

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАТРАТ АНТРОПОГЕННОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ СОЗДАНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ ДЛЯ КУЛЬТУРНОГО ПАСТБИЩА

А. А. Кутузова, доктор сельскохозяйственных наук
Е. Е. Проворная, кандидат сельскохозяйственных наук
Н. С. Цыбенко

*ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», г. Лобня Московской области, Россия,
vik_lugovod@bk.ru*

DOI 10.33814/МАК-2019-21-69-62-69

На бобово-злаковых пастбищных травостоях с участием клевера ползучего (сорта ВИК 70 и Луговик), клевера лугового (Тетраплоидный ВИК и Ветеран), люцерны изменчивой (Пастбищная 88 и Агния) определены совокупные затраты антропогенной энергии на создание, уход, использование и производство корма в обменной энергии в единичных показателях по системе Си (ГДж/га). Установлены высокие показатели окупаемости приведенных затрат сбором обменной энергии на 1 ГДж обменной энергии.

Ключевые слова: бобово-злаковые травостои, капитальные вложения, текущие производственные затраты, система Си (ГДж/га), агроэнергетический коэффициент (АК), удельные затраты на 1 ГДж обменной энергии.

Создание бобово-злаковых травостоев на культурных пастбищах является одним из способов экономии затрат антропогенной энергии в луговодстве благодаря использованию биологического азота для повышения их продуктивности [1; 2]. Это соответствует общему перспективному направлению сельского хозяйства в нашей стране и в мире [3]. Ранее признанный курс на интенсификацию приводит к возрастанию удельного веса затрат невозобновляемой энергии в продукции, что не обеспечивает ее пропорционального роста [4].

Исследования по оценке эффективности затрат антропогенной энергии при создании и использовании бобово-злаковых травостоев для культурного пастбища проведены на основе обобщенных результатов полевого опыта, расположенного на суходольном типе пастбищ, занимающих 63 % этих угодий в Российской Федерации и 92 % в Центральном районе Нечерноземной зоны: «Оценка перспективных бобово-злаковых травосмесей на основе новых сортов для создания культурных пастбищ в Центральном районе Нечерноземной зоны» в среднем за 2014–2018 гг. [5; 6; 7].

Целью исследований является совершенствование технологий создания бобово-злаковых пастбищ в Центральном районе Нечернозем-

ной зоны на основе энергосберегающих агроприемов и эффективного использования фактора биологизации.

При разработке схемы опыта использовался метод, принятый в луговодстве; размещение вариантов в повторностях рендомизированное для статистической обработки полученных данных методом дисперсионного анализа (Доспехов Б. А., 1985). Площадь опытной деланки — 30 м², учетная площадь — 11 м², повторность четырехкратная.

Методика и условия проведения исследований. В схеме опыта предусмотрено изучение трех видов и шести сортов бобовых трав, эффективности инокуляции семян комплементарными штаммами клубеньковых бактерий, роли твердых семян для поддержания долголетия популяции бобового компонента. В схему опыта включен вариант 1 (злаковый травостой на фоне РК), который позволяет определить продуктивность травостоя за счет поступления азота из почвы; этот вариант предназначен также для установления эффективности бобово-злаковых травостоев по влиянию бобовых на урожайность, накопление биологического азота и сбор протеина. Вариант 2 (злаковый травостой на фоне N₁₃₅РК) необходим для определения эквивалента минерального и биологического азота.

Для изучения травосмесей с клевером ползучим использованы два сорта: базовый — ВИК 70, ранее включавшийся в травосмеси, и Луговик, высеваемый впервые (варианты 3–7). В вариантах 3 и 5 предусмотрено изучение эффективности естественной инокуляции, а варианты 4 и 6 — для определения эффективности инокуляции семян комплементарным штаммом КР-2. Для установления роли твердых семян в поддержании популяции клевера ползучего сорта Луговик в варианте 7 увеличена норма высева с учетом содержания в семенном материале твердых семян (43 %).

Варианты 8–12 с клевером луговым предназначены для сравнения сортов Тетраплоидный ВИК (базовая травосмесь) и Ветеран (новая травосмесь) на разных фонах. В вариантах 9 и 11 предусмотрена инокуляция семян штаммами 348А и КР-8 соответственно по сортам. Вариант 12 включен в схему опыта для оценки посева нескарифицированными семенами с целью определения влияния твердых семян для постепенного пополнения популяции клевера лугового Ветеран (содержание твердых семян — 29 %) по годам пользования.

Люцерно-злаковые травостои в опыте представлены вариантами 13–17 с сортами люцерны изменчивой Пастбищная 88 (базовая травосмесь) и Агния (новая травосмесь). В вариантах 14 и 17 оценивается дополнительный прием инокуляции семян штаммом 404б. В варианте 15 оценивается возможность увеличения долголетия популяции бобового компонента по годам пользования (содержание твердых семян — 27 %).

Все травосмеси изучали на фоне $P_{60}K_{150}$, в варианте 2 дополнительно вносили под каждый цикл N_{45} (три цикла учета за сезон — N_{135}).

Закладка полевого опыта проведена в 2014 г. кандидатами сельскохозяйственных наук Е. Е. Проворной и Е. Г. Седовой на экспериментальной базе ВНИИ кормов. Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая; перед закладкой полевого опыта в ней содержалось 2,26 % гумуса, 0,14 % общего азота, 62 мг/кг P_2O_5 и 53 мг/кг K_2O , $pH_{\text{сол}}$ 5,9 (в результате известкования в предшествующие годы).

Обработка почвы на опытном участке включала: осеннее дискование дернины пастбища БДТ-3 (в два следа) и вспашку (ПЛН-4-35) в 2013 г.; весной 2014 г. проведена разделка пласта дискованием (в двух направлениях), планировка участка, предпосевное прикатывание почвы кольчатым катком, после посева — гладким катком КВГ-1,4. Посев травосмесей проведен 15.05.2014 г. вразброс с целью создания сомкнутого травостоя.

Учет урожайности проводили в фазы выхода в трубку злаков и стеблевания бобовых, т. е. по принципу среднего и позднего загона в пастбищном конвейере (три цикла за сезон).

Агроэнергетическая оценка приемов и технологий проведена по принятой в луговодстве методике [8; 9; 10], утвержденной РАСХН. Применяемый метод агроэнергетической оценки позволяет сравнивать в единых показателях (ГДж/га) продуктивность пастбищ и совокупные затраты антропогенной энергии, определить наиболее затратные звенья в технологии с целью обоснования способов энергосбережения, а также влияние антропогенных затрат на использование природных факторов. Эти задачи решались на примере сравнения бобово-злаковых и злаковых травостоев.

Результаты исследований. В таблице 1 показаны затраты, включающие среднегодовые капитальные вложения (в расчете на пять лет пользования) в сумме с текущими ежегодными производственными затратами.

Антропогенные затраты на обработку почвы составили 44–49 % в структуре совокупных капитальных затрат, затраты на посевной материал, его подготовку и посев — 13–21 %, строительство изгороди для выпаса составило 34–38 %. Капитальные вложения на злаковом травостое на фоне РК составили 2,73 ГДж/га в среднем за пять лет, на травостоях с клевером ползучим обоих сортов они возросли незначительно — на 1–2 %, на травостоях с клевером луговым — на 4–5 %, для травостоев с люцерной изменчивой — более заметно (на 10–11 %), что связано с большей нормой высева семян бобового компонента, относительно других смесей.

1. Структура приведенных затрат антропогенной энергии на создание, уход и использование пастбища

Вариант опыта					Затраты, ГДж/га			Структура приведенных затрат, %		
№	травос- месь	сорт бобового вида	1	2	капи- тальные в среднем за 5 лет	текущие производст- венные на уход и ис- пользование	приве- денные	Структура		
								капи- тальные	теку- щие	
1	Овсяница + тимо- феевка	—	—	—	2,73	5,43	8,16	33	67	
2	Овсяница + тимо- феевка + N ₁₃₅	—	—	—	2,73	18,45	21,18	13	87	
3	Злаки + клевер ползучий	ВИК 70	+	—	2,77	5,89	8,66	32	68	
4			+	+	2,79	6,02	8,81	32	68	
5		Луговик	+	—	2,77	5,89	8,66	32	68	
6			+	+	2,79	6,02	8,81	32	68	
7			—	+	2,79	6,05	8,84	32	68	
8		Злаки + клевер луговой	Тетрапло- идный ВИК	+	—	2,85	5,85	8,70	33	67
9				+	+	2,87	5,92	8,79	33	67
10	Ветеран		+	—	2,85	5,95	8,80	32	68	
11			+	+	2,87	5,95	8,82	33	67	
12	—	+	2,87	6,02	8,89	32	68			
13	Злаки + люцерна изменчи- вая	Пастбищ- ная 88	+	—	3,01	5,85	8,86	34	66	
14			+	+	3,03	5,92	8,95	34	66	
15			—	+	3,03	5,95	8,98	34	66	
16		Агния	+	—	3,01	5,85	8,86	34	66	
17			+	+	3,03	5,99	9,02	34	66	

Примечание. Обозначение агроприемов: 1 — скарификация, 2 — инокуляция семян.

В ежегодных производственных затратах основная доля приходилась на применение удобрений (P₆₀K₁₅₀) — 58–65 %, при внесении азотного удобрения (N₁₃₅) текущие затраты возросли в 2,6 раза к контрольному варианту (злаковый травостой, фон РК). Трудовые затраты на выпас скота в зависимости от запаса поедаемого корма составили 11–20 %, на двукратное подкашивание и сгребание травы после выпаса за сезон — 12,5–13,8 %, на ремонт изгороди — 3–10 %.

Среднегодовые приведенные затраты на создание и использование пастбища в контрольном варианте на злаковом травостое (фон РК)

составили 8,16 ГДж/га, на фоне НРК возросли в 2,6 раза до 21,18 ГДж/га; на бобово-злаковых травостоях приведенные затраты (8,7–9,0 ГДж/га) были на 6–10 % выше контроля. В структуре приведенных затрат доля капитальных вложений на фоне РК была практически одинаковой — 32–34 %; доля текущих затрат составила 67–87 % для злаковых и 66–68 % для бобово-злаковых травостоев на фоне РК. При внесении азотного удобрения на злаковых травостоях доля текущих затрат повысилась на 20 % по сравнению с фоном РК.

Доля природных факторов в структуре производства ОЭ с 1 га рассчитывалась по разнице сбора обменной энергии и затрат антропогенной энергии (табл. 2). В контрольном варианте на злаковом травостое (фон РК) за счет природных факторов получено 17 ГДж/га, или 68 % от общего сбора обменной энергии, при дополнительном внесении N_{135} мобилизация природных факторов составила 34 ГДж/га или в два раза больше по сравнению с контролем.

На бобово-злаковых травостоях с клевером ползучим роль природных факторов в продукционном процессе возросла в 2,2–3,0 раза по сравнению с контролем, а также увеличился их удельный вес в структуре производства обменной энергии в производимом корме с 68 до 81–86 %.

Оценку агроэнергетической эффективности антропогенных затрат на создание и использование культурного пастбища проводили по сбору обменной энергии (с учетом поедаемого корма — 85%) в среднем за 2014–2018 гг. (табл. 2). Агроэнергетический коэффициент окупаемости затрат антропогенной энергии за счет сбора обменной энергии в пастбищном корме в контрольном варианте на злаковом травостое (фон РК) составил 310 %, при дополнительном внесении N_{135} снизился до 263 %.

В результате повышения использования природных факторов за счет симбиотической азотфиксации на бобово-злаковых травостоях была достигнута более высокая окупаемость антропогенных затрат. На травостоях с клевером ползучим окупаемость антропогенных затрат составила 546–639 %. При этом агроэнергетический коэффициент, полученный для травостоя на фоне базовой технологии с новым сортом Луговик (631 %) превосходил сорт ВИК 70 (607 %). Использование нескарифицированных семян в сочетании с их инокуляцией для создания травостоев с сортом Луговик повысило АК на 54 % (с 583 до 639 %).

Для травостоев с клевером луговым отмечали подобную закономерность — АК для травостоя с новым сортом Ветеран (654 %) был выше, чем с сортом Тетраплоидный ВИК (618 %). Сочетание двух агроприемов (использования нескарифицированных семян в сочетании с их инокуляцией) на травостоях с сортом Ветеран повысило АК на 62 % (с 632 до 694 %).

**2. Агроэнергетическая оценка эффективности создания
и использования пастбища в среднем за пять лет**

Вариант опыта				Сбор с учетом потерь		Совокупные затраты агро-погенной энергии, ГДж/га	Доля природных факторов в структуре производства ОЭ с 1 га		АК, %	Удельные затраты, МДж		
№	травосмесь	сорт бобового вида	1	2	ОЭ, ГДж/га		СП, кг/га	ГДж		%	на 1ГДж ОЭ	на 1 кг СП
1	Овсяница + тимофеевка	—	—	—	25,3	296,2	8,16	17,14	68	310	322,5	27,5
2	Овсяница + тимофеевка + N ₁₃₅	—	—	—	55,7	696,6	21,18	34,52	62	263	380,3	30,4
3	Злаки + клевер ползучий	ВИК 70	+	—	47,3	709,4	8,66	38,64	82	546	183,1	12,2
4			+	+	53,5	823,3	8,81	44,69	84	607	164,7	10,7
5		Луговик	+	—	50,5	768,5	8,99	41,84	83	583	171,5	11,3
6			+	+	55,6	886,4	8,81	46,79	84	631	158,5	9,9
7			—	+	56,5	941,3	8,84	47,66	84	639	156,5	9,4
8	Злаки + клевер луговой	Тетраплоидный ВИК	+	—	50,2	745,1	8,70	41,50	83	577	173,3	11,7
9			+	+	54,3	866,1	8,79	45,51	84	618	161,9	10,1
10		Ветеран	+	—	55,6	838,0	8,80	46,80	84	632	158,3	10,5
11			+	+	57,7	919,5	8,82	48,88	85	654	152,9	9,6
12			—	+	61,7	960,3	8,89	52,81	86	694	144,1	9,3
13	Злаки + люцерна изменчивая	Пастбищная 88	+	—	46,3	757,1	8,86	37,44	81	523	191,4	11,7
14			+	+	48,9	789,0	8,95	39,95	82	546	183,0	11,3
15			—	+	49,4	786,9	8,98	40,42	82	550	181,8	11,4
16		Агния	+	—	46,1	681,9	8,86	37,24	81	520	192,2	13,0
17			+	+	50,1	811,0	9,02	41,08	82	555	180,0	11,1

Примечание. Обозначение агроприемов: 1 — скарификация, 2 — инокуляция семян.

На люцерно-злаковых травостоях на фоне базовой технологии более высокий показатель АК (555 %) установлен при участии нового сорта Агния по сравнению с сортом Пастбищная 88 (546 %). При включе-

нии в травосмесь нескарифицированных семян сорта Пастбищная 88 в сочетании с инокуляцией АК повысился на 23 % (с 523 до 546 %).

Удельные затраты антропогенной энергии на производство 1 ГДж обменной энергии на злаковых травостоях составили (в МДж): 322,5 на фоне РК, на фоне NPK повысилась до 380,3 (на 15 %). На всех изучаемых бобово-злаковых травостоях удельные затраты были в 2,0–2,6 раза ниже, чем на злаковых травостоях на фоне NPK, и на 1,7–2,2 раза ниже, чем на фоне РК. Еще более четкое преимущество бобово-злаковых травостоев проявилось при сравнении удельных затрат на производство 1 кг сырого протеина.

На злаковом травостое (фон РК) удельные затраты антропогенной энергии на производство 1 кг сырого протеина составили 27,5 МДж, при внесении азотного удобрения увеличились до 30,4 МДж. В результате создания бобово-злаковых травостоев на фоне базовой агротехники удельные затраты антропогенной энергии на производство сырого протеина снизились практически в два раза и более благодаря симбиотической азотфиксации. На травостоях с клевером ползучим эти показатели составили 9,9–10,7 МДж/кг СП, с клевером луговым — 9,6–10,1, с люцерной изменчивой — 11,1–11,3 МДж/кг СП. Благодаря повышению доли природных факторов в структуре производства обменной энергии с 1 га получены высокие коэффициенты полезного действия совокупных затрат антропогенной энергии.

Заключение. Агроэнергетический коэффициент окупаемости совокупных затрат антропогенной энергии на создание и использование злаковых травостоев сбором обменной энергии в корме составил 310 % на фоне РК и 263 % на фоне NPK. В результате биологизации технологий за счет использования нового поколения сортов бобовых трав АК повысился до 520–694 %, при этом удельные затраты на производство 1 ГДж ОЭ и 1 кг СП снизились в два–три раза и более. Это достигается благодаря увеличению доли природных факторов в структуре производства обменной энергии пастбищного корма с 62–68 % на злаковых травостоях до 81–86 % на бобово-злаковых травостоях. Научные доказательства высокой эффективности создания и использования бобово-злаковых травостоев на культурных пастбищах являются обоснованием необходимости восстановления в стране семеноводства трав с учетом потребности в них не только для пашни, но и лугового кормопроизводства.

Литература

1. Ресурсосберегающие технологии создания и использования культурных пастбищ для молочного скота в Нечерноземной зоне РФ : рекомендации / А. А. Кутузова, Д. М. Тебердиев, А. А. Зотов [и др.]. – М., 2005. – 30 с.

2. Многовариантные системы лугового кормопроизводства в нечерноземной зоне РФ : практическое руководство / А. А. Зотов, А. А. Кутузова, Д. М. Тебердиев [и др.]. – М., 2006. – 53 с.
3. Жученко А. А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепции). – М. : Пушкино, 1994. – 148 с.
4. Кирюшин В. И. Методика разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур. – М., 1995. – 81 с.
5. Кутузова А. А., Проворная Е. Е., Цыбенко Н. С. Влияние видов и сортов бобовых трав на урожайность пастбищных травостоев в Нечерноземной зоне // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. – М., 2017. – № 14 (62). – С 32–38.
6. Кутузова А. А., Проворная Е. Е., Цыбенко Н. С. Научные критерии формирования бобово-злаковых пастбищных фитоценозов на основе использования новых сортов бобовых трав // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. – М., 2018. – № 19(67). – С. 65–73.
7. Кутузова А. А., Проворная Е. Е., Цыбенко Н. С. Влияние видов и сортов бобовых трав на качество пастбищного корма // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. – М., 2018. – № 17(65). – С. 74–82.
8. Михайличенко Б. П., Шпаков А. С., Кутузова А. А. Методическое пособие по агроэнергетической оценке технологий и систем ведения кормопроизводства. – М. : Россельхозакадемия, 2000 – 53 с.
9. Кутузова А. А., Трофимова Л. С., Проворная Е. Е. Методическое руководство по оценке потоков энергии в луговых агроэкосистемах. – М. : Россельхозакадемия, 2007 – 39 с.
10. Кутузова А. А., Трофимова Л. С., Проворная Е. Е. Методика оценки потоков энергии в луговых агроэкосистемах. 3-е изд., перераб. и дополн. – М. : Угрешская типография, 2015. – 32 с.

EFFICIENCY OF ANTHROPOGENIC ENERGY EXPENDITURES IN CREATION AND USE OF LEGUME-CEREAL GRASS OF CULTURAL PASTURE

A. A. Kutuzova, E. E. Provornaya, N. S. Tsybenko

On legume-grass pasture grasslands with the participation of creeping clover (varieties VIC 70 and Lugovik), meadow clover (Tetraploid VIC and Veteran), alfalfa changeable (Pasture 88 and Agnia), the total cost of anthropogenic energy for the creation, care, use and production of feed in the exchange energy in a single SI system (GJ/ha) is determined. The high rates of return given the cost of collecting metabolizable energy per 1 GJ of metabolizable energy.

Keywords: *legume-grass herbage, capital expenditures, current operating costs, the system SI (GJ/ha), agroenergetics coefficient (AK), the unit cost of 1 GJ of metabolizable energy.*