

«»

УДК:631.527:633:574

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПЛОДОРДИЕ ПОЧВЫ СЕНОКОСА ПРИ ДОЛГОЛЕТНЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Д.М. Тебердиев^{1*}, А.В. Родионова¹, С.А. Запивалов^{1,2}

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», Московская область;

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

*Эл. почта: vik_lugovod@bk.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Приведены результаты исследований по изменению продуктивности и показателей плодородия почвы при использовании долголетнего травостоя. Урожайность агрофитоценоза при естественном плодородии (без применения удобрений) в среднем за последние 29 лет составила 3,30 т/га СВ или 29,7 ГДж обменной энергии. Регулярное применение минеральных удобрений в дозе $N_{90-180}P_{45}K_{90}$ способствует увеличению урожайности до 6,28–8,17 т/га СВ или 61,8–81,6 ГДж ОЭ, при этом сбор сырого протеина достигает 907–1128 кг/га. Полученный корм в соответствии с ГОСТ соответствует классам качества I и II. Долголетнее использование способствует улучшению плодородия почвы, повышает содержание гумуса. За 74 года использования, без применения удобрения, в почве стало на 24,4 т/га гумуса больше по сравнению с исходным показателем, на фоне внесения навоза (20 т/га через каждые 4 года) – на 34,9 т/га. При внесении минеральных удобрений накопление гумуса повышается на 19,0–23,4 т/га. Это свидетельствует о улучшении плодородия почвы.

Ключевые слова: сенокос, продуктивность, качество корма, гумус, удобрения, плодородие почвы.

The article presents the results of research on changes in soil productivity and fertility when using a long-lived herbage. The natural (without the use of fertilizers) yield from an agrophytocenosis averaged 3.30 t/ha of wet weight or 29.7 GJ of exchangeable energy over the past 29 years. Regular use of mineral fertilizers at a dose of $N_{90-180}P_{45}K_{90}$ contributes to an increase in yield up to 6.28-8.17 t/ha or 61.8-81.6 GJ, while the output of crude protein reaches 907-1128 kg/ha. The resulting forage corresponds to quality classes I and II by State Standard (GOST). Long-term use contributes to the improvement of soil fertility and increases the content of humus. For 74 years without fertilizers, humus in the soil increased by 24.4 t/ha vs. the initial value, and upon using manure f bulk (20 t/ha every 4 years), by 34.9 t/ha. When applying mineral fertilizers, the accumulation of humus increases by 19.0–23.4 t/ha. This confirms an improvement of soil fertility.

Keywords: hayfield, productivity, feed quality, humus, fertilizers, soil fertility.

Введение

Важным компонентом рациона при кормлении животных является высококачественные объемистые корма [1-3]. Для обеспечения животных достаточным количеством таких кормов целесообразно проведение мероприятий по улучшению природных кормовых угодий, продуктивность которых составляет 1-2 тыс. корм. ед. [4-7]. Наиболее эффективно решить эту проблему можно за счет создания высокопродуктивных долголетних агрофитоценозов на основе самовозобновляющихся злаковых и бобовых видов трав, которые обеспечивают высокую продуктивность и качество корма [8-11].

Создание высокоурожайных фитоценозов требует дополнительных мероприятий по интенсификации лугового кормопроизводства, создание благоприятных условий для роста и развития растений [12]. Одним из основных эффективных приемов обеспечения растений достаточным режимом питания является применение органических и минеральных удобрений, продукционный и экономический эффект, который в полной мере можно оценить при проведении длительных опытов [13-17].

Использование долголетних фитоценозов обеспечивает существенную экономию капитальных затрат, улучшает структуру почвы, способствует сохранению почвенного плодородия. Средообразующий потенциал лугового агрофитоценоза формируется благодаря дерновому процессу при сохранении дернины без регулярной перепашки. При этом в почве увеличивается содержание органического вещества, гумуса, минеральных веществ, корневой массы [18-22].

С целью определения долголетнего использования агрофитоценоза при разных системах интенсификации на продуктивность и изменение показателей плодородия почвы в ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» проводится многовариантные исследования на сенокосе.

Методика исследований

В 1946 г. году М.С. Афанасьевой и П.И. Ромашовым был заложен опыт по изучению влияния минеральных и органических удобрений, а также их сочетаний, на продуктивность сеяного фитоценоза. Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая (суходол временно избыточного увлажнения), в слое почвы 0-20 см содержалось 2,03 % гумуса, 50 мг/кг подвижного фосфора, 70 мг/кг обменного калия, $pH_{\text{соед}} = 4,3$, перед закладкой опыта было проведено известкование (5,0 т/га извести). Залужение проведено беспокровно сложной традиционной на тот момент семикомпонентной травосмесью, в состав которой входили клевер луговой (*Trifolium pratense* L., норма высева 3 кг/га), клевер ползучий (*Trifolium repens* L., 2 кг/га), тимopheвка луговая (*Phleum pratense* L., 4 кг/га), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds., 10 кг/га), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L., 3 кг/га), коострец безостый (*Bromus inermis* Leys., 3 кг/га), мятлик луговой (*Poa pratensis* L., 2 кг/га). Дозы фосфорных удобрений за годы исследования в связи увеличением урожайности и высоким выносом питательных веществ повысили с P_{30} до P_{45-60} , калийных – с K_{30} до K_{90-120} , азотных – с N_{30} до N_{60-180} . Навоз вносится поверхностно один раз в четыре года, начиная с 1950 г. Использование травостоя двуукосное: первый укос – в фазу массового цветения доминирующего вида (лисохвост луговой), второй – в первой декаде сентября. Опыт включен в реестр географической сети, имеется аттестат РАСХН длительного опыта № 145 от 1 июня 2009 года.

Результаты исследований

С года закладки, в течении 75 лет на этом опыте исследования проводили П.И. Ромашов, Л.Д. Федорова, Н.М. Ахламова, Л.С. Трофимова, В.В. Гудков, М.В. Олигер, Д.М. Тебердиев, А.В. Родионова, Л.В. Рослякова, С.А. Запывалов. В среднем за последние 29 лет урожайность долголетнего сенокоса на фоне естественного плодородия составила 3,30 т/га сухого вещества (табл. 1). При внесении одинарных видов удобрений (N, P, K) она увеличилась в 1,1-1,5 раза, на фоне $P_{45}K_{90}$ в 1,5 раза благодаря биологического источника азота, за счет участия бобовых от 6 до 40 % по годам пользования. На фоне внесения $N_{60-180}PK$ урожайность повысилось в 1,8-2,5 раза. При применении органических удобрений (20 т/га навоза 1 раз в 4 года) урожайность повысилась в 1,5 раза, при сочетании органических и минеральных в 2,2 раза.

Сбор обменной энергии по вариантам опыта изменялся от 29,7 до 81,6 ГДж/га, кормовых единиц от 2,1 до 6,5 тыс./га. Наиболее высокая продуктивность долголетнего травостоя отмечена при внесении $N_{180}P_{45}K_{90}$, что в 2,5 раза выше контроля, сбор сырого протеина составил 1,13 т/га. За последние два года (74 и 75 гг.) урожайность сухого вещества на варианте без удобрений составила 4,43 и 4,66 т/га, что объясняется благоприятными погодными условиями, сумма среднесуточных температур за вегетационный период составила 2779,3°C и 3231°C, что в 1,2–1,4 раза выше среднесуточного показателя, сумма осадков выше в 1,4 раза. При внесении $N_{180}P_{45}K_{90}$ она почти в два раза выше контроля (8,48; 10,38 т/га), что обеспечило высокую продуктивность 81,6–98,6 ГДж/га ОЭ, 6,3–6,5 тыс./га кормовых единиц, сбор сырого протеина составил 2,7–3,2 т/га, что говорит о высокой питательности корма.

Содержание сырой клетчатки в среднем за последние 29 лет пользования – 25,25–29,20% и протеина – 10,25–13,841% отвечало требованиям первого и второго класса качества корма с естественных угодий (табл. 2). Содержание минеральных веществ составило по элементам 0,18–0,32 % P, 0,96–1,99 % K. сбор основных питательных веществ находится в непосредственной зависимости от продуктивности и качества корма. Потребление элементов питания (вынос с урожаем) неудобренным травостоем, формирующимся за счет естественного плодородия в среднем за 29 лет, составило 55 кг азота, 16 кг P_2K_5 , 45 кг/га K_2O . При внесении K_{90} вынос азота увеличился на 36%, фосфора – на 12%, калия – на 121%; при внесении P_{45} , соответственно на 0,3%, 56% и 0,2%; при внесении N_{120} – 102%, 44% и 23%. При внесении $P_{45}K_{90}$ вынос элементов питания увеличился в 1,6-2,4 раза. Высокий вынос элементов питания отмечен при внесении $N_{180}P_{45}K_{90}$: на 212% азота, на 200% фосфора, на 223% калия выше, чем контрольном варианте, при совместном внесении органоминеральных удобрений, соответственно, азота на 148%, фосфора – на 231%, калия – на 240%.

Коэффициент использования азотных удобрений составил 28–50%, фосфорных – 20–51%, калийных – 61–103%.

Табл. 1.

Табл. 2.

**Продуктивность долголетнего сенокоса
(в среднем за 1993-2021 гг.)**

Вариант опыта	Урожайность СВ, т/га	Производство с 1 га			Окупаемость удобрений, корм. ед. на 1 кг
		ОЭ ГДж	корм. ед.	сырой протеин кг/га	
Без удобрений	3,30	29,7	2131	345	-
K ₉₀	4,31	40,6	3060	485	10
P ₄₅	3,49	32,0	2338	373	5
N ₁₂₀	5,03	50,1	3974	433	15
P ₄₅ K ₉₀	4,94	47,2	3606	565	11
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀	5,90	56,4	4307	678	11
N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀	6,28	61,8	4836	788	12
N ₁₂₀ P ₄₅ K ₉₀	7,15	70,7	5577	907	14
N ₁₈₀ P ₄₅ K ₉₀	8,17	81,6	6536	1128	14
Навоз 20 т/га 1 раз в 4 года	5,01	47,5	3607	579	295
Навоз 20 т/га 1 раз в 4 года + N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀	7,40	72,5	5698	903	172
НСР ₀₅	0,86				

**Качество корма и вынос минеральных веществ
(в среднем за 1993-2021 гг.)**

Вариант опыта	Содержание СВ, %				Вынос, кг/га				
	СК	СП	Р	К	N	P	P ₂ K ₅	K	K ₂ O
Без удобрений	25,25	10,28	0,20	1,20	58	7	16	39	47
K ₉₀	27,20	11,25	0,18	1,99	76	8	18	86	104
P ₄₅	25,40	10,69	0,32	1,33	60	11	25	40	48
N ₁₂₀	26,20	14,56	0,19	0,96	117	10	23	48	58
P ₄₅ K ₉₀	27,90	11,44	0,31	1,93	90	15	34	95	114
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀	27,70	11,50	0,32	1,91	108	19	44	112	135
N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀	28,60	12,56	0,31	1,94	126	19	44	122	147
N ₁₂₀ P ₄₅ K ₉₀	29,00	12,69	0,30	1,68	145	21	48	120	145
N ₁₈₀ P ₄₅ K ₉₀	29,20	13,81	0,26	1,54	181	21	48	126	152
Навоз 20 т/га 1 раз в 4 года	26,10	11,56	0,25	1,26	93	13	30	63	76
Навоз 20 т/га 1 раз в 4 года + N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀	28,70	12,19	0,32	1,79	144	23	53	133	160

Применение минеральных и органических удобрений не только повышает продуктивность травостоя, но и способствует воспроизводству почвенного плодородия. Одним из основных показателей почвенного плодородия является содержание гумуса (Рис. 1). Исходное содержание гумуса в год закладки опыта (1946 г.) составило 50,8 т/га, на 13-й год пользования на травостое без внесения удобрений масса гумуса увеличилась на 7,3 т/га, при внесении P₄₅K₉₀ – на 1,9 т/га, что объясняется низкими дозами фосфора (P₂₀) и калия (K₃₀). За 33 года пользования содержание гумуса увеличилось на 18,5 т/га или на 36% по сравнению с исходным и составило 69,3 т/га, внесение фосфорно-калийных удобрений способствовало увеличению гумуса на 21%, однако при сравнении с контрольным вариантом (без удобрений) его содержание снизилось на 7,9 т/га. При внесении N₆₀₋₁₂₀PK содержание гумуса со ставило 74,3–77,0 т/га, прирост составил 23,5–26,2 т/га по сравнению с исходным. По сравнению с контролем накопление гумуса было выше на 7–11%.

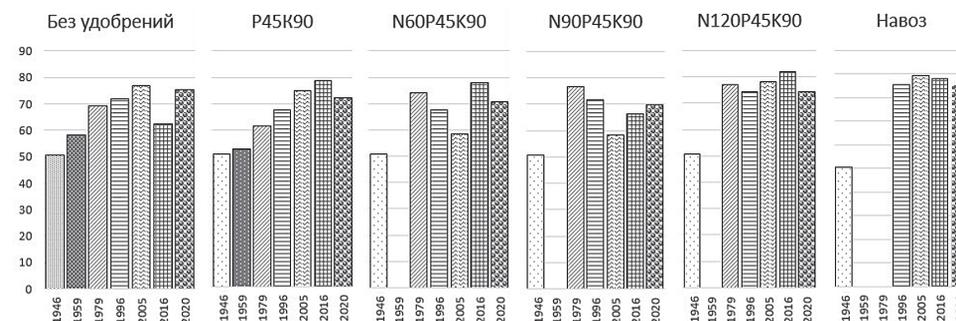


Рис. 1. Содержание гумуса по годам пользования, т/га.

При внесении навоза 20 т/га 1 раз в 4 года содержание гумуса за 50 лет пользования составило 85,6т/га, что на 20% выше контроля и на 16% выше, чем при N₁₂₀PK. За девять лет пользования накопление гумуса составило 3,0 т/га. Общее содержание составило 89,4 т/га, что на 16% выше контроля и на 14% выше N₁₂₀PK. Через десять лет (70 лет пользования) содержание гумуса составило 88,2 т/га, на 41% выше контроля. На 74 года пользования содержание гумуса снизилось до 85,7 т/га. Снижение накопления гумуса за последние 14 лет связано с изменением состава травостоя и снижением активности минерализации дернины. На основании исследований видно, что благодаря дерновообразовательному процессу содержание гумуса за 74 года пользования на фоне естественного плодородия увеличилось на 24,4 т/га, среднегодовой прирост составил 330 кг/га, внесении фосфорно-калийных удобрений на 9 % ниже, ежегодный прирост составил 301 кг/га. На фоне N₆₀₋₁₂₀PK содержание гумуса увеличилось на 19,0-23,4 т/га, ежегодный прирост составил 256-316 кг/га. Самое высокое накопление гумуса до 34,9 т/га было при внесении органических удобрений, 20 т/га навоза один раз в четыре года, ежегодный прирост составил 472 кг.

Таким образом, за последние 29 лет максимальное производство корма на долголетнем сенокосе – 81,6 ГДж/га (6,5 тыс. корм. ед.), 1,13 т/га сырого протеина, получено на фоне полного минерального удобрения N₁₈₀P₄₅K₉₀. Качество корма по содержанию сырой клетчатки, сырого жира, минеральных веществ соответствовало I и II классу качества сена. Наибольший вынос питательных веществ, превышающий их количество, внесенное с удобрением в дозах N₁₈₀P₄₅K₉₀. Увеличение накопления гумуса в слое почвы 0-20 см, за 74 года составило 19,0-34,9 т/га, ежегодное накопление гумуса 257-472 кг/га. Наиболее высокие показатели получены при внесении 20 т/га навоза 1 раз в четыре года.

Литература

1. Григорьев НГ, Волков НП, Воробьев ЕС и др. Биологическая полноценность кормов. М.: Агропромиздат; 1989.
2. Всяких АС, Ткаченко ЕИ. Технология молочного скотоводства на промышленной основе. М.: Россельхозиздат; 1977.
3. Воробьев ЕС, Гарист АВ, Волков НП. Углеводы в рационах молодняка крупного рогатого скота. Животноводство. 1982;(1):14-6.
4. Практическое руководство по технологиям улучшения и использования сенокосов и пастбищ лесной зоны. М.: Агропромиздат; 1987.

5. Кутузова АА, Зотов АА, Тебердиев ДМ и др. Ресурсосберегающие технология улучшения сенокосов и пастбищ в Нечерноземной зоне. М., 1999. 46 с.
6. Кутузова АА, Тебердиев ДМ, Привалова КН и др. Многовариантные технологии освоения залежных земель под пастбища и сенокосы в Нечерноземной зоне России. М.; 2004.
7. Зотов АА, Кутузова АА, Косолапов ВМ и др. Ресурсосберегающие технологии улучшения сенокосов и пастбищ в Центрально-черноземном районе. М.: ООО «Угрешская типография»; 2012.
8. Трофимова ЛС, Кулаков ВА. Управление травянистыми экосистемами из многолетних трав. Вестник РАСХН. 2012;(4):64-9.
9. Тебердиев ДМ, Кулаков ВА, Родионова АВ. Продуктивный потенциал и качество корма сенокосов и пастбищ. Животноводство России. 2010;(9):45-50.
10. Привалова КН. Продуктивность разновозрастных пастбищных травостоев. Кормопроизводство. 1999;(11):12-4.
11. Трофимова ЛС, Кулаков ВА, Новиков СА. Продуктивный и средообразующий потенциал агрофитоценозов и пути его повышения. Кормопроизводство. 2008;(9):17-9.
12. Кутузова АА, Тебердиев ДМ, Родионова АВ. Эффективность антропогенных затрат и природных факторов на долголетнем сенокосе. Кормопроизводство. 2016;(10):8-12.
13. Золотарев ВН, Лебедева НН. Влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на формирование структуры и продуктивность разновозрастных семенных травостоев диплоидной и тетраплоидной овсяницы луговой. Агрехимия. 2003;(3):44-51.
14. Elgersma A, Soegaard K, Jensen SK, Sehested J. Herbage mineral con-tents in grass and legume species. Eur Grassland Fed. 2018;23:169-71.
15. Ромашов ПИ. Удобрения сенокосов и пастбищ. М.: Колос; 1972.
16. Роботнов ТА. Влияние минеральных удобрений на луговые растения и луговые фитоценозы. М.; 1973.
17. Кулаков ВА, Щербakov МФ. Продуктивный потенциал луговых агрофитоценозов и плодородие почв. Кормопроизводство. 2010;(2):8-12.
18. Сычева ВГ, Шевцовой ЛК, ред. Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество почв. М.: ВНИА; 2010..
19. Привалова КН. Продуктивность и средообразующая роль долголетних бобово-злаковых пастбищных фитоценозов. Земледелие. 2011;(7):21-2.
20. Привалова КН. Биологический потенциал самовозобновляющихся видов многолетних трав в составе разновозрастных пастбищных травостоев. Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. 2020;(24):14-8.
21. Ахламова НМ, Федорова ЛД, Гудков ВВ, Зятчина ГП. Интенсивность дернового процесса и эффективность удобрений при длительном использовании сенокосов. В кн.: Эффективные приемы повышения продуктивности природных кормовых угодий по зонам страны. М.; 1988. С. 121-32.
22. Трофимова ЛС, Кулаков ВА. Современное экспериментальное обоснование развития дернового процесса на лугах. Кормопроизводство. 2003;(11):11-4.

References

1. Grigoryev NG, Volkov NP, Vorobyev YeS. et al. Biologitscheckaya Polnotsennost Kormov. Moscow: Agropromizdat; 1989.
2. Vsyakikh AS, Tkachenko YeI. Tekhnologiya Molochnogo Skotovodstva na Promyshlennoy Osnove. Moscow: Rosselkhozizdat; 1977.
3. Vorobyev YeS, Gariet AV, Volkov NP. [Carbohydrates in ration for cattle]. Zhivotnovodstvo. 1982;(1):14-6.
4. Anonymous. Praktitsheckoye Rukovodstvo po Tekhnologiyam Uluchsheniya i Ispolzovaniya Senokosov i Pastbish Lecnoy Zony. Moscow: Agropromizdat; 1987.
5. Kutuzova AA, Zotov AA, Teberdiyev DM et al. Resursosberegayuschye Tekhnologii Uluchsheniya Senokosov i Pastbish v Nechernozemnoy Zone. М.; 1999.
6. Kutuzova AA, Teberdiyev DM, Privalova KN et al. Mnogovariantnye Tekhnologii Osvoyeniya Zaleznykh Zemel pod Pastbischa i Senokosy v Nechernozemnoy Zone Rossii. Moscow; 2004. .
7. Zotov AA, Kutuzova AA, Kosolapov VM et al. Resursosberegayuschye Tekhnologii Uluchsheniya Senokosov i Pastbish v Tsentralno-Chernozemnom Rayone Moscow: ООО Ugrshskaya Tipografiya; 2012.
8. Trofimova LS, Kulakov VA. [Management of perennial herbs ecosystems]. Vestnik RASKhN. 2012;(4):64-9.
9. Teberdiyev DM, Kulakov VA, Rodionova AV. [The productive potential and forage quality of hayfields and pastures]. Zhivotnovodstvo Rossii. 2010;(9):45-50.
10. Privalova KN. [Productivity of pasture grass stands of different ages]. Kormoproizvodstvo. 1999;(11):12-4.
11. Trofimova LS, Kulakov VA, Novikov SA. [Productivity and environment modifying potential of agricultural phytocenoses and approaches to enhancing thereof]. Kormoproizvodstvo. 2008;(9):17-9.
12. Kutuzova AA, Teberdiyev DM, Rodionova AV. [The effectiveness of anthropogenic efforts and natural factors in a perennial grass stand]. Kormoproizvodstvo. 2016;(10):8-12.
13. Zolotarev VN, Lebedeva NN. [The effects of dosage and timing of nitrogen fertilizer application on the development of structure and productivity of diploid and tetraploid meadow fescue seed-producing stands of different ages]. Agrokhiimiya. 2003;(3):44-51.
14. Elgersma A, Soegaard K, Jensen SK, Sehested J. Herbage mineral contents in grass and legume species. Eur Grassland Fed. 2018;23:169-71.
15. Romashov PI. Udobreniya Senokosov i Pastbishch. Moscow: Kolos; 1972.
16. Robotnov TA. Vliyaniy Mineralnykh Udobreniy na Lugovye Rasteniya i Lgovvye Fitotsenozy. Moscow; 1973.
17. Kulakov VA, Shcherbakov MF. [The productive potential of meadow phytocenoses and soil fertility]. Kormoproizvodstvo. 2010;(2):8-12
18. Sycheva VG, Shevtsova LK, eds. Vliyaniye Dlitelnogo Primeneniya Udobreniy na Organicheckoye Veschestvo Pochv. Moscow: VNIA; 2010.
19. Privalova KN. [Productivity and environment-modifying role of perennial been and legume pasture phytocenoses]. Zemledeliye. 2011;(7):21-2.
20. Privalova KN. [Biological potential of self-reproducing species of perennial herbs comprised by pasture grass stands of different ages]. Mnogofunktsionalnoye Adaptivnoye Kormoproizvodstvo. 2020;(24):14-8.
21. Akhlamova NM, Fedorova LD, Gudkov VV, Zyatchina GP. [The intensity of sod processes and the effectiveness of fertilizes upon long-term exploitation of hayfields]. In: Effektivnye Priemy Povysheniya Produktivnosti Prirodnykh Kormovykh Ugodyi po Zonam Strany. Moscow; 1988. P. 121-32.
22. Trofimova LC, Kulakov VA. [Modern experimental rational for sod development in meadows]. Kormoproizvodstvo. 2003;(11):11-4.

«»