1
Известь, 24 т/га	0–10	4,5	2,5	0,12	21,7	56,0
	10–20	4,6	1,7	0,10	21,2	32,6
Известь, 36 т/га	0–10	4,7	2,4	0,12	21,2	42,6
	10–20	4,6	1,7	0,10	19,7	31,1
Известь, 72 т/га	0–10	5,2	2,2	0,13	30,0	34,5
	10–20	5,7	1,8	0,11	28,0	23,2
Без извести + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0–10	3,9	2,9	0,12	338,5	58,3
	10–20	4,0	1,5	0,11	84,1	23,1
Известь, 6 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0–10	3,9	2,6	0,11	319,8	56,8
	10–20	3,9	1,9	0,11	99,0	23,3
Известь, 12 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0–10	4,2	2,4	0,14	302,1	56,0
	10–20	4,7	1,6	0,10	102,8	33,8
Известь, 24 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0–10	4,1	2,5	0,12	370,0	61,5
	10–20	4,5	1,9	0,12	177,1	35,0
Известь, 36 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0–10	4,5	2,5	0,13	342,4	62,6
	10–20	4,8	1,9	0,11	178,6	34,9
Известь, 72 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0–10	4,9	2,3	0,11	347,3	51,2
	10–20	5,6	1,7	0,10	209,6	33,2

Изучалось влияние извести и на другие агрохимические показатели в почве. За время проведения опыта мониторинг действия различных доз извести на агрохимические свойства почвы в расширенном объеме не проводился, поэтому полученные результаты можно считать исходными данными для дальнейших на-

блюдений.

Содержание подвижных форм фосфора и калия в почве зависело от условий проведения опыта. В заповедном некосимом блоке содержание P и K находилось на среднем уровне обеспеченности: фосфор — 30–60 мг/кг, калий — 50–95 мг/кг. Под действием извести наблю-

далась тенденция к увеличению содержания фосфора, но даже при дозе 72 т/га его уровень не достигал значения контрольного варианта, а концентрация калия оставалась без изменения и не зависела от доз извести. Во II блоке, где на фоне извести проводится ежегодное двукосное отчуждение травостоя, содержание подвижных форм фосфора и калия характеризовалось как очень низкое и составило: фосфор — 17–25 мг/кг, калий — 28–55 мг/кг. В этих условиях действие извести на подвижность фосфора в почве не проявилось, а содержание калия уменьшалось с увеличением доз извести до очень низкого уровня — 28–36 мг/кг. Сравнивая содержание подвижных форм фосфора и калия с их значением в заповедном блоке, можно заметить их превышение в 2,5–3 раза, что, вероятно, связано с постоянной подпиткой фосфором и калием в результате минерализации некосимой биомассы сенокоса. Длительное применение минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{60}K_{90}$  по фону извести резко обогатило почву подвижным фосфором. Его содержание в контрольном варианте составило 211 мг/кг и возросло до 278 мг/кг с повышением дозы извести. Послойный анализ почвы показал, что фосфор удобрений на 20–40% больше аккумулируется органическим веществом почвы в горизонте 0–10 см, достигая 340–370 мг/кг, против 84–200 мг/кг в слое 10–20 см.

Высокое содержание подвижного фосфора в дерново-подзолистой почве в опыте наблюдали и другие исследователи [13]. Причиной этому может быть особенность взаимодействия фосфора удобрений с почвой при кислотности в диапазоне  $pH = 4,0–5,5$ . Это проявляется

в том, что после внесения фосфорных удобрений в течение двух–трех дней фосфор переходит в труднодоступные для растений соединения — фосфаты полуторных окислов железа и алюминия, которые, кроме этого, очень слабо мигрируют как по поверхности (1–2 см), так и по профилю почвы (7–12 см) [14]. В связи с такими ограничениями растения за сезон используют менее 20% внесенной дозы фосфора из удобрений. Не использованный фосфор удобрений из года в год накапливается в почве, создавая запасы, которые почти не оказывают влияние на уровень снабжения растений фосфором, так как они малодоступны.

В опытах с многолетними травами некоторые исследователи наблюдали, что запасы фосфора в почве начинали возрастать на 10-й год постоянного использования фосфорных удобрений [14].

Ежегодное внесение калийных удобрений в опыте не отразилось на увеличении запасов калия в почве. Уровень подвижности калия был сравним с содержанием его запасов в почве в блоке без применения минеральных удобрений и составил: в горизонте 0–10 см — 50–60 мг/кг, в горизонте 10–20 см — 25–35 мг/кг. Действие извести на подвижность калия практически отсутствовало.

Эффективным способом мобилизации растениями запасов фосфора и калия из почвы и минеральных удобрений является известкование сенокосов и пастбищ [16; 17; 18].

В опытах сотрудников ВНИИ кормов известкование совместно с фосфорно-калийными удобрениями проявилось в более полном потреблении травостоем этих элементов, коэффициент использования фосфора повысился до 42%, а ка-

лия — до 80%, что положительно отразилось на урожайности травостоев [11]. В опыте ежегодно проводится мониторинг последействия извести на урожайность травостоя. Как показали результаты наблюдений за период с 2010 по 2021 гг., в вариантах без удобрений по

фону последействия извести (72 т/га) прибавка урожая уменьшилась с 16,5 до 13,4 ц/га сухого вещества. Наблюдалось снижение эффективности последействия высоких доз извести и в вариантах с применением минеральных удобрений: с 17,0 до 13,5 ц/га сухого вещества (табл. 3).

### 3. Изменение урожайности травостоев на сенокосе на фоне последействия извести

Вариант опыта	1994–2010 гг., среднее			2017–2021 гг., среднее		
	Урожайность, ц/га	Прибавка		Урожайность, ц/га	Прибавка	
		факт., ц/га	в %		факт., ц/га	в %
Без извести	25,2	—	—	31,0	—	—
Известь, 72 т/га	41,7	16,5	65,4	44,4	13,4	43,2
Без извести + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	63,3	—	—	66,4	—	—
Известь, 72 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	80,3	17,0	26,8	79,9	13,5	20,3

Содержание питательных элементов в травостое определялось запасами подвижных форм в почве, применением минеральных удобрений и видовым составом травостоя.

Известно, что естественных источников пополнения фосфора в почве в природе не существует, и растения могут его потреблять, в основном, из минеральных и органических удобрений. В опыте, в вариантах без удобрений на фоне последействия извести определено как в почве (17–29 мг/кг), так и в травостое очень низкое содержание фосфора (0,19–0,24%), при этом действие доз извести на потребление фосфора растениями сенокоса полностью отсутствовало. В отличие от фосфора, растения в тех же условиях могли накапливать оптимальные количества калия и кальция. Если поступление калия в растения не регулировалось дозами извести, то со-

держание кальция в травостое увеличивалось при высоких дозах извести. Известь продолжала оказывать существенное влияние и на питание растений азотом, увеличивая его содержание в травостоях с 0,96 до 1,96%. Исследованиями ряда авторов отмечено, что потребление азота растениями возрастает под действием извести вместе со снижением кислотности почвы, достигая наибольшего эффекта при рН = 5,5 [12; 13]. В нашем опыте максимальным дозам извести соответствовало рН = 5,0–5,2.

Растения сенокоса хорошо обеспечены по зоотехническим нормам медью и цинком. Содержание меди под действием доз извести изменялось в сторону увеличения от 5,9 до 6,2 мг/кг, а цинка — в сторону уменьшения с 38,0 до 36,0 мг/кг, что коррелирует с содержанием подвижных форм цинка в почве — с 10,7 до 7,2 мг/кг.

Систематическое применение минеральных удобрений при возрастающих дозах извести положительно отразилось на использовании растениями сенокосов минеральных элементов: потребление азо-

та не увеличилось, но значительно больше использовалось фосфора (на 25–30%), калия (на 50–60%), кальция (на 55–60%), микроэлементов: меди (с 5,9 до 6,7 мг/кг) и цинка (с 32,6 до 36,2 мг/кг) (табл. 4).

#### 4. Влияние длительного применения минеральных удобрений на фоне последствия извести на химический состав растений сенокоса. Среднее, 2019–2022 гг.

Вариант опыта	В % на сухое вещество				В сухом веществе, мг/кг	
	азот	фосфор	калий	кальций	медь	цинк
Без удобрений						
Без извести	0,95	0,25	1,10	0,72	5,9	38,3
Известь, 6 т/га	0,89	0,20	1,12	0,69	5,9	37,0
Известь, 12 т/га	1,70	0,19	1,00	0,73	6,0	36,8
Известь, 24 т/га	1,77	0,20	0,96	0,92	6,0	35,3
Известь, 36 т/га	1,96	0,21	0,97	0,96	6,2	35,5
Известь, 72 т/га	1,96	0,24	1,09	1,07	6,2	35,6
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>						
Без извести	1,32	0,38	2,07	1,46	5,9	32,6
Известь, 6 т/га	1,20	0,36	1,85	1,32	6,0	32,6
Известь, 12 т/га	1,77	0,35	1,76	1,50	5,9	33,0
Известь, 24 т/га	1,78	0,35	1,65	1,63	6,3	33,3
Известь, 36 т/га	1,96	0,5	1,53	1,63	6,5	35,0
Известь, 72 т/га	1,92	0,34	1,53	1,78	6,7	36,2

Более высокое содержание фосфора и калия наблюдалось в вариантах без извести. Причиной этому, вероятно, являются изменения видового состава, внедрение более богатых этими элементами

низовых злаков и разнотравья. Для проверки предположения проведен химический анализ некоторых видов растений, произрастающих в составе травостоя сенокоса (табл. 5).

#### 5. Содержание минеральных элементов в отдельных видах трав, произраставших в составе травостоя

Вариант опыта	Виды трав	В % на сухое вещество				В сухом веществе, мг/кг	
		азот	фосфор	калий	кальций	медь	цинк
Известь, 72 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	Лисохвост луговой	2,28	0,40	1,86	0,59	5,2	23,8
	Ежа сборная	2,17	0,39	1,75	0,53	5,0	20,5
	Овсяница луговая	2,54	0,41	2,10	0,75	5,8	25,5
	Овсяница красная	2,90	0,50	2,69	0,89	8,3	38,6

Полученные результаты показали, что лисохвост луговой в варианте без удобрений превышает потребление питательных элементов по сравнению с другими видами злаков. Но при благоприятных условиях вегетации, на фоне минеральных удобрений, мятлик луговой уступал овсянице луговой. Однако при тех же условиях вегетации низовой злак овсяница красная содержала на 30–40% больше минеральных элементов и азота по сравнению с другими видами трав сенокоса, что, вероятно, и оказывало влияние на содержание элементов в травостое.

#### **Выводы.**

1. В долголетнем опыте на 85-й год исследований отмечается, что дозы извести от 6 до 24 т/га утратили способность поддерживать оптимальный режим кислотности почвы в вариантах с ежегодным отчуждением травостоев, но эти возможности сохранились в вариантах с некосимым травостоем при дозе извести 24 т/га.

2. Применение извести на сенокосе способствовало сохранению содержания

гумуса и увеличению его запасов в почве только при достаточном количестве органического вещества. При этом наблюдается низкое соотношение С : N. Действие минеральных удобрений по фону последствия извести на содержание гумуса не проявилось.

3. Содержание подвижных форм фосфора и калия не зависело от доз извести и определялось, в основном, наличием органического вещества в почве и применением минеральных удобрений.

4. За время проведения опыта накопилось большое количество не потребленного трудноусвояемого растениями фосфора (270–311 мг/кг), близкое к зафосфачиванию почвы.

5. В опыте наблюдается снижение эффективности последствия высоких доз извести на урожайность травостоев. В период с 2010 по 2021 гг. произошло фактическое снижение действия извести на урожайность травостоев в вариантах без удобрений — с 16,5 до 13,4 ц/га сухого вещества, в вариантах с минеральными удобрениями — с 17,0 до 13,5 ц/га сухого вещества.

#### **Литература**

1. Митрофанова Е.М., Васбиева М.Т. Фосфатный режим дерново-подзолистой почвы при длительном применении органических и минеральных удобрений // *Агрохимия*. – 2014. – № 9. – С. 13–19.
2. Привалова К.Н. Эффективность фосфорных удобрений на бобово-злаковых пастбищах в зависимости от содержания в почве подвижного фосфора // *Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сб. науч. тр., вып. 9 (57)*. – М., 2016. – С. 61–65.
3. Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф. Влияние известкования на фоне длительного действия и последствия удобрений на физико-химические показатели дерново-подзолистой почвы // *Почвоведение*. – 2001. – № 9. – С. 1103–1110.
4. Привалова К.Н. Эффективность калийных удобрений в зависимости от содержания в почве обменного калия // *Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии*. – Суздаль, 2015. – С. 257–260.
5. Тебердиев Д.М., Родионова А.В. Последствие известкования на продуктивность агрофитоценозов // *Охрана био-ноосферы. Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье : Материалы XXIII Международного симпозиума*. – Алушта, 2014. – С. 441–445.

6. Справочник по кормопроизводству. – 5-е изд., перераб. и доп. / Под ред. В.М. Косолапова, И.А. Трофимова. – М. : Россельхозакадемия, 2014. – 715 с.
7. Тебердиев Д.М., Родионова А.В. Эффективность удобрений на долголетнем сенокосе // Кормопроизводство. – 2015. – № 10. – С. 3–7.
8. Тебердиев Д.М., Кулаков В.А., Родионова А.В. Продуктивный потенциал и качество корма сенокосов и пастбищ // Животноводство России. – 2010. – № 10. – С. 45–50.
9. Кулаков В.А., Щербаков М.Ф. Продуктивный потенциал луговых агрофитоценозов и плодородие почв // Кормопроизводство. – 2010. – № 2. – С. 8–12.
10. Бакина Л.Г., Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Изменение содержания и состава гумуса дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в длительном полевом опыте по известкованию // Почвоведение. – 2011. – № 5. – С. 572–581.
11. Кулаков В.А., Леонидова Т.В., Седова Е.Г. Эффективность известкования пастбищ при их улучшении // Кормопроизводство. – 2011. – № 10. – С. 19–20.
12. Литвинович А.В., Павлова О.Ю. Трансформация состава гумуса дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава под действием возрастающих доз извести и в постагрогенный период // Почвоведение. – 2010. – № 11. – С. 1362–1369.
13. Булатова Н.В., Регорчук Н.В. Плодородие дерново-подзолистой почвы и урожайность многолетних трав при длительном применении минеральных удобрений на фоне известкования // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 5(60). – С. 28–32.
14. Митрофанова Е.М. Влияние длительного применения минеральных удобрений и последствие извести на фосфатный режим дерново-поверхностно-подзолистой почвы Предуралья // Агрохимия. – 2016. – № 7. – С. 36–43.
15. Завьялова Н.Е., Сторожева А.Н. Влияние длительного применения минеральных удобрений на фосфатный режим дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы // Агрохимия. – 2015. – № 9. – С. 33–40.
16. Кутузова А.А. Известкование почв лугов и пастбищ. – М., 1970. – 32 с.
17. Рекомендации по известкованию кислых почв на сенокосах и пастбищах / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – М., 1977. – 24 с.
18. Кутузова А.А., Тебердиев Д.М. Эффективность известкования кислых почв на пастбищах // Кормопроизводство. – 1998. – № 10. – С. 6–9.

## References

1. Mitrofanova E.M., Vasbieva M.T. Fosfatnyy rezhim dernovo-podzolistoy pochvy pri dlitel'nom primeneniі organicheskikh i mineral'nykh udobreniy [Phosphate regime of soddy-podzolic soil with long-term use of organic and mineral fertilizers]. *Agrokhimiya [Agrochemistry]*, 2014, no. 9, pp. 13–19.
2. Privalova K.N. Effektivnost' fosfornykh udobreniy na bobovo-zlakovykh pastbishchakh v zavisimosti ot sodержaniya v pochve podvizhnogo fosfora [Efficiency of phosphorus fertilizers on legume-cereal pastures depending on the content of mobile phosphorus in the soil]. *Mnogofunktsional'noye adaptivnoye kormoproizvodstvo [Multifunctional adaptive fodder production : collection of scientific papers, no. 9 (57)]*. Moscow, 2016, pp. 61–65.
3. Mineev V.G., Gomonova N.F. Vliyaniye izvestkovaniya na fone dlitel'nogo deystviya i posledeystviya udobreniy na fiziko-khimicheskiye pokazateli dernovo-podzolistoy pochvy [Influence of liming against the background of long-term action and aftereffect of fertilizers on the physicochemical parameters of soddy-podzolic soil]. *Pochvovedeniye [Soil science]*, 2001, no. 9, pp. 1103–1110.
4. Privalova K.N. Effektivnost' kaliynykh udobreniy v zavisimosti ot sodержaniya v pochve obmennogo kaliya [Efficiency of potash fertilizers depending on the content of exchangeable

- potassium in the soil]. *Innovatsionnyye tekhnologii v adaptivno-landshaftnom zemledeliya* [Innovative technologies in adaptive landscape agriculture]. Suzdal, 2015, pp. 257–260.
5. Teberdiev D.M., Rodionova A.V. Posledeystviye izvestkovaniya na produktivnost' agrofytotsenozov [The aftereffect of liming on the productivity of agrophytocenoses]. *Okhrana bio-noosfery. Netraditsionnoye rasteniyevodstvo. Eniologiya. Ekologiya i zdorov'ye: Materialy XXIII Mezhdunarodnogo simpoziuma* [Protection of the bio-noosphere. Non-traditional crop production. Eniology. Ecology and Health : Proceedings of the XXIII International Symposium]. Alushta, 2014, pp. 441–445.
  6. Spravochnik po kormoproizvodstvu [Handbook of fodder production. 5th edition. Eds: V.M. Kosolapov, I.A. Trofimov. Moscow, Rosselkhozakademiya Publ., 2014, 715 p.
  7. Teberdiev D.M., Rodionova A.V. Effektivnost' udobreniy na dolgoletnem senokose [Efficiency of fertilizers in long-term haymaking]. *Kormoproizvodstvo* [Kormoproizvodstvo], 2015, no. 10, pp. 3–7.
  8. Teberdiev D.M., Kulakov V.A., Rodionova A.V. Produktivnyy potentsial i kachestvo korma senokosov i pastbishch [Productive potential and quality of forage of hayfields and pastures]. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Animal husbandry of Russia], 2010, no. 10, pp. 45–50.
  9. Kulakov V.A., Shcherbakov M.F. Produktivnyy potentsial lugovykh agrofytotsenozov i plodorodiye pochv // [Productive potential of meadow agrophytocenoses and soil fertility]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2010, no. 2, pp. 8–12.
  10. Bakina L.G., Nebolsin A.N., Nebolsina Z.P. Izmeneniye sodержaniya i sostava gumusa dernovo-podzolistoy legkosuglinistoy pochvy v dlitel'nom polevom opyte po izvestkovaniyu [Changes in the content and composition of humus in soddy-podzolic light loamy soil in a long-term field experiment on liming]. *Pochvovedeniye* [Soil science], 2011, no. 5, pp. 572–581.
  11. Kulakov V.A., Leonidova T.V., Sedova E.G. Effektivnost' izvestkovaniya pastbishch pri ikh uluchshenii [Efficiency of pasture liming during their improvement]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2011, no. 10, pp. 19–20.
  12. Litvinovich A.V., Pavlova O.Yu. Transformatsiya sostava gumusa dernovo-podzolistykh pochv legkogo granulometricheskogo sostava pod deystviyem vozrastayushchikh doz izvesti i v postagrogennyi period [Transformation of the composition of humus in soddy-podzolic soils of light granulometric composition under the influence of increasing doses of lime and in the postagrogenic period]. *Pochvovedeniye* [Soil science], 2010, no. 11, pp. 1362–1369.
  13. Bulatova N.V., Regorchuk N.V. Plodorodiye dernovo-podzolistoy pochvy i urozhaynost' mnogoletnikh trav pri dlitel'nom primenenii mineral'nykh udobreniy na fone izvestkovaniya [The fertility of soddy-podzolic soil and the yield of perennial herbs with prolonged use of mineral fertilizers against the background of lime]. *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka* [Agrarian science of the Euro-North-East], 2017, no. 5 (60), pp. 28–32.
  14. Mitrofanova E.M. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh udobreniy i posledeystviya izvesti na fosfatnyy rezhim dernovo-poverkhnostno-podzolistoy pochvy Predural'ya [The effect of long-term use of mineral fertilizers and lime aftereffect on the phosphate regime of soddy-surface-podzolic soil of the Pre-Urals]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], 2016, no. 7, pp. 36–43.
  15. Zavyalova N.E., Storozheva A.N. [The effect of long-term use of mineral fertilizers on the phosphate regime of sod-podzolic heavy loamy soil]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], 2015, no. 9, pp. 33–40.
  16. Kutuzova A.A. Izvestkovaniye pochv lugov i pastbishch [Liming of soils of meadows and pastures]. Moscow, 1970, 32 p.
  17. Rekomendatsii po izvestkovaniyu kislykh pochv na senokosakh i pastbishchakh [Recommendations on liming acidic soils on hayfields and pastures]. V.R. Williams Institute of Feed. Moscow, 1977, 24 p.
  18. Kutuzova A.A., Teberdiev D.M. Effektivnost' izvestkovaniya kislykh pochv na pastbishchakh [Efficiency of liming acidic soils on pastures]. *Kormoproizvodstvo* [Forage production], 1998, no. 10, pp. 6–9.