

ВЛИЯНИЕ МНОГОВАРИАНТНЫХ СИСТЕМ ВЕДЕНИЯ ДОЛГОЛЕТНИХ СЕНОКОСОВ НА БОТАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВО КОРМА

С.А. ЗАПИВАЛОВ^{1,2}

(¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»;
² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Значительная часть получаемых с природных кормовых угодий объемистых кормов характеризуется низким качеством в связи с выпадением из травостоев ценных в кормовом отношении растений и несоблюдением сроков и технологий заготовки кормов. Регулирование питательного режима является эффективным средством улучшения состава травостоя и повышения качества корма. Для изучения влияния различных видов и доз удобрений на ботанический состав и качество корма долголетнего сенокоса в ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» с 1947 г. проводится длительный полевой опыт. На 72–74 гг. пользования травостоем без применения удобрений, при внесении одно- и двухкомпонентных подкормок и полного минерального удобрения с низкой дозой азота формируются фитоценозы с преобладанием низовых злаков, значительным участием разнотравья и бобовых (в технологиях без внесения минерального азота). Полученный с них корм соответствует требованиям ГОСТ для первого и второго класса сена естественных угодий. При внесении полного минерального удобрения с дозой азота N_{90–180} формируются фитоценозы с преобладанием верховых злаков. С учетом более высоких требований, предъявляемых стандартом к селу сеяных травостоев, полученный с них корм соответствует преимущественно требованиям для второго класса. Во всех системах ведения корм более высокого качества был получен во втором укосе, что связано с увеличением после скашивания количества высокооблиственных побегов злаков и содержания бобовых. Отмечено влияние погодных условий на качество сена. В годы с благоприятными условиями увлажнения повышается эффективность применяемых удобрений, улучшается качество корма.

Ключевые слова: природные кормовые угодья, сенокос, системы ведения, удобрение, ботанический состав, сено, качество корма, протеин, клетчатка.

Введение

Объемистые корма составляют основу рационов крупного рогатого скота, определяют тип кормления, количество включаемых в него комбикормов и кормовых добавок. Низкое качество объемистых кормов компенсируется избыточной дачей концентратов, что приводит к ухудшению здоровья и снижению сроков продуктивного использования животных. Объемистые корма высокого качества обеспечивают полноценное сбалансированное кормление и высокий уровень молочной и мясной продуктивности животных. Сено является одним из наиболее ценных видов корма. Оно богато протеином, углеводами, минеральными веществами и витаминами. Однако химический состав сена непостоянен и зависит от целого ряда факторов включая агротехнические мероприятия при выращивании и технологии заготовки [6, 13].

Установлено, что показатели качества получаемого корма напрямую зависят от уровня минерального питания многолетних трав. Наиболее быстродействующим и эффективным приемом повышения качества объемистых кормов является применение удобрений. Под влиянием минеральных удобрений улучшается биохимический

состав сена многолетних трав, увеличивается содержание в них белков, жиров, витаминов. Максимальный эффект при этом наблюдается при научно обоснованном применении удобрений [1, 2, 13–15].

Неудовлетворительное качество значительной части получаемых кормов связано с низким содержанием в них энергии и сырого протеина, что обусловлено упущением оптимальных сроков скашивания трав и нарушением технологии заготовки. Поэтому с целью повышения концентрации энергии, сырого протеина и каротина в сухом веществе травяных кормов необходимо строго следить за соблюдением оптимальных фаз вегетации при уборке трав. Повышения содержания протеина можно также достичь увеличением доли бобовых трав в травостое [14]. По составу протеин бобовых лучше, лизина и метионина в них содержится в 1,5–3 раза больше, чем в злаковых травах. Включение бобовых повышает содержание в корме кальция, магния, меди, серы, железа, кобальта и незаменимых аминокислот [10].

Природные кормовые угодья являются важным источником получения кормов высокого качества, однако в настоящее время большие площади их находятся в неудовлетворительном культуротехническом состоянии. При выпадении ценных кормовых трав в травостое внедряются виды низкого кормового потенциала, поэтому важно регулировать ботанический состав сенокосных фитоценозов, что позволяет управлять качеством получаемого корма [1, 8]. Повышение содержания ценных в кормовом отношении злаков и бобовых также достигается регулированием питательного режима травостоев. Поэтому разработка и изучение технологий и систем ведения сенокосов являются важной задачей на пути повышения качества объемистых кормов, получаемых на луговых угодьях.

Целью исследований была оценка влияния систем ведения долголетнего сенокоса на ботанический состав травостоев и качество получаемого корма.

Материалы и методы исследований

Изучение влияния многовариантных систем ведения сенокоса на ботанический состав и качество корма проводили в 2018–2020 гг. на травостоях 72–74 гг. пользования, заложенных на территории Центральной экспериментальной базы ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» в 1946 г. посевом травосмеси, включающей в себя клевер луговой *Trifolium pratense* L. (норма высева – 3 кг/га), клевер ползучий *Trifolium repens* L. (2 кг/га), тимopheевку луговую *Phleum pratense* L. (4 кг/га), овсяницу луговую *Festuca pratensis* Huds. (10 кг/га), лисохвост луговой *Alopecurus pratensis* L. (3 кг/га), коострец безостый *Bromus inermis* Leyss. (3 кг/га) и мятлик луговой *Poa pratensis* L. (2 кг/га). Системы ведения сенокоса изучаются с 1947 г.

Опытный участок расположен на суходоле временно-избыточного увлажнения. Почва участка дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая. Перед посевом трав в слое почвы 0–20 см содержалось: гумуса (по Кнопю) – 2,03%; K_2O (по Масловой) – 70 мг на кг почвы; P_2O_5 (по Кирсанову) – 50 мг на кг почвы; общего азота (по Кьельдалю) – 0,12%; рНсол – 4,3 до проведения известкования, 4,6 – после внесения 5 т/га извести при обработке почвы.

В условиях полевого опыта изучали шесть систем ведения сенокоса. Схема опыта:

Техногенная система ведения

1. Без удобрений – контроль

Интегрированная система ведения

2. $P_{45}K_{90}$

Техногенно-минеральная экстенсивная система ведения

3. K_{90}

4. P_{45}

5. N_{120}

6. $N_{90}K_{90}$
7. $N_{120}P_{45}$
8. $N_{120}K_{90}$
9. $N_{80+40}K_{120}$
10. $N_{60}P_{45}K_{90}$

Техногенно-минеральная интенсивная система ведения

11. $N_{90}P_{45}K_{90}$
12. $N_{120}P_{30}K_{60}$
13. $N_{120}P_{45}K_{90}$
14. $N_{80+40}P_{60}K_{120}$
15. $N_{80+40}P_{45}K_{90}$ (в 1980 и 1987 гг. внесено по 6 т/га извести)
16. $N_{80+40}P_{45}K_{90}$
17. $N_{120+60}P_{45}K_{90}$
18. $N_{120+60}P_{60}K_{120}$
19. $N_{45}P_{30}K_{60} + N_{45}P_{30}K_{60}$

Техногенно-органическая система ведения

20. 10 т/га навоза (один раз в четыре года)
21. 20 т/га навоза (один раз в четыре года)

Комбинированная (техногенно-органоминеральная) система ведения

22. 10 т/га навоза (один раз в четыре года) + $N_{90}P_{45}K_{90}$
23. 20 т/га навоза (один раз в четыре года) + $N_{90}P_{45}K_{90}$

Опыт заложен в четырехкратной повторности. Площадь опытной делянки – 104 м², для вариантов 6, 9, 11–14, 17 и 18–52 м², учетная площадь составляет 15 м².

Минеральные удобрения в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и хлористого калия вносили разово в полной дозе весной в вариантах 2–8, 10–14, 22 и 23; в вариантах 9–18 дробно (весной и под второй укос) вносили азот; в варианте 19 – NPK. Органические удобрения (навоз крупного рогатого скота) вносили один раз в четыре года поверхностно в осенний период. Навоз – полуперепревший (после хранения в течение 5–6 месяцев), с содержанием в среднем N – 0,40%, P₂O₅ – 0,25%, K₂O – 0,45%. Использование травостоев – двуукосное. Первое скашивание проводили в фазу массового цветения преобладающего вида (лисохвост луговой), второе – в первой декаде сентября.

Метеоусловия в годы проведения исследований представлены на рисунках 1, 2. Вегетационный период 2018 г. характеризовался высокой теплообеспеченностью, недостаточным количеством осадков и неравномерным их выпадением, что привело к атмосферной и почвенной засухе. Вегетационный период 2019 г. относился к теплому и сухому погодному типу, однако осадки выпадали чаще нормы, а сумма среднесуточных температур середины периода вегетации была ниже средних многолетних значений, что позволило компенсировать недостаток атмосферного увлажнения в этот период. Вегетационный период 2020 г. характеризовался высокой тепло- и влагообеспеченностью, то есть был наиболее благоприятным для развития многолетних трав и эффективного использования питательных веществ из удобрений.

При проведении учетов и наблюдений использовали принятые в луговодстве методики. Оценку качества корма проводили на основе анализа его химического состава с учетом основных показателей: содержание сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и основных элементов минерального питания (фосфор и калий) в сухом веществе корма, содержания в 1 кг сухого вещества обменной энергии. Класс качества сена определяли в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55452–2013. Сено и сенаж. Технические условия.

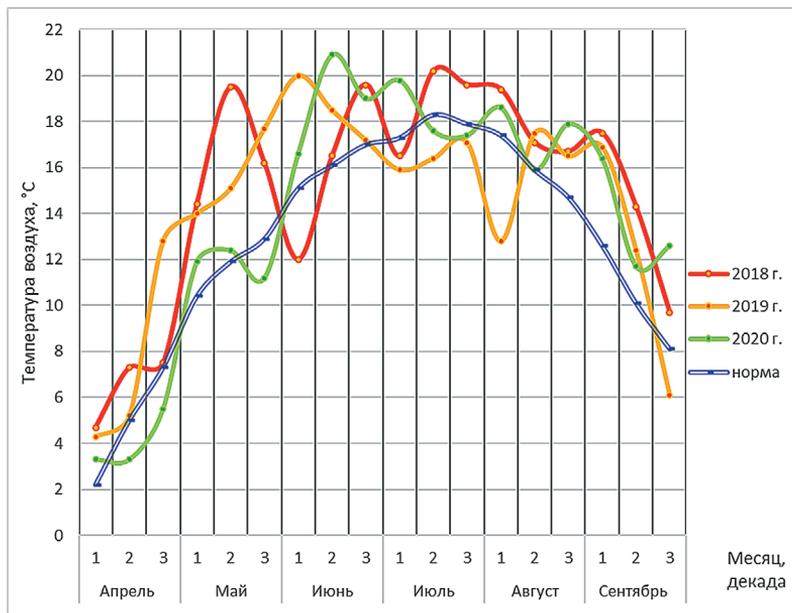


Рис. 1. Температура воздуха в период проведения исследований

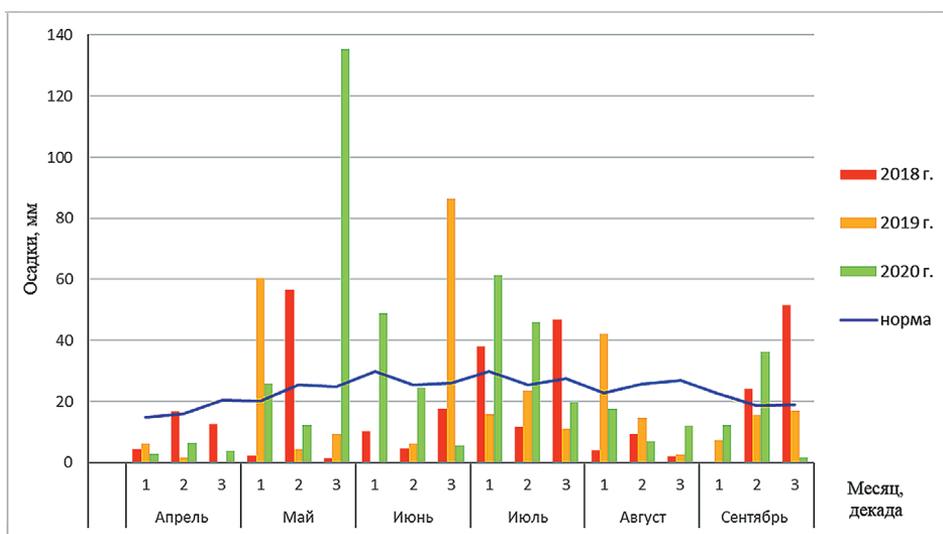


Рис. 2. Количество осадков в период проведения исследований

Результаты и их обсуждение

Однородный по составу в период закладки опыта травостой, представленный сеянными верховыми и низовыми злаками и бобовыми, в процессе своего существования прошел через ряд сукцессионных изменений, в значительной степени обусловленных режимом питания. На 72–74 гг. пользования отмечено четкое разделение сложившихся сообществ на фитоценозы верхового и низового типов. Применение техногенно-минеральной интенсивной и комбинированной систем ведения, а также двух технологий, входящих в техногенно-минеральную экстенсивную систему (с внесением $N_{90}K_{90}$ и $N_{60}P_{45}K_{90}$), привело к формированию типичных сенокосных фитоценозов, основу которых составляют

верховые злаки. В техногенной, интегрированной, техногенно-минеральной экстенсивной (за исключением указанных выше технологий) и техногенно-органической системах сформировались фитоценозы с преобладанием внедрившихся дикорастущих низовых злаков, с технологической точки зрения пригодные больше для пастбищного использования. Участие растений из группы разнотравья более значительно в фитоценозах низового типа. Применение технологий без внесения минерального азотного удобрения привело к формированию разнотравно-бобово-злаковых и бобово-разнотравно-злаковых фитоценозов за счет внедрения дикорастущих местных видов бобовых. Такое разделение травостоев объясняется различной конкурентной способностью видов трав в условиях разной обеспеченности элементами питания. Поддерживать высокую насыщенность фитоценозов сеянными верховыми злаками на протяжении длительного времени позволяет только применение полного минерального удобрения с высокими дозами азота (N_{90-180}).

После выпадения из травостоя на начальном этапе малолетних видов – тимфеевки луговой и овсяницы луговой – высокое участие верховых злаков поддерживается за счет лисохвоста лугового, а при внесении максимальной дозы азота (N_{180}) со временем в травостое начинает доминировать нитрофильный злак – кострец безостый. В условиях недостаточной обеспеченности каким-либо из элементов питания в фитоценоз внедряются и занимают место выпадающих из травостоя верховых злаков представители дикорастущей флоры, хорошо приспособленные к местным почвенным условиям: низовые злаки, бобовые и разнотравье.

Химический состав корма. Поскольку в зависимости от применяемых технологий и систем ведения сенокоса сформировались два типа травостоя, получаемый корм относится к одной из двух указанных в ГОСТе категорий: сеяные злаковые травы или травы естественных угодий. Поэтому класс качества сена определяли с учетом требований ГОСТа по данным категориям.

Показатели качества корма в среднем за сезон по годам исследования представлены в таблице 1. В *техногенной системе* корм, полученный во втором укосе, во все годы соответствовал первому классу качества, в первом укосе – второму. Лимитирующим показателем было содержание сырого протеина, в корме первого укоса оно было ниже (10,23–10,99%), чем второго (13,26–13,44%) в связи с более низким участием бобовых видов (10,5–18,8%) в формировании урожая первого укоса по сравнению со вторым (20,5–54,1%). В *интегрированной системе* наблюдалась такая же закономерность, однако в 2019 г. было получено сено второго класса и во втором укосе (11,56% сырого протеина), что связано с отсутствием бобовых (в связи с цикличностью их участия в травостое). Содержание злаков составляло 96,7%, однако содержание протеина также было выше, чем в первом укосе, вследствие формирования урожая после скашивания преимущественно за счет высокооблиственных вегетативных побегов злаков. В *техногенно-органической системе* доля участия бобовых видов в формировании урожая первого укоса в 2018 г. составляла 18,8–28,2%, и корм соответствовал требованиям для второго класса (10,20–11,05% сырого протеина), во втором укосе участие бобовых повысилось до 68,2–75,8%, содержание сырого протеина – до 13,99–14,55% (первый класс). В более благоприятных условиях увлажнения в 2019 г. содержание бобовых в первом укосе составляло 49,4–51,8%, что способствовало получению корма с содержанием сырого протеина 12,03–12,09% (первый класс), в 2020 г. участие бобовых снизилось до 14,2–15,8%, в результате было получено сено второго класса (10,07–10,15% сырого протеина). Во втором укосе 2019 и 2020 гг. был получен корм первого класса качества (12,47–13,21% сырого протеина). В *техногенно-минеральной экстенсивной системе* при применении односторонних подкормок фосфором и калием содержание бобовых во втором укосе составляло 20,7–61,0%, что привело к увеличению содержания сырого протеина до 13,06–14,43% (первый

класс), исключением был вариант с внесением фосфора в 2020 г., когда содержание бобовых снизилось до 12,1%, и было получено сено второго класса (11,88% сырого протеина). Содержание бобовых в первом укосе было ниже (10,4–34,8%), качество корма соответствовало второму классу (10,38–11,75% сырого протеина).

Таблица 1

Качество корма долголетних сенокосов 72–74 гг. использования

Вариант опыта	Год	Содержание, % СВ					ОЭ, МДж в 1 кг СВ
		СП	СК	СЖ	Р	К	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2018	11,23	26,47	3,40	0,18	1,08	9,74
	2019	12,22	25,72	3,86	0,22	0,93	9,88
	2020	11,57	23,91	3,76	0,20	1,31	10,05
2	2018	10,66	27,51	3,22	0,27	1,74	9,60
	2019	10,71	26,62	3,61	0,32	1,53	9,58
	2020	11,27	25,43	3,64	0,34	2,01	9,81
3	2018	11,79	25,67	3,05	0,17	1,67	9,70
	2019	11,90	25,70	3,51	0,19	1,80	9,70
	2020	11,90	24,75	3,73	0,19	2,00	9,89
4	2018	11,35	25,72	3,28	0,30	0,94	9,80
	2019	12,36	25,25	3,74	0,32	0,83	9,88
	2020	11,60	23,63	4,09	0,35	1,08	10,03
5	2018	12,80	27,49	3,38	0,17	0,79	9,70
	2019	12,24	27,50	3,73	0,21	0,81	9,75
	2020	13,84	24,10	3,91	0,20	0,88	10,18
6	2018	10,38	28,63	3,34	0,18	2,08	9,37
	2019	11,74	27,55	3,81	0,22	2,16	9,53
	2020	13,41	24,92	4,11	0,23	2,43	10,00
7	2018	13,13	27,53	3,63	0,27	0,68	9,72
	2019	12,13	27,01	3,90	0,37	0,79	9,78
	2020	12,29	24,40	4,01	0,38	0,99	10,19
8	2018	10,73	27,49	3,38	0,15	1,75	9,52
	2019	11,25	27,04	3,92	0,18	1,58	9,62
	2020	12,69	26,12	4,22	0,19	2,02	9,92

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
9	2018	10,70	27,79	3,51	0,17	1,91	9,46
	2019	10,98	27,32	3,84	0,22	1,63	9,51
	2020	12,10	26,18	4,14	0,22	2,14	9,74
10	2018	10,29	27,50	3,45	0,27	1,86	9,53
	2019	11,02	27,50	3,84	0,34	1,65	9,59
	2020	11,73	26,49	4,11	0,35	1,95	9,78
11	2018	12,40	27,73	3,64	0,29	2,03	9,56
	2019	11,37	27,76	4,01	0,31	1,79	9,54
	2020	12,67	26,25	4,18	0,38	2,14	9,91
12	2018	11,63	28,81	3,61	0,29	1,34	9,52
	2019	11,59	28,99	4,03	0,30	1,12	9,52
	2020	12,62	27,47	4,10	0,31	1,74	9,82
13	2018	12,06	28,68	3,80	0,26	1,52	9,57
	2019	11,47	28,58	3,95	0,32	1,38	9,53
	2020	12,82	27,50	4,20	0,33	1,96	9,66
14	2018	11,57	28,71	3,49	0,28	1,91	9,50
	2019	11,11	28,56	3,78	0,31	1,74	9,45
	2020	12,03	27,07	4,18	0,36	2,05	9,76
15	2018	11,00	28,68	3,60	0,26	1,49	9,49
	2019	11,16	28,13	3,91	0,34	1,63	9,55
	2020	11,93	27,04	4,25	0,33	1,78	9,87
16	2018	11,79	28,31	3,66	0,25	1,37	9,53
	2019	11,51	28,66	3,82	0,27	1,38	9,51
	2020	12,19	26,92	4,06	0,30	1,81	9,83
17	2018	12,99	28,59	3,34	0,23	1,53	9,50
	2019	11,72	28,58	3,51	0,25	1,24	9,52
	2020	13,44	27,24	3,89	0,30	1,52	9,83
18	2018	11,88	28,54	3,15	0,23	1,37	9,42
	2019	11,62	28,50	3,47	0,29	1,48	9,49
	2020	13,58	27,18	3,77	0,36	2,09	9,73

1	2	3	4	5	6	7	8
19	2018	9,37	28,41	3,28	0,26	1,77	9,30
	2019	10,39	28,24	3,71	0,29	1,74	9,48
	2020	10,91	26,22	3,99	0,32	2,06	9,76
20	2018	11,43	25,30	3,34	0,19	0,88	9,81
	2019	12,56	26,06	3,76	0,23	0,84	9,80
	2020	11,42	23,82	3,94	0,24	1,13	10,08
21	2018	12,07	24,48	3,43	0,20	0,89	10,07
	2019	12,39	26,64	3,75	0,24	0,88	9,77
	2020	10,99	24,61	3,95	0,27	0,96	10,07
22	2018	10,28	29,40	3,45	0,26	1,72	9,27
	2019	10,71	29,00	3,88	0,38	1,57	9,37
	2020	11,23	26,48	4,08	0,36	1,79	9,77
23	2018	10,91	29,05	3,50	0,27	1,63	9,35
	2019	10,84	28,83	3,80	0,34	1,56	9,39
	2020	11,53	26,30	4,10	0,38	1,88	9,82

Примечание. СВ – сухое вещество; СП – сырой протеин; СК – сырая клетчатка; СЖ – сырой жир; Р – фосфор; К – калий; ОЭ – обменная энергия.

Так, содержание сырого протеина в корме, полученном с травостоев низового типа, повышается с увеличением доли бобовых в травостое, что делает такие фитоценозы ценными в кормовом отношении без значительных затрат на внесение азотного удобрения. В результате математической обработки полученных результатов выявлена прямая зависимость между содержанием бобовых видов в травостое и концентрацией сырого протеина в сухом веществе корма. Высокая положительная корреляция между данными показателями отмечена в засушливый 2018 г. и при позднем сроке проведения первого укоса (в третью декаду июня) в 2019 г. (коэффициенты корреляции – 0,89 и 0,94 соответственно). В данных условиях побеги злаков были грубее, и содержание сырого протеина в них ниже, поэтому бобовые виды способствуют получению корма более высокого качества. В 2020 г. при достаточной влагообеспеченности и уборке травостоев в оптимальные сроки качество злаковой составляющей травостоя повышается, что ослабляет зависимость между содержанием бобовых и сырого протеина (коэффициент корреляции – 0,26).

При внесении в *техногенно-минеральной экстенсивной системе* N₁₂₀ отдельно и в составе азотно-фосфорной подкормки было получено сено первого класса во все годы исследований. При единоразовом и дробном внесении той же дозы азота в составе азотно-калийной подкормки было получено сено второго класса в 2018 и 2019 гг. (10,70–11,25% сырого протеина), в 2020 г. при более благоприятных погодных условиях – первого класса (12,1–12,69% сырого протеина). Так, при отсутствии бобовых в фитоценозах низового

типа более высокое содержание сырого протеина в корме достигается внесением значительных доз азотного удобрения, что не является высокорентабельным с учетом невысокой продуктивности таких травостоев. В технологиях с внесением $N_{90}K_{90}$ и $N_{60}P_{45}K_{90}$, где сформировались травостои с преобладанием верховых злаков, в условиях засушливого 2018 г. при снижении доли низовых злаков до 24,3–34,7% содержание сырого протеина составляло 10,29–10,38%, что соответствовало только третьему классу качества. При более благоприятных погодных условиях 2019 и 2020 гг., когда содержание высокооблиственных низовых злаков увеличивается до 26,9–45,4%, отмечено улучшение качества сена до первого и второго класса (11,02–13,41% сырого протеина).

Таким образом, в техногенной, интегрированной, техногенно-органической и в большинстве технологий техногенно-минеральной экстенсивной системы, где сформировались травостои с преобладанием низовых злаков, полученный корм соответствовал требованиям для первого и второго классов сена естественных угодий.

Технологии, относящиеся к *техногенно-минеральной интенсивной системе*, обеспечивали получение сена второго класса (11,0–12,99% сырого протеина), за исключением дробного внесения NPK (9,37–10,91% сырого протеина), где на фоне снижения дозы азота под укос до N_{45} содержание протеина в корме первого укоса было значительно ниже, чем в остальных технологиях. Увеличение дозы азота до N_{180} во влажный 2020 г. при проведении уборки в оптимальные сроки обеспечило получение корма первого класса (13,44–13,58% сырого протеина). В техногенно-минеральной интенсивной системе при благоприятных условиях увлажнения 2019 и 2020 гг. травостои формировались практически полностью за счет злаков (93,3–100,0%). В 2019 г. содержание сырого протеина в корме первого укоса было ниже вследствие более позднего срока проведения уборки (в третьей декаде июня). В 2020 г. при проведении укоса в оптимальные сроки и в 2018 г. при возрастании участия разнотравья в травостое (до 19,0%) содержание сырого протеина повышалось. В *комбинированной системе* содержание сырого протеина в 2018 и 2019 гг. (10,28–10,91%) было ниже, чем в техногенно-органической системе, что связано со снижением содержания высокооблиственных низовых злаков (с 48,8–57,4 до 10,4–17,7%) и выпадением бобовых из травостоя, и полученный корм соответствовал только третьему классу качества. При более благоприятных погодных условиях в 2020 г. содержание сырого протеина (11,23–11,53%) возросло за счет лучшей обеспеченности травостоя азотом и проведения уборки в оптимальные сроки, и полученный корм соответствовал требованиям для сена второго класса. Содержание сырого протеина возрастает с увеличением дозы навоза с 10 до 20 т/га за счет дополнительного поступления азота. В результате математической обработки выявлена прямая зависимость между дозами азота в составе полного минерального удобрения и концентрацией сырого протеина в сухом веществе корма в данных системах. В 2018 г. отмечена средняя, а в 2019 и 2020 гг. – высокая положительная корреляция между данными показателями (коэффициенты корреляции – 0,61, 0,72 и 0,82 соответственно), что демонстрирует повышение качества корма с улучшением условий увлажнения за счет более эффективного использования питательных веществ из минеральных удобрений в условиях достаточной влагообеспеченности. Во все годы проведения исследований в техногенно-минеральной интенсивной и комбинированной системах содержание сырого протеина в корме второго укоса было выше, а содержание сырой клетчатки – ниже, чем первого, поскольку урожай злаковых трав после скашивания формируется преимущественно за счет высокооблиственных вегетативных побегов. Можно предположить, что для улучшения качества сена в первом укосе требуется перенести его проведение на более ранние сроки.

Потребность взрослых жвачных животных в сыром жире составляет 3–5% от сухого вещества рациона [7]. Корм, полученный во всех изучаемых системах в годы проведения исследований, соответствовал зоотехническим требованиям.

Отмечено повышение содержания сырого жира при внесении минерального азота и навоза: с 3,05–3,40 до 3,15–3,66% в 2018 г.; с 3,51–3,86 до 3,47–4,03% в 2019 г.; с 3,64–4,09 до 3,77–4,25% в 2020 г. Погодные условия также влияли на содержание сырого жира в корме – оно повышалось в более благоприятные по влагообеспеченности годы: с 3,05–3,66% в 2018 г. до 3,47–4,03% в 2019 г. и 3,64–4,25% в 2020 г. Для большинства изучаемых технологий отмечено повышение содержания сырого жира в корме, полученном во втором укосе (3,12–4,68%), по сравнению с первым укосом (3,01–4,15%).

Таким образом, во всех изучаемых системах ведения получаемый во втором укосе корм был более высокого качества, чем в первом, что объясняется повышением содержания бобовых, высокооблиственных низовых злаков и вегетативных побегов верховых злаков. Для улучшения качества сена в первом укосе рекомендуется перенести проведение уборки на более ранние сроки.

Во всех процессах, происходящих в организме животных, значительную роль играют минеральные вещества. В процессе жизнедеятельности они выводятся из организма, и поступление их с кормом и водой предохраняет от деминерализации [3–5, 9]. Оптимальным считается содержание фосфора в кормах, равное 0,35–0,55% сухого вещества. В соответствии с данными, полученными в результате ранее проведенных исследований, в сене естественных кормовых угодий содержится в среднем 0,20–0,27% фосфора, в сене сеяных злаковых трав – 0,17–0,18%. В практике кормления сельскохозяйственных животных фосфор является одним из критических минеральных элементов, так как многие корма содержат фосфора меньше нормы, требуемой животными, вследствие недостаточной обеспеченности почв лугов его доступными формами. Повысить содержание минеральных элементов в кормах можно за счет улучшения агротехники и внесения удобрений [9, 11, 12].

Содержание фосфора в корме, произведенном в *техногенной системе* на фоне естественного плодородия почвы, было низким (0,18–0,22%), что обусловлено низкой обеспеченностью почвы подвижными формами фосфора (39,4 мг/кг почвы). Внесение P_{45} в составе фосфорно-калийного удобрения в *интегрированной системе* способствовало увеличению содержания фосфора в корме до 0,27–0,34% на фоне повышения обеспеченности почвы подвижным фосфором до 156,1 мг/кг. Содержание фосфора в корме, полученном в *техногенно-минеральной экстенсивной системе* при применении односторонних калийной (0,17–0,19%) и азотной (0,17–0,21%) подкормок, было низким, что связано со значительным снижением содержания в почве подвижного фосфора (до 32,9 и 24,4 мг/кг почвы соответственно). Внесение азотного удобрения приводило к более сильному обеднению почвы фосфором. Внесение только фосфорного удобрения (P_{45}) увеличивало содержание соединений подвижного фосфора до 181,6 мг/кг почвы, что способствовало повышению концентрации фосфора в корме до 0,30–0,35%. При применении технологий, предусматривающих внесение азотно-калийных подкормок, отмечено низкое содержание фосфора в корме (0,15–0,23%) вследствие обеднения почвы подвижным фосфором (до 24,2–41,4 мг/кг). С увеличением дозы азота содержание фосфора в корме снижалось. Внесение азотно-фосфорного удобрения способствовало повышению содержания фосфора в корме до 0,27–0,38%.

В *техногенно-минеральной интенсивной системе* при внесении фосфора в составе полного минерального удобрения с возрастающими дозами азота ($N_{60-180}P_{45}K_{90}$) происходит снижение содержания в почве подвижных соединений фосфора (с 130,5 до 91,3 мг/кг). С увеличением урожайности травостоя содержание фосфора в корме снижается при повышении дозы азота с N_{90} до N_{180} , так как действует эффект разбавления. При снижении дозы фосфора и калия в составе полного минерального удобрения с $P_{45}K_{90}$ до $P_{30}K_{60}$ содержание фосфора в корме вследствие уменьшения содержания в почве соединений подвижного фосфора снижается, при увеличении с $P_{45}K_{90}$ до $P_{60}K_{120}$ – возрастает.

При увеличении дозы азота с N_{120} до N_{180} на фоне $P_{60}K_{120}$ наблюдается снижение содержания фосфора в корме вследствие эффекта разбавления и уменьшения содержания подвижных форм фосфора в почве. При применении технологии с дробным внесением полного минерального удобрения ($N_{45}P_{30}K_{60} + N_{45}P_{30}K_{60}$) содержание фосфора в корме (0,26–0,32%) было ниже, чем при однократном внесении $P_{60}K_{120}$ в составе $N_{80+40}P_{60}K_{120}$ (0,28–0,36%), а содержание подвижного фосфора в почве, наоборот, возрастало. Эффективность фосфорного удобрения при дробном внесении снижается, так как во второй половине лета ростовые процессы у трав замедляются. Содержание фосфора в корме, полученном в *техногенно-органической системе*, при увеличении дозы навоза с 10 т до 20 т/га увеличивалось с 0,19–0,24% до 0,20–0,27% вследствие повышения содержания в почве соединений подвижного фосфора с 43,49 до 53,0 мг/кг. Внесение минерального удобрения в *комбинированной системе* способствовало увеличению содержания фосфора в корме до 0,26–0,38% на фоне повышения обеспеченности почвы подвижным фосфором до 128,4–175,1 мг/кг.

Отмечено повышение содержания фосфора в корме в благоприятные по условиям увлажнения годы (с 0,15–0,29% в 2018 г. до 0,18–0,38 и 0,19–0,38% в 2019 и 2020 гг. соответственно). Содержание фосфора в корме, полученном в первом укосе в 2018 и 2019 гг. (0,13–0,29 и 0,17–0,37%), было ниже, чем во втором укосе (0,20–0,33 и 0,19–0,41%). В условиях влажного 2020 года при проведении уборки в оптимальные сроки содержание фосфора в корме первого и второго укосов было более равномерным.

Калий содержится в кормах в больших количествах, чем любой другой элемент минерального питания, и обычно его содержание намного больше нормы потребности сельскохозяйственных животных. При высокой доступности калия в почве или применении высоких доз удобрений растения способны накапливать до 6% калия. В соответствии с данными, полученными в ранее проведенных исследованиях, в сене естественных кормовых угодий содержится в среднем 1,6–1,7% калия, в сене сеяных злаковых трав – 1,3–1,7% [9, 12].

Содержание калия в корме, полученном в *техногенной системе*, составляло 0,93–1,31%. Внесение K_{90} в составе фосфорно-калийного удобрения в *интегрированной системе* способствовало повышению содержания калия до 1,53–2,01% на фоне увеличения в почве содержания обменного калия (с 56,7 мг/кг в техногенной системе до 85,3 мг/кг). При внесении в *техногенно-минеральной экстенсивной системе* азотной и азотно-фосфорной подкормок наблюдались снижение содержания калия в корме по сравнению с техногенной системой (до 0,79–0,88 и 0,68–0,99% соответственно) и обеднение почвы обменным калием (до 52,8 и 46,2 мг/кг). Внесение только калийной подкормки (K_{90}) способствует увеличению содержания калия в корме до 1,67–2,0%, внесение азотно-калийной подкормки – до 1,58–2,43%. При этом увеличение дозы азота с N_{90} до N_{120} приводит к уменьшению содержания калия в корме.

В *техногенно-минеральной интенсивной системе* при внесении полного минерального удобрения в дозе $N_{60-180}P_{45}K_{90}$ наблюдается эффект разбавления: содержание калия в корме снижается при повышении дозы азота с N_{90} до N_{180} , как и при повышении дозы азота с N_{120} до N_{180} на фоне внесения $P_{60}K_{120}$. При увеличении дозы фосфора и калия с $P_{30}K_{60}$ до $P_{45}K_{90}$ в составе полного минерального удобрения содержание калия в корме увеличивается с 1,12–1,74 до 1,38–1,96%, при увеличении с $P_{45}K_{90}$ до $P_{60}K_{120}$ в благоприятные по условиям увлажнения 2019 и 2020 гг. наблюдается та же тенденция, в засушливых условиях 2018 г. – наоборот, поскольку эффективность минерального удобрения снижается. При дробном внесении полного минерального удобрения ($N_{45}P_{30}K_{60} + N_{45}P_{30}K_{60}$) по сравнению с однократным внесением фосфора и калия в составе $N_{80+40}P_{60}K_{120}$ содержание калия в корме первого укоса было ниже вследствие

снижения дозы удобрения под укос, в корме второго укоса – выше, поскольку травы после отчуждения урожая получают дополнительное фосфорно-калийное питание.

В корме, полученном в *техногенно-органической системе*, содержание калия (0,84–1,13%) было ниже, чем в корме техногенной системы. На фоне примерно одинаковой обеспеченности почвы соединениями обменного калия в техногенной (56,7 мг/кг) и техногенно-органической (54,5–56,9 мг/кг) системах наблюдается недостаточное калийное питание травостоя в техногенно-органической системе на фоне повышения урожайности на 23–34%. Так, с навозом не поступает достаточное количество калия для обеспечения оптимального его содержания в кормах. Внесение минерального удобрения в *комбинированной системе* способствовало увеличению содержания калия в корме до 1,56–1,88% на фоне повышения содержания соединений обменного калия в почве до 60,6–61,5 мг/кг.

Отмечено повышение содержания калия в корме в благоприятные по условиям увлажнения годы (с 0,68–2,08% в 2018 г. до 0,79–2,16% в 2019 г. и 0,88–2,43% в 2020 г.). В засушливых условиях эффективность минеральных удобрений снижается, поэтому в 2018 г. содержание калия в корме, полученном в первом укосе, было ниже, чем во втором (0,61–1,98% и 0,78–2,42% соответственно), в годы, благоприятные по условиям увлажнения – наоборот (0,79–2,35 и 0,73–1,69% в 2019 г.; 0,95–2,73 и 0,77–2,02% в 2020 г.).

Таким образом, в техногенной системе на фоне естественного почвенного плодородия отмечено низкое содержание в корме калия и фосфора. Применение интегрированной системы обеспечивает высокую обеспеченность почвы и корма фосфором и калием. Внесение односторонних и несбалансированных подкормок в техногенно-минеральной экстенсивной системе повышает содержание одного элемента при значительном обеднении почвы и растительного сырья другим, что отрицательно влияет на качество корма. Внесение полного минерального удобрения повышает содержание в почве и корме фосфора и калия, однако с возрастанием дозы азота увеличиваются урожайность травостоев и вынос данных элементов. Поскольку в условиях достаточной влагообеспеченности увеличивается эффективность применения минеральных удобрений, в 2019 и 2020 гг. наблюдалось повышение содержания в корме фосфора и калия.

Энергетическая питательность корма. Более устойчивый по содержанию обменной энергии (9,7–10,2 МДж) корм, отвечающий требованиям, предъявляемым к кормам для высокопродуктивных коров, вне зависимости от изменения погодных условий в годы исследований был получен в *техногенной* и *техногенно-органической системах* и технологиях *техногенно-минеральной экстенсивной системы*, предусматривающих внесение K_{90} , P_{45} , N_{120} , $N_{120}P_{45}$. При применении *интегрированной системы* и технологий *техногенно-минеральной экстенсивной, интенсивной и комбинированной систем*, предусматривающих внесение N_{60-180} в составе двухкомпонентной подкормки или полного минерального удобрения, содержание в 1 кг сухого вещества обменной энергии (9,3–10,0 МДж) снижается. Погодные условия оказывали влияние на энергетическую питательность корма: в засушливых условиях 2018 г. содержание обменной энергии (9,3–10,1 МДж) было ниже; в благоприятных условиях увлажнения в 2020 г. был получен корм с максимальной энергетической питательностью, отвечающий требованиям к корму для высокопродуктивных коров во всех технологиях и системах ведения сенокоса (9,7–10,2 МДж). Энергетическая питательность корма изменялась в течение сезона. В засушливых условиях 2018 г. и при более позднем сроке уборки в 2019 г. энергетическая питательность корма в первом укосе была ниже (9,05–9,86 МДж), чем во втором (9,62–10,59 МДж). В 2020 г. в первом (9,45–10,21 МДж) и втором (9,96–10,32 МДж) укосах был получен корм, более равномерно обеспеченный энергией.

Выводы

Применение многовариантных систем ведения долголетнего сенокоса приводит к изменениям в ботаническом составе травостоя и получению корма различного качества. В техногенной, интегрированной, техногенно-органической и большинстве технологий техногенно-минеральной экстенсивной системы, где формируются травостои пастбищного типа с преобладанием низовых злаков и значительным содержанием мелкостебельного разнотравья, в травостое присутствует большое количество хорошо облиственных вегетативных побегов. В технологиях без внесения минерального азотного удобрения в травостое также принимают значительное участие бобовые виды. Корм, получаемый с таких травостоев, соответствует требованиям для первого и второго классов сена естественных угодий. Даже в засушливых условиях отмечается высокое содержание в нем сырого протеина и низкое содержание сырой клетчатки.

В техногенно-минеральной интенсивной, экстенсивной (при внесении $N_{90}K_{90}$ и $N_{60}P_{45}K_{90}$) и комбинированной системах формируются травостои сенокосного типа с преобладанием верховых злаков. В засушливых условиях 2018 г. и при более позднем сроке проведения первого укоса в 2019 г. корм, полученный с данных травостоев, характеризовался более высоким содержанием сырой клетчатки и низким содержанием сырого протеина. С учетом более высоких требований, предъявляемых стандартом к сене сеяных травостоев, полученный корм соответствовал требованиям преимущественно для второго класса. При запаздывании с уборкой травостои грубеют и качество сена ухудшается, поэтому важно проводить первый укос в рекомендуемую фазу вегетации.

По содержанию сырого жира корм, полученный во всех изучаемых системах ведения, соответствовал зоотехническим требованиям. Содержание фосфора и калия в корме было более благоприятным при совместном их внесении в составе двухкомпонентной подкормки и полного минерального удобрения в интегрированной и техногенно-минеральной интенсивной системах.

Погодные условия оказывали влияние на качество получаемого корма во всех изучаемых системах ведения. В благоприятных условиях увлажнения и теплообеспеченности повышается эффективность вносимых удобрений. Как следствие, улучшается химический состав, повышаются его энергетическая питательность и обеспеченность минеральными элементами. В засушливых условиях качество корма снижается. Отмечено изменение качества получаемого корма в течение сезона. Во втором укосе было получено сено более высокого качества по большинству показателей за счет формирования травостоя после скашивания из высокооблиственных вегетативных побегов злаков и повышения содержания в травостое бобовых.

Библиографический список

1. Бедарева О.М. Культуртехническое состояние природных кормовых угодий и перспективы их оптимизации / О.М. Бедарева, Т.Н. Троян, Л.С. Мурачёва и др. // Известия КГТУ. – 2017. – № 45. – С. 221–232.
2. Вихман М.И. Влияние удобрений на качество кормовых трав и сена в условиях Мурманской области / М.И. Вихман, Е.Е. Кислых, В.И. Костюк // Агрехимический вестник. – 2010. – № 6. – С. 29–31.
3. Драганов И.Ф. Минеральное питание животных: Учебник / И.Ф. Драганов, В.И. Фисинин, В.В. Калашников, А.С. Ушаков. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2012. – 385 с.
4. Жазылбеков Н.А. Кормление сельскохозяйственных животных, птиц и технология приготовления кормов в современных условиях: Справочное пособие / Н.А. Жазылбеков, М.А. Кинеев, А.А. Тореханов и др. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Алматы: ТОО «Издательство «Бастау», 2008. – 436 с.

5. Калашников А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справочное пособие / А.П. Калашников, В.И. Фисинин, В.В. Щеглов и др.; Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – М., 2003. – 456 с.
6. Клименко В.П. Качественные объемистые корма – основа полноценных рационов для высокопродуктивного скота / В.П. Клименко // Адаптивное кормопроизводство – 2019. – № 3. – С. 102–115.
7. Кормление животных с основами кормопроизводства: Краткий курс лекций для студентов специальности 36.05.01 – Ветеринария / Сост. А.П. Коробов, Л.А. Сивохина. – Саратов: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2017. – 126 с.
8. Косолапов В.М. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова и др. – М.: РАН, 2018. – 132 с.
9. Косолапов В.М. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа / В.М. Косолапов, В.А. Чуйков, Х.К. Худякова, В.Г. Косолапова. – М.: Угрешская типография, 2019. – 272 с.
10. Кутузова А.А. Пути увеличения производства растительного белка / А.А. Кутузова // Кормопроизводство. – 1983. – № 1. – С. 22–25.
11. Минеральное питание сельскохозяйственных животных в Нечерноземной зоне: Методические рекомендации. – М.: Колос, 1967. – 31 с.
12. Олль Ю.К. Минеральное питание животных в различных природно-хозяйственных условиях / Ю.К. Олль. – Л.: Колос, 1967. – 208 с.
13. Пшеничникова Е.Н. Качество сена – залог успешного ведения животноводства / Е.Н. Пшеничникова, Е.А. Кроневальд // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 6 (164). – С. 143–146.
14. Разумовский Н.П. Пути повышения качества травяных кормов / Н.П. Разумовский, О.Ф. Ганущенко, Л.А. Возмитель // Проблемы и перспективы развития животноводства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию биотехнологического факультета (г. Витебск, 31 октября – 2 ноября 2018 г.). – Витебск: ВГАВМ, 2018. – С. 105–106.
15. Чесалин С.Ф. Влияние комплексного применения агротехнических и агрохимических мероприятий на показатели качества сена многолетних трав / С.Ф. Чесалин // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 10–18.

EFFECT OF MULTI-VARIANT MANAGEMENT SYSTEMS OF LONG-TERM HAYFIELDS ON BOTANICAL COMPOSITION AND QUALITY OF FEED

S.A. ZAPIVALOV^{1,2}

(¹ Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology;

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

A significant part of bulky feed obtained from natural fodder lands is characterized by low quality due to the loss of valuable forage plants from herbage and non-observance of the terms and technologies of harvesting. Nutritional adjustment is an effective means of improving the composition of the herbage and the feed quality. To study the effect of various types and doses of fertilizers on the botanical composition and quality of forage for long-term hayfield at the FWRC FPA long-term field experiment has been conducted since 1947. For the 72–74th years, the use of hayfield without fertilizer application, with use

of one- and two-component fertilizer and complete mineral fertilizer with a low dose of nitrogen, phytocenoses are formed with a predominance of short grasses, significant content of forbs and legumes (in technologies without the use of mineral nitrogen). The forage obtained from such grasslands meets the requirements of state standard specification for the first and second classes of hay of natural grasslands. Applying a complete mineral fertilizer with a nitrogen dose of N90–180, phytocenoses forms a predominance of high grasses. Considering the higher requirements of the standard for the hay of sown grasslands, the feed obtained from such grasslands mainly meets the second class's requirements. In all management systems, the second cut provides a higher quality of forage, which is associated with an increase after mowing in the content of well-leaved shoots of grasses and legumes. The authors noted the effect of weather conditions on the quality of hay. In years with favorable moisture conditions, the efficiency of the applied fertilizers increases, and the quality of feed improves.

Key words: natural fodder lands, hayfield, management systems, fertilizer, botanical composition, hay, feed quality, protein, fiber.

References

1. Bedareva O.M., Troyan T.N., Muracheva L.S. Fedyunina O.P., Gorshinina G.V., Volkova I.A. Kul'turtekhnicheskoe sostoyanie prirodnykh kormovykh ugodiy i perspektivy ikh optimizatsii [Cultural and technical state of natural forage lands and prospects for their optimization]. *Izvestiya KGTU*. 2017; 45: 221–232. (In Rus.)
2. Vikhman M.I., Kislykh E.E., Kostyuk V.I. Vliyanie udobreniy na kachestvo kormovykh trav i sena v usloviyakh Murmanskoy oblasti [The effect of fertilizers on the quality of forage grasses and hay in the conditions of the Murmansk region]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2010; 6: 29–31. (In Rus.)
3. Draganov I.F., Fisinin V.I., Kalashnikov V.V., Ushakov A.S. Mineral'noe pitaniye zhivotnykh [Mineral nutrition for animals]. M.: Izdatel'stvo RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva. 2012: 385. (In Rus.)
4. Zhazylybekov N.A., Kineev M.A., Torekhanov A.A., Ashanin A.I., Myrzakhmetov A.I., Seydaliev B.S., Tadzhiev K.P. Kormlenie sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh, ptits i tekhnologiya prigotovleniya kormov v sovremennykh usloviyakh: Spravochnoe posobie. 2-e pererabotannoe i dopolnennoe izdanie [Feeding farm animals, birds and feed production technology in modern conditions. Reference book. 2nd revised and enlarged edition]. Almaty: TOO "Izdatel'stvo "Bastau". 2008: 436. (In Rus.)
5. Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., Shcheglov V.V., Pervoe N.G., Kleymenov N.I., Strekozov N.I., Kalyschkiy B.D., Egorov I.A., Makhaev E.A., Dvalishvili V.G., Kalashnikov V.V., Vladimirov V.L., Gruzdev N.V., Mysik A.T., Balakirev N.A., Ficev A.I., Kirilov M.P., Krohina V.A., Naumepko P.A., Vorob'eva S.V., Trukhachev V.I., Zlydnev N.E., Sviridova T.M., Levakhin V.I., Galiev B.H., Arilov A.N., Bugdaev I.E. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: Spravochnoe posobie. [Rates and rations for feeding farm animals: Reference book]. Moscow. 2003: 456. (In Rus.)
6. Klimenko V.P. Kachestvennyye ob'emistyie korma – osnova polnotsennykh ratsionov dlya vysokoproduktivnogo skota [High-quality voluminous feed is the basis of complete diets for high-production cattle]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo*. 2019; 3: 102–115. (In Rus.)
7. Korobov A.P., Sivokhina L.A. Kormlenie zhivotnykh s osnovami kormoproizvodstva: kratkiy kurs lektsiy dlya studentov spetsial'nosti 36.05.01 Veterinariya [Animal feeding with the basics of forage production: a short course of lectures for students of the specialty 36.05.01 Veterinary medicine]. Saratov: FGBOU VO "Saratovskiy GAU". 2017: 126. (In Rus.)

8. *Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P.* Ratsional'noe prirodopol'zovanie i kormoproizvodstvo v sel'skom khozyaystve Rossii [Rational use of natural resources and forage production in agriculture of Russia]. M.: RAN. 2018: 132. (In Rus.)
9. *Kosolapov V.M., Chuykov V.A., Khudyakova Kh.K., Kosolapova V.G.* Mineral'nye elementy v kormakh i metody ikh analiza [Mineral elements in feed and methods of their analysis]. M.: Ugreshskaya tipografiya. 2019: 272. (In Rus.)
10. *Kutuzova A.A.* Puti uvelicheniya proizvodstva rastitel'nogo belka [Ways to increase plant protein production]. *Kormoproizvodstvo*. 1983; 1: 22–25. (In Rus.)
11. Mineral'noe pitanie sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh v Nechernozemnoy zone (metodicheskie rekomendatsii) [Mineral nutrition of farm animals in the Non-Black Soil Zone (Methodological Recommendations)]. M.: Kolos. 1967: 31. (In Rus.)
12. *Oll', Yu.K.* Mineral'noe pitanie zhivotnykh v razlichnykh prirodno-khozyaystvennykh usloviyakh [Mineral nutrition of animals in various natural and economic conditions]. L.: Kolos. 1967: 208. (In Rus.)
13. *Pshenichnikova E.N., Kroneval'd E.A.* Kachestvo sena – zalog uspeshnogo vedeniya zhivotnovodstva [Hay quality is the key to successful livestock farming]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018; 6 (164): 143–146. (In Rus.)
14. *Razumovskiy N.P., Ganushchenko O.F., Vozmitel', L.A.* Puti povysheniya kachestva travyanykh kormov [Ways to improve the quality of grass feed]. *Problemy i perspektivy razvitiya zhivotnovodstva: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchenoy 85-letiyu biotekhnologicheskogo fakul'teta (g. Vitebsk, 31 oktyabrya – 2 noyabrya 2018 g.)*. Vitebsk: VGAVM. 2018: 105–106. (In Rus.)
15. *Chesalin S.F.* Vliyanie kompleksnogo primeneniya agrotekhnicheskikh i agrokhimicheskikh meropriyatiy na pokazateli kachestva sena mnogoletnikh trav [Effect of the complex application of agrotechnical and agrochemical measures on the quality indicators of hay of perennial grasses]. *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2013; 4: 10–18. (In Rus.)

Запивалов Сергей Александрович, Аспирант, научный сотрудник лаборатории луговедения и луговодства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса» (141055, Россия, Московская обл., г. Лобня, Научный городок, корп. 1); Ассистент кафедры растениеводства и луговых экосистем, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: vik_lugovod@bk.ru; тел.: (999) 673–09–18).

Sergey A. Zapivalov, postgraduate student, Research Associate, the Laboratory of Meadow Science, Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (1 Nauchnyy gorodok, Lobnya, Moscow region (141055, Russian Federation); Assistant Professor, the Department of Plant Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow (127550, Russian Federation); phone: (999) 673–09–18; E-mail: vik_lugovod@bk.ru).