

УДК 631.81:631.82:631.445.12

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИЕМОВ БИОКОНВЕРСИИ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ УДОБРЕНИЙ В ЗЕЛЕННЫЕ КОРМА НА ТОРФЯНИКЕ

© 2023 г. Т. Ю. Анисимова

Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал Верхневолжского ФАНЦ

601390 п. Вяткино, Судогодский р-н, Владимирская обл., ул. Прянишникова, 2, Россия

E-mail: anistan2009@mail.ru

Поступила в редакцию 05.07.2022 г.

После доработки 09.08.2022 г.

Принята к публикации 15.09.2022 г.

В полевом двухфакторном опыте изучили эффективность использования минеральных удобрений в сочетании с прямым севом семян трав в дернину выработанного торфяника для разработки мало-затратных приемов биоконверсии питательных веществ минеральных удобрений в зеленые корма. В ходе агроэкономической и энергетической оценки использованных агроприемов установлено, что сочетание подсева и внесения минеральных удобрений было эффективным и способствовало получению самой высокой прибыли, которая составила 24–53 тыс. руб./га, снижению себестоимости 100 к.е./га в среднем на 41–46%, повышению энергоотдачи затрат в 1.8 раза по сравнению с контролем. Наибольшая окупаемость кормовой единицы 1 кг NPK отмечена в вариантах с окультуренным удобрением фитоценозом, этот показатель вырос в среднем в 1.2–1.6 раза по сравнению с вариантами естественных фитоценозов. Учитывая показатели почвенного плодородия и окупаемости затрат на проведение комплекса агроприемов, сделан вывод, что оптимальной дозой минеральных удобрений в естественном фитоценозе (без подсева) была доза N60P90K120, в окультуренном фитоценозе – дозы N60P60K90 и N60P90K120.

Ключевые слова: выработанный торфяник, минеральные удобрения, многолетние травы, прямой сев, чистый доход, рентабельность, агроэнергетический коэффициент

DOI: 10.31857/S0002188122120031, **EDN:** SOJMIY

ВВЕДЕНИЕ

Для удешевления себестоимости сельскохозяйственной продукции необходим поиск малозатратных приемов возделывания культур на основе рационального применения средств химизации и биологизации при обязательном сохранении и воспроизводстве плодородия почвы. Вопрос создания на торфяных почвах культурных долголетних сенокосов по-прежнему актуален с экологической точки зрения: это позволит избежать риска природных пожаров, деградации почв. Многолетние травы лучше всего адаптированы к условиям выработанных торфяников, они полнее используют атмосферные осадки и почвенный азот, характеризуются стабильным долголетием и продолжительным вегетационным периодом, в течение которого они несколько раз отчуждаются, что определяет особенности их минерального питания и потребность во внесении удобрений [1, 2].

Использование агрономической, экономической и энергетической оценки позволяет выде-

лить наиболее выгодные варианты применения удобрения в сочетании с подсевом и без него, которые можно использовать в агропрактике при выращивании трав на выработанном торфянике. Цель работы – разработка эффективных малозатратных агротехнологических приемов повышения продукционной способности выработанного мелкоконтурного торфяника за счет биоконверсии питательных веществ минеральных удобрений в сочетании с прямым севом семян трав.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили с 2017 по 2021 г. на Байгушском торфяном месторождении (Владимирской обл.), тип торфяной залежи установлен как переходный (А – 15.4, R – 45%). На части одной из пяти торфяных карт в 2017 г. был заложен полевой опыт по определению влияния на плодородие почвы и продуктивность лугового фитоценоза ежегодного внесения минеральных удобрений с однократным при закладке опыта прямым

севом смеси семян клевера красного и тимopheевки луговой в ненарушенную дернину [3]. Почва опытного участка – болотно-подзолистая (Gleyic (Histic) Albeluvisols) со следующими агрохимическими характеристиками: содержание гумуса – 1.86–2.0%, pH_{KCl} 6.1–6.4, содержание подвижного фосфора – 56–75 мг/кг почвы, обменного калия – 46.5–58.2 мг/кг, мощность пахотного слоя – 27–39 см.

Исследования проводили по следующей схеме, варианты: 1 – естественный фитоценоз (ЕФ) без подсева клеверо-тимopheеchnой смеси – абсолютный контроль, 2 – окультуренный фитоценоз (ОФ) с подсевом клеверо-тимopheеchnой смеси, 3 – ЕФ + N60P60K90, 4 – ОФ + N60P60K90, 5 – ЕФ + N60P90K120, 6 – ОФ + N60P90K120. Площадь делянки 62.5 м² (12.5 × 5 м), повторность четырехкратная, общая площадь под опытом – 0.15 га.

Фосфорные (суперфосфат простой), калийные (калимаг) удобрения и часть азотных (аммиачная селитра) вносили в период весеннего отрастания трав путем поверхностного равномерного разбрасывания. Остальную часть азотных удобрений вносили после укоса трав.

Реализация исследовательских работ была основана на методике проведения опытов на сенокосах и пастбищах [4]. Анализы почвенных образцов выполнены в аналитической лаборатории с использованием следующих методов: определение pH_{KCl} – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85), гидролитической кислотности – по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91), суммы поглощенных оснований – по методу Каппена (ГОСТ 27821-88), содержания подвижных соединений фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011).

Анализ растительных образцов проводили в соответствии с методиками: содержание азота – по ГОСТ Р 51417-99 с дальнейшим пересчетом в сырой протеин (коэффициент 6.25), фосфора – по ГОСТ 26657-97, калия – по ГОСТ 30504-97, содержание сухого вещества – по ГОСТ 31640-2012. Учет урожая трав проведен при наступлении начала фазы цветения бобовых растений и колошения злаковых. Определение качества зеленой массы многолетних трав исполнено также с использованием расчетных методик [5], оценка агроэкономической эффективности агроприемов выполнена с использованием методик, используемых в системе кормопроизводства [6, 7]. При расчете экономической и энергетической эффективности учитывали затраты на семена, удобрения, сев, уборку и доработку продукции, удельные затраты энергии на единицу урожая. Товар-

ный урожай оценивали в руб./кг в ценах 2021 г. Для объективной оценки изученных агроприемов их сравнивали с базовой технологией, применяемой на полевых участках с маломощными торфяно-болотными почвами, включающей операции: срезка кустарника и мелкокосяк кусторезом, безотвальная обработка плугами и боронование, дискование в несколько следов, планировка, внесение удобрений, прикатывание, сев, скашивание. Дозы удобрений, величина продуктивности трав при базовой технологии приняты такие же как в варианте “окультуренный фитоценоз + N60P90K120”.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние агроприемов на агрохимическую характеристику почвы представлено в табл. 1. Показано, что применение удобрений и подсева не оказало негативного влияния на показатели pH и суммы обменных оснований в корнеобитаемом слое почвы полевого опытного участка. За 5 лет исследования в почве вариантов без удобрений зафиксировано увеличение содержания подвижного фосфора по сравнению с исходным на 3.7–3.8 мг/кг, обменного калия – на 9.6–31.9 мг/кг. В вариантах с применением удобрений содержание доступного растениям фосфора относительно исходного возросло в 2.0–2.6 раза, калия – в 3.1–4.7 раза, что можно объяснить как внесением минеральных удобрений в различных дозах, так и формированием большей биомассы корней и отавы трав после отчуждения урожая в удобренных вариантах опыта как с подсевом, так и без подсева. Таким образом, применение минеральных удобрений и опосредованно подсев способствовали накоплению запасов подвижных фосфора и калия в корнеобитаемом слое почвы, снижая риск деградации почвы выработанного торфяника.

Использование изученных агроприемов оказало значительное влияние на урожайность трав: за 4 года хозяйственного пользования их урожайность на фоне применения минеральных удобрений в сочетании с подсевом (варианты ОФ + N60P60K90 и ОФ + N60P90K120) достоверно превышала контрольный вариант, а также вариант с подсевом без удобрений (вариант ОФ) (табл. 2). При этом только применение подсева позволило повысить продуктивность трав в 2 раза, а применение удобрений без подсева (варианты ЕФ + N60P60K90 и ЕФ + N60P90K120) – в среднем 2.8–3.0 раза. Наибольшая продуктивность трав отмечена в вариантах ОФ + N60P60K90 и

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка (слой 0–20 см)

Вариант	рН _{KCl}		Содержание фосфора подвижного		Содержание калия обменного		Σ_{Ca+Mg} , мг-экв/100 г почвы	
			мг/кг					
	1	2	1	2	1	2	1	2
Естественный фитоценоз (ЕФ)	6.2	6.15	51.7	55.5	40.8	50.4	3.88	3.86
Окультуренный фитоценоз (ОФ)	6.15	6.25	48.4	52.1	32.1	56.8	3.76	4.04
ЕФ + N60P60K90	6.2	6.34	51.7	102	40.8	146	3.88	4.88
ОФ + N60P60K90	6.05	6.06	48.4	126	32.1	150	3.76	4.40
ЕФ + N60P90K120	6.2	6.29	51.7	110	40.8	128	3.88	4.88
ОФ + N60P90K120	6.05	6.14	48.4	102	32.1	123	3.76	4.76

Примечание. В графе 1 – до закладки опыта, 2 – в конце 5-го года опыта.

Таблица 2. Урожай зеленой массы многолетних трав, т/га

Вариант	Год пользования				Среднее	Сбор (среднее) за 4 года, ц/га	
	2018	2019	2020	2021		к.е.	ПП*
Естественный фитоценоз (ЕФ)							
Без удобрений (контроль)	0.34	0.65	7.8	2.4	2.8	5.6	1.8
N60H60K90	0.86	2.53	16.4	7.4	6.8	13.6	2.8
N60P90K120	1.0	3.85	21.9	8.0	8.7	17.3	3.6
Окультуренный фитоценоз (ОФ)							
Без удобрений	1.92	2.3	14.2	4.5	5.7	11.4	2.4
N60H60K90	2.46	5.01	27.6	13.5	12.1	24.3	5.1
N60P90K120	2.34	6.12	28.6	15.0	12.9	25.8	5.5
HCP ₀₅	0.4	1.3	2.7	3.0			
HCP ₀₅ фактор А	0.1	0.8	1.9	2.2			
HCP ₀₅ фактор Б	0.3	0.9	1.6	1.8			

Примечание. Фактор А – подсев, фактор Б – применение удобрений.

*ПП – переваримый протеин.

ОФ + N60P90K120, в этом случае урожайность превосходила абсолютный контроль в 4.3–4.8 раза.

Применение подсева и ежегодное внесение минеральных удобрений оказало положительное влияние на показатели питательной ценности зеленой массы трав: содержание кормовых единиц и переваримого протеина. Зеленая масса трав, выращенная в неудобренном окультуренном фитоценозе (вариант ОФ), содержала в 2 раза больше ц к.е./га по сравнению с абсолютным контролем. В удобренных вариантах естественного фитоценоза в урожае трав величина продуктивности (ц к.е./га) увеличилась в среднем в 2.4–3.0 раза. В вариантах с подсевом и ежегодным внесением минеральных удобрений получены наибольшие показатели сбора кормовых единиц и они составили 24.3–25.8 ц/га, что превосходило контроль в

4.0–4.6 раза. Аналогичная тенденция влияния агроприемов при возделывании клеверо-тимофеечной смеси отмечена и при расчете содержания переваримого протеина в полученном зеленом корме.

Оценка агроэкономической эффективности агроприемов представлена в табл. 3. Применение удобрений в совокупности с подсевом трав (варианты ОФ + удобрения) обеспечило получение наибольшего чистого дохода (24.4–53.7 тыс. руб./га) и рентабельности (72.2–85.5%), а окупаемость кормовой единицы 1 кг NPK минеральных удобрений в этих вариантах возросла в 1.2–1.6 раза по сравнению с вариантами естественного фитоценоза (без использования подсева). Комбинация подсева и применение удобрений способствовали снижению себестоимости 100 кормовых единиц в

Таблица 3. Агроэкономическая эффективность использования прямого сева и применения удобрений на выработанном торфянике при выращивании многолетних трав (в сумме за 5 лет)

Вариант	Сбор к.е., ц/га	Стоимость продукции, руб./га	Себестоимость 100 к.е., руб.	Условно чистый доход, руб./га	Рентабельность производства, %	Окупаемость, к.е./кг NPK
Естественный фитоценоз						
Без удобрений	22.3	26748	1246	—	—	—
N60P60K90	54.4	65316	1107	5058	8.4	3.1
N60P90K120	69.4	83232	1002	13684	19.8	3.5
Окультуренный фитоценоз						
Без удобрений	45.8	54972	667	24405	79.8	—
N60P60K90	97.1	116568	647	53717	85.5	4.9 (7.1)*
N60P90K120	104	124572	697	52221	72.2	4.3 (6.0)*
Базовая технология						
—	104	1248572	849	36444	41.4	3.1

*К абсолютному контролю.

Таблица 4. Агроэнергетическая эффективность использования агроприемов при выращивании многолетних трав

Вариант	Выход с 1 га		Затраты совокупной энергии		Энергоотдача, ед.
	СВ, т	ОЭ, ГДж	на 1 га, ГДж	на 1 кг СВ, МДж	
Естественный фитоценоз					
Без удобрений (абсолютный контроль)	4.0	47.1	11.6	2.9	4.0
N60P60K90	7.9	61.1	38.6	4.9	1.6
N60P90K120	10.8	83.5	41.0	3.8	2.0
Окультуренный фитоценоз					
Без удобрений	10.0	69.4	12.5	1.2	5.5
N60P60K90	13.9	115	36.3	2.8	2.9
N60P90K120	16.9	144	41.8	2.6	3.4
Базовая технология					
—	16.9	144	91.8	5.4	1.6

Примечание. СВ – сухое вещество, ОЭ – обменная энергия.

среднем на 41% по сравнению с вариантами с удобрениями, но без подсева (естественным фитоценозом), и на 21% по сравнению вариантом виртуальной базовой технологии. Вместе с тем наибольший уровень снижения себестоимости 100 кормовых единиц (46%) отмечен в варианте с подсевом без удобрений (ОФ) по сравнению с абсолютным контролем (ЕФ).

Энергетическую оценку изученных агротехнологий проводили с учетом 4-х основных показателей: сбора обменной энергии с 1 га, окупаемости их сбором обменной энергии – агроэнергетическим коэффициентом (энергоотдачи) и удельных затрат на произведенный 1 ГДж энергии (табл. 4). В вариантах без применения минеральных удобрений (ЕФ и ОФ) установлены самые низкие затраты совокупной энергии на 1 га,

они составили 11.6–12.5 ГДж, а также, что логично, наибольший агроэнергетический коэффициент, который составил 4.0–5.5 при 2.0–3.4 в вариантах с удобрениями. Но все же это не означало, что варианты без удобрений были перспективными, запасы питательных веществ в почве этих вариантов почти не пополнялись, поэтому в этом случае существовал реальный риск деградации почвенного плодородия. Агроэнергетический анализ примененных приемов позволил обосновать наиболее выгодные предложения с учетом необходимости увеличения производства кормов. Энергетически оптимальными дозами удобрений в естественном фитоценозе можно было считать N60P90K120, в окультуренном фитоценозе – обе дозы N60P60K90 и N60P90K120.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, показано, что получение прибыли и наибольшая окупаемость 1 кормовой единицы в опыте зависело от удобрений и использования подсева семян трав. Анализ агроэкономической и энергетической оценки показал, что сочетание приемов за 5 лет исследования (с 2017 по 2021 г.) было эффективным и способствовало снижению себестоимости 100 к.е./га в среднем на 41–46%, получению наибольшей прибыли, которая составила 24–53 тыс. руб./га. Сбор кормовых единиц с 1 га при применении только подсева возрос в 2 раза, разница между удобренными вариантами с подсевом и без него составила 1.5–1.8 раза, сбор кормовых единиц с 1 га был наибольшим в вариантах с подсевом на фоне внесения минеральных удобрений, по сравнению с контролем он возрос в 4.4–4.7 раза. Наибольшая окупаемость кормовой единицы 1 кг NPK также была отмечена в вариантах с окультуренным фитоценозом, этот показатель возрос в 1.2–1.6 раза по сравнению с естественным фитоценозом.

Было установлено, что применение подсева на фоне применения NPK повысило энергоотдачу в 1.8 раза. Поэтому, учитывая показатели окупаемости энергозатрат и влияние агроприемов на почвенное плодородие, можно сделать вывод, что экономически и энергетически оптимальными дозами удобрений в вариантах с естественным фитоценозом была доза N60P90K120, в вариантах с окультуренным фитоценозом – дозы N60P60K90 и N60P90K120.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ковшова В.Н.* Экологические аспекты использования выработанных торфяников под луговыми фитоценозами // Сб. мат-лов Международ. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию основания Кировской луго-болотной опытной станции “Многофункциональное адаптивное кормопроизводство”. ФНЦ “ВИК им. В.Р. Вильямса”, Кировская луго-болотная опытная станция, 2018. Вып. 18 (66). С. 29–35.
2. *Мееровский А.С., Пастушок Р.Т., Бирюкович А.Л., Михайлова О.С.* Технологический регламент производства зеленого корма и сырья для заготовки кормов на улучшенных сенокосах // Мелиорация. 2021. № 1 (95). С. 31–37.
3. *Анисимова Т.Ю.* Агроэкономическая и энергетическая оценка приемов выращивания многолетних трав на выработанном торфянике // Владимир. земледелец. 2021. № 3. С. 4–9. <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2021-3-4-9>
4. *Новоселов Ю.К.* Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. 2-е изд. М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1997. 197 с.
5. *Сычев В.Г., Лепешкин В.В.* Методические указания по оценке качества и питательности кормов. М.: МСХ РФ, ЦИНАО, 2002. 75 с.
6. *Михайличенко Б.П., Кутузова А.А., Новоселов Ю.К.* Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства. М.: РАСХН, 1995. 174 с.
7. *Лазарев Н.Н.* Агроэнергетическая эффективность улучшения природных и старосеяных сенокосов и пастбищ // Изв. ТСХА. 2005. № 4. С. 60–67.

Efficiency of Methods of Bioconversion of Fertilizer Nutrients into Green Fodder in a Peat Bog

T. Yu. Anisimova

*All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat –
a Branch unit of “Upper Volga Federal Agrarian Research Centre”,
ul. Pryanisnikova 2, p. Vyatkinno, Sudogda district, Vladimir region 601390, Russia
E-mail: anistan2009@mail.ru*

In a two-factor field experiment, the effectiveness of the use of mineral fertilizers in combination with direct sowing of grass seeds in the turf of a cultivated peat bog was studied for the development of low-cost methods of bioconversion of nutrients of mineral fertilizers into green feeds. During the agro-economic and energy assessment of the agricultural practices used, it was established that the combination of sowing and application of mineral fertilizers was effective and contributed to obtaining the highest profit, which amounted to 24–53 thousand. rub/ha, reducing the cost of 100 k.e./ha by an average of 41–46%, increasing the energy efficiency of costs by 1.8 times compared to the control. The highest payback of a feed unit of 1 kg of NPK was noted in variants with cultivated fertilized phytocenosis, this indicator increased by an average of 1.2–1.6 times compared with variants of natural phytocenoses. Taking into account the indicators of soil fertility and the payback of the costs of carrying out a complex of agricultural practices, it was concluded that the optimal dose of mineral fertilizers in the natural phytocenosis (without sowing) was the dose of N60P90K120, in the cultivated phytocenosis – doses of N60P60K90 and N60P90K120.

Key words: developed peat bog, mineral fertilizers, perennial grasses, direct sowing, net income, profitability, agro-energy coefficient.