

УДК 633.2.031

DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2023-2-16-22>

**УРОЖАЙНОСТЬ И ПЛОДОРОДИЕ
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ СЕНОКОСА**

Д.М. Тебердиев¹, доктор сельскохозяйственных наук
А.В. Родионова¹, кандидат сельскохозяйственных наук
С.А. Запивалов^{1,2}, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»
141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1
vik_lugovod@bk.ru

²ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**YIELD AND FERTILITY OF SODDY-PODZOLIC SOIL
UNDER VARIOUS SYSTEMS OF FERTILIZATION OF HAYMAKING**

D.M. Teberdiev¹, Doctor of Agricultural Sciences
A.V. Rodionova¹, Candidate of Agricultural Sciences
S.A. Zapivalov^{1,2}, Candidate of Agricultural Sciences

¹*Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology*
141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1
vik_lugovod@bk.ru

²*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy*
127434, Russia, Moscow, Timiryazevskaya str., 49

Исследования по определению эффективности различных систем интенсификации показали, что в результате длительного использования агрофитоценоза без пережаривания происходит переформирование состава травостоя в зависимости от систем ухода и режима отчуждения нарощенной массы. В техногенной системе без применения удобрений и на фоне РК и навоза формируется низовозлаково-разнотравный травостой с преобладанием низовых злаков. Желательный для сенокоса тип травостоя сохраняется при применении полного минерального удобрения. При этом урожайность повышается с 3,2 т/га сухого вещества в контроле (в среднем за последние 30 лет) на 80–150 % в зависимости от уровня интенсификации. Долголетнее использование способствует увеличению накопления подземной массы и содержанию гумуса в почве.

Ключевые слова: сенокос, урожайность, долголетнее использование, плодородие почвы, корневая масса, гумус.

Studies to determine the effectiveness of various intensification systems have shown that as a result of long-term use of agrophytocenosis without replanting, the composition of the grass stand is re-formed depending on the care systems and the mode of alienation of the overgrown mass. In the technogenic system without the use of fertilizers and against the background of PK and manure, a low-grass-forb herbage is formed with a predominance of grassroots grasses. The type of herbage desirable for haymaking is preserved when a complete mineral fertilizer is applied. At the same time, the yield increases from 3.2 t/ha of dry matter in the control (on average over the past 30 years) by 80–150%, depending on the level of intensification. Long-term use contributes to an increase in the accumulation of underground mass and the content of humus in the soil.

Keywords: haymaking, productivity, long-term use, soil fertility, root mass, humus.

Введение. Продуктивность агрофитоценоза зависит от плодородия почвы конкретного района, состава травостоя и условий проводимых технологических операций по уходу и использованию сенокосов и пастбищ [1–4]. Долголетнее использование агрофитоценоза без регулярного перезалужения способствует повышению плодородия почвы за счет ежегодного накопления органического вещества [5–7]. Одним из основных условий достижения высокой продуктивности угодий, наравне с естественным плодородием почвы, является улучшение условий питания растений в результате применения приемов интенсификации технологий [8–10]. Наиболее эффективным способом достижения этого можно считать применение органоминеральных удобрений [11–13]. Применением приемов удобрения и соблюдением режима использования удается формировать и сохранять желательный состав агрофитоценоза, что позволяет получать высокий урожай качественного корма [14–15]. С целью установления эффективности различных технологических систем использования долголетнего сенокоса ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» проводит многовариантный опыт.

Методика исследований. Опыт по изучению влияния минеральных и органических удобрений на продуктивность сенокосных агрофитоценозов был заложен в 1946 году М.С. Афанасьевой и П.И. Ромашовым. Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая (суходол временно избыточного увлажнения), перед закладкой опыта в слое почвы 0–20 см содержалось 2,03% гумуса, 50 мг/кг подвижного фосфора, 70 мг/кг обменного калия, $pH_{\text{сол}} = 4,3$. Перед закладкой опыта было проведено известкование (5,0 т/га извести), в дальнейшем, по мере увеличения кислотности почвы, известь вносили еще 4 раза по 4,5 т/га (поддерживающее известкование). Посев был проведен беспокровно семенами местных природных популяций, 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), тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L., 4 кг/га), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds., 10 кг/га), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L., 3 кг/га), кострец безостый (*Bromus inermis* Leyss., 3 кг/га), мятлик

луговой (*Poa pratensis* L., 2 кг/га). Дозы фосфорных удобрений за годы исследования в связи с высоким выносом питательных веществ повысили с P_{30} до P_{45-60} , калийных — с K_{30} до K_{90-120} , азотных — с N_{60} до N_{90-180} . Навоз (от КРС) полуперепревший (после хранения в течение 5–6 месяцев) с содержанием в среднем: N — 0,40%, P_2O_5 — 0,25%, K_2O — 0,45% 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 июля 2009 года.

Результаты исследований. В результате длительного использования агрофитоценоза без перезалужения происходит переформирование состава травостоя в зависимости от технологических систем ухода и режима отчуждения выросшей массы. Это влияет на урожайность фитоценоза и качество получаемого корма. Данные последних 30 лет исследований показали, что на долголетнем сенокосе сформировались разные по составу травостои. На фоне естественного плодородия без применения приемов удобрения (контрольный вариант) основу травостоя составляют низовые виды злаковых трав, частично виды разнотравья и бобовые. При интегрированной системе на фоне ежегодного внесения $P_{45}K_{90}$ в травостое несколько повышается участие бобовых по сравнению с контролем (клевер ползучий до 20% массы в благоприятные годы). В техногенно-минеральной системе при небольших

дозах азота ($N_{60}PK$) состав травостоя практически не отличается от контроля. При увеличении дозы азота ($N_{90-120}PK$) в составе травостоя доминирует лисохвост луговой, а на фоне $N_{180}PK$ — кострец безостый. В органической системе при внесении навоза (1 раз в 4 года) состав травостоя был аналогичен интегрированной системе.

Урожайность травостоя на контрольном варианте в среднем за последние 30 лет (1993–2022 годы) составила 3,2 т/га сухого вещества (СВ) (табл. 1). Улучшение условий питания растений с применением удобрений $P_{45}K_{90}$ способствует увеличению урожайности на 61% по сравнению с контролем, а на фоне применения техногенно-минеральной системы ($N_{60-180}PK$) — до 80–150%. Наиболее высокая урожайность достигается на фоне $N_{180}PK$. Это подтверждает утверждение П.И. Ромашова, что азот находится в первом минимуме для урожайности. Важным показателем потребности луговых трав в необходимых питательных веществах является содержание их в растениях и вынос их с урожаем. Результаты опыта показали, что с ростом урожайности повышается вынос питательных веществ надземной массой. Так, вынос азота (N) надземной массой в среднем составляет 54 кг/га и повышается в соответствии с уровнем интенсификации на 65–230%.

Вынос P_2O_5 составил 15 кг/га и увеличивался до 80–253%, K_2O — 46 кг/га и 63–224% в зависимости от системы ведения сенокоса.

Увеличение доз вносимых удобрений приводит к повышению использования их для роста зеленой массы. Коэффициент использования азота в техногенно-

минеральной системе составляет 30– (P₂O₅) — 42 и 120, калия (K₂O) — 74 и 60%, в органической — 190%, фосфора 129%.

1. Урожайность и вынос основных питательных веществ надземной массой трав и коэффициент использования удобрений (1993–2022 гг.)

Система ведения	Удобрение	Урожайность СВ		Вынос питательных веществ						Коэффициент использования удобрений, %		
		т/га	%	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O ₅
				кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%			
Техногенная	Без удобрений (контроль)	3,2	100	54	—	15	—	46	—	—	—	—
Интегрированная	P ₄₅ K ₉₀	4,8	161	89	165	34	227	113	246	—	42	74
Техногенно-минеральная	N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀	5,8	179	107	198	41	273	134	291	30	—	—
	N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀	6,2	192	124	230	44	293	145	315	$\frac{38^*}{56}$	—	—
	N ₁₂₀ P ₄₅ K ₉₀	7,0	215	144	267	48	320	143	311	$\frac{46^*}{61}$	42	91
	N ₁₈₀ P ₄₅ K ₉₀	8,1	250	179	331	48	320	149	324	$\frac{50^*}{60}$	—	—
Органическая	20 т/га навоза, 1 раз в 4 года	5,0	154	92	170	27	180	75	163	190	120	129
Комбинированная	20 т/га навоза, 1 раз в 4 года + N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀	7,3	227	143	265	53	353	159	346	95	72	62
НСР ₀₅		0,9										

*Над чертой — по сравнению с P₄₅K₉₀, под чертой — по сравнению с N₆₀P₄₅K₉₀.

Коэффициент использования удобрений в техногенно-минеральной системе по мере повышения доз азота повышается с 56 до 61%, в органической — до 190%, в комбинированной — до 195%. Использование фосфорных удобрений (P₂O₅) составляет 42%, калийных (K₂O) — 91%.

Под 72-летними ценозами подземная биомасса в техногенной системе составила 20,2 т/га, в техногенно-минеральной на фоне N₁₈₀PK — 22,5 т/га (табл. 2). В подземной массе техногенно-мине-

ральной системы на фоне N₆₀PK закреплено 253 кг/га азота, при N₁₈₀PK — 390 кг/га, соответственно фосфора — 107 кг/га и 120 кг/га, калия — 95 кг/га и 106 кг/га.

В первом десятилетии темпы накопления подземной массы в техногенной системе (без удобрений) составили 1,5 т/га в год, в интегрированной — 1,75 т/га в год, в техногенно-минеральной (N₉₀PK) — 2,2 т/га в год, в третьем десятилетии темпы накопления снизились до 0,1 и 0,2 т/га в год, в восьмом де-

сятилетия — до 0,1 т/га в год, при этом в техногенно-минеральной системе на травостоях с лисохвостом луговым темп накопления составил 0,1 т/га в год, с ко- стрецом безостым — 0,2 т/га в год (табл. 2).

2. Темпы накопления подземной массы в почве сенокоса длительного пользования (в слое 0–20 см)

Год пользования	Подземная масса, т/га СВ				
	без удобрений	PK	N ₉₀ PK	N ₁₂₀ PK	N ₁₈₀ PK
10-й	15,2	17,5	22,3	—	—
33-й	18,4	19,9	26,8	26,3	21,6
72-й	20,2	20,7	—	21,4	22,5

Применение органических удобрений также обеспечило повышение содержания элементов питания в почве, хотя меньше, чем при минеральной подкормке. Содержание P₂O₅ в почве составило 38 мг/кг на контроле, 49 мг/кг при органической и 176 мг/кг при комбинированной системе ведения.

Обобщенным показателем плодородия почвы принято считать содержание гумуса. В исходном состоянии в почве при закладке опыта содержание гумуса составляло 50,8 т/га. В техногенной системе (контроль) на 74-й год использования содержание гумуса увеличилось до 75,2 т/га, при среднегодовом накоплении 330 кг/год. Применение минеральных удобрений усиливало использование гумуса для растений, что объясняет некоторое снижение запаса гумуса по сравнению с контролем, среднегодовое накопление снизилось до 256–301 кг/га в год. Наибольшее содержание гумуса

(85,7 т/га) установлено при применении органических удобрений. Среднегодовое накопление его при этом увеличилось с 330 до 471 кг/га.

Закключение. Результаты исследований показали, что применение интенсивной технологии с внесением полного минерального удобрения позволяет длительно сохранять желательный тип травостоя для сенокосного использования. Применение такой технологии обеспечивает увеличение урожайности по сравнению с неудобренным травостоем до 80–150%.

Долголетнее использование агрофитоценоза приводит к существенному изменению плодородия почвы за счет ежегодного накопления и разложения органической массы. Использование минеральных удобрений улучшает темпы накопления подземной массы и содержание гумуса в почве.

Литература

1. Ромашов П.И. Удобрения сенокосов и пастбищ. – М. : Колос, 1972. – 288 с.
2. Работнов Т.А. Влияние минеральных удобрений на луговые растения и луговые фитоценозы. – М., 1973. – 213 с.
3. Кулаков В.А., Щербаков М.Ф. Продуктивный потенциал луговых агрофитоценозов и плодородие почв // Кормопроизводство. – 2010. – № 2. – С. 8–12.

4. Привалова К.Н. Продуктивность разновозрастных пастбищных травостоев // Кормопроизводство. – 1999. – № 11. – С. 12–14.
5. Трофимова Л.С., Кулаков В.А. Современное экспериментальное обоснование развития дернового процесса на лугах // Кормопроизводство. – 2003. – № 11. – С. 11–14.
6. Интенсивность дернового процесса и эффективность удобрений при длительном использовании сенокосов / Н.М. Ахламова, Л.Д. Федорова, В.В. Гудков, Г.П. Зятчина // Эффективные приемы повышения продуктивности природных кормовых угодий по зонам страны. – М., 1988. – С. 121–132.
7. Сычев В.Г., Шевцова Л.К. Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество почв. – М. : ВНИИА, 2010. – 352 с.
8. Смирнова А.В. Влияние минеральных и органических систем удобрения на продуктивность долголетнего пастбищного травостоя // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сб. науч. тр. – 2020. – Выпуск 24 (72). – С. 39–43.
9. Тебердиев Д.М., Кулаков В.А., Родионова А.В. Продуктивный потенциал и качество корма сенокосов и пастбищ // Животноводство России. – 2010. – № 9. – С. 45–50.
10. Трофимова Л.С., Кулаков В.А., Новиков С.А. Продуктивный и средообразующий потенциал агрофитоценозов и пути его повышения // Кормопроизводство. – 2008. – № 9. – С. 17–19.
11. Завьялова Н.Е., Васбиева М.Т. Трансформация режимов органического вещества и элементов питания дерново-подзолистой почвы Предуралья при длительном применении минеральных удобрений // Материалы Междунар. науч. конф., посвященной 90-летию ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» и 80-летию Географической сети опытов с удобрениями / Под ред. С.И. Шкуркина. – М. : ВНИИ агрохимии, 2022. – С. 81–93.
12. Сычев В.Г., Шафран С.А., Ильюшенко И.В. Применение минеральных удобрений и их эффективность в различных зонах России // Плодородие. – 2022. – № 3. – С. 3–6.
13. Последствие длительного использования систем удобрения на показатели плодородия почвы / Т.Ю. Бортник, К.С. Клековкин, А.Ю. Карпова, А.С. Башков // Плодородие. – 2022. – № 3. – С. 42–45.
14. Трофимова Л.С., Кулаков В.А. Управление травянистыми экосистемами из многолетних трав // Вестник РАСХН. – 2012. – № 4. – С. 64–69.
15. Золотарев В.Н. Продуктивность семенных травостоев многолетних видов мятликовых трав на почвах разного уровня плодородия // Кормопроизводство. – 2022. – № 7. – С. 15–19.

References

1. Romashov P.I. Udobreniya senokosov i pastbishch [Fertilizers for hayfields and pastures]. Moscow, Kolos Publ., 1972, 288 p.
2. Rabotnov T.A. Vliyaniye mineral'nykh udobreniy na lugovyye rasteniya i lugovyye fitotsenozy [The effect of mineral fertilizers on meadow plants and meadow phytocenoses]. Moscow, 1973, 213 p.
3. Kulakov V.A., Shcherbakov M.F. Produktivnyy potentsial lugovykh agrofitotsenozov i plodorodiye pochv [Productive potential of meadow agrophytocenoses and soil fertility]. *Kormoproizvodstvo [Fodder production]*, 2010, no. 2, pp. 8–12.
4. Privalova K.N. Produktivnost' raznovozrastnykh pastbishchnykh travostoyev [Productivity of different-aged pasture grass stands]. *Kormoproizvodstvo [Fodder production]*, 1999, no. 11, pp. 12–14.
5. Trofimova L.S., Kulakov V.A. Sovremennoye eksperimental'noye obosnovaniye razvitiya dernovogo protsessa na lugakh [Modern experimental substantiation of the development of the sod process in the meadows]. *Kormoproizvodstvo [Fodder production]*, 2003, no. 11, pp. 11–14.
6. Akhlamova N.M., Fedorova L.D., Gudkov V.V., Zyatchina G.P. Intensivnost' dernovogo protsessa i effektivnost' udobreniy pri dlitel'nom ispol'zovanii senokosov [The intensity of the sod process and effectiveness of fertilizers during long-term use of sенокосов].

- the efficiency of fertilizers during the long-term use of hayfields]. *Effektivnyye priyemy povysheniya produktivnosti prirodnykh kormovykh ugodiy po zonam strany* [Effective methods of increasing the productivity of natural fodder lands in the country's zones]. Moscow, 1988, pp. 121–132.
7. Sychev V.G., Shevtsova L.K. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya udobreniy na organicheskoye veshchestvo pochv [Influence of long-term use of fertilizers on soil organic matter]. Moscow, VNIIA Publ., 2010, 352 p.
 8. Smirnova A.V. Vliyaniye mineral'nykh i organicheskikh sistem udobreniya na produktivnost' dolgoletnego pastbishchnogo travostoya [Influence of mineral and organic fertilizer systems on the productivity of long-term pasture herbage]. *Mnogofunktsional'noye adaptivnoye kormoproizvodstvo* [Multi-functional adaptive fodder production: collection of scientific articles]. 2020, issue 24 (72), pp. 39–43.
 9. 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. 9, pp. 45–50.
 10. Trofimova L.S., Kulakov V.A., Novikov S.A. Produktivnyy i sredooobrazuyushchiy potentsial agrofytotsenozov i puti yego povysheniya [Productive and environment-forming potential of agrophytocoenoses and ways to improve it]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2008, no. 9, pp. 17–19.
 11. Zavyalova N.E., Vasbieva M.T. Transformatsiya rezhimov organicheskogo veshchestva i elementov pitaniya dernovo-podzolistoy pochvy Predural'ya pri dlitel'nom primeneni mineral'nykh udobreniy [Transformation of regimes of organic matter and nutrients in soddy-podzolic soil of the Cis-Urals during long-term use of mineral fertilizers]. *Materialy Mezhdunar. nauch. konf., posvyashchennoy 90-letiyu FGBNU «VNII agrokhimii» i 80-letiyu Geograficheskoy seti opytov s udobreniyami* [Materials of Intern. scientific Conf. Dedicated to the 90th Anniversary of the Federal State Budget Scientific Institution "VNII Agrochemistry" and the 80th Anniversary of the Geographical Network of Experiments with Fertilizers]. Ed. S.I. Shkurkin. Moscow, 2022, pp. 81–93.
 12. Sychev V.G., Shafran S.A., Ilyushenko I.V. Primeneniye mineral'nykh udobreniy i ikh effektivnost' v razlichnykh zonakh Rossii [The use of mineral fertilizers and their effectiveness in various zones of Russia]. *Plodorodiye* [Fertility], 2022, no. 3, pp. 3–6.
 13. Bortnik T.Yu., Klekovkin K.S., Karpova A.Yu., Bashkov A.S. Posledeystviye dlitel'nogo ispol'zovaniya sistem udobreniya na pokazateli plodorodiya pochvy [Aftereffect of prolonged use of fertilizer systems on indicators of soil fertility]. *Plodorodiye* [Fertility], 2022, no. 3, pp. 42–45.
 14. Trofimova L.S., Kulakov V.A. Upravleniye travyanistymi ekosistemami iz mnogoletnikh trav [Management of herbaceous ecosystems from perennial grasses]. *Vestnik RASKHN* [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 2012, no. 4, pp. 64–69.
 15. Zolotarev V.N. Produktivnost' semennykh travostoyev mnogoletnikh vidov myatlikovykh trav na pochvakh raznogo urovnya plodorodiya [Productivity of seed grass stands of perennial bluegrass species on soils of different levels of fertility]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2022, no. 7, pp. 15–19.