

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД МНОГОЛЕТНИЕ ЗЛАКОВЫЕ ТРАВЫ НА ТОРФЯНИСТО-ГЛЕЕВОЙ ПОЧВЕ

Н. Н. Цыбулько¹, доктор сельскохозяйственных наук

Е. Б. Евсеев², соискатель лаборатории агроэкологии

И. И. Жукова³, кандидат сельскохозяйственных наук

¹РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск, Беларусь

²ГНУ «Институт радиобиологии», г. Гомель, Беларусь

³Белорусский государственный педагогический университет имени М. Танка,
г. Минск, Беларусь

Аннотация

Установлено, что на торфянисто-глеевой почве с оптимальными параметрами обеспеченности ее подвижными формами фосфора и калия наиболее эффективным под многолетние злаковые травы является внесение минеральных удобрений в дозах $N_{140}P_{90}K_{180}$, включая $N_{80}P_{90}K_{120}$ – под первый укос и $N_{60}K_{60}$ – под второй укос. Данная система удобрения обеспечивает продуктивность трав на уровне 110 ц/га сена (56,5 ц/га к. ед.) и прибыль 99,0 руб./га (41,52 долл. США), при уровне рентабельности 18,9 %.

Ключевые слова: торфянисто-глеевая почва, минеральные удобрения, дозы, многолетние травы, продуктивность, эффективность.

Abstract

N. N. Tsybulka, E. B. Evseev, I. I. Zhukova

EFFICIENCY OF APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS FOR PERENNIAL GRASSES ON PEATY-GLEY SOIL

It was found that on peaty-gley soil with optimal parameters of its availability of mobile forms of phosphorus and potassium, the most effective application for perennial grasses is the application of mineral fertilizers in rates of $N_{140}P_{90}K_{180}$, including $N_{80}P_{90}K_{120}$ – for the first mowing and $N_{60}K_{60}$ – for the second mowing. This fertilizer system provides grass productivity at the level of 110 C/ha of hay (56.5 C/ha of grain units) and a profit of 99.0 rubles/ha (41.52 USA dollars), with a profit margin of 18.9 %.

Keywords: peaty-gley soil, mineral fertilizers, rates, perennial grasses, productivity, efficiency.

Введение

В настоящее время в Беларуси 690,0 тыс. га осушенных торфяных почв используются в качестве сельскохозяйственных земель; из них 201,7 тыс. га (29 %) с мощностью торфяного слоя менее 0,5 м (торфянисто-глеевые и торфяно-глеевые почвы) [1].

Бобово-злаковые и злаковые травы длительного пользования рекомендуется возделывать на торфяных почвах с мощностью торфяной залежи менее 1 м [2]. Предпочтение отдается злаковым травам, которые длительный период сохраняются в травостое, не тре-

буют частого перезалужения и наиболее полно используют минерализующийся азот [3].

Главным фактором, определяющим уровень продуктивности многолетних трав при благоприятном водном режиме, являются условия минерального питания. Вынос элементов питания с 1 т сена многолетних злаковых трав составляет: азот – 14,9 кг, фосфор – 4,5 кг, калий – 24,1 кг [4].

Важная задача в области использования минеральных удобрений – повышение эффективности их применения, в частности обе-

спечение окупаемости 1 кг NPK не менее 8 кг зерна, а всеми культурами на пашне – 10–12 к. ед. В республике среднее значение норматива окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая многолетних злаковых трав составляет 16,3 кг сена [4].

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2016–2019 гг. в стационарных полевых опытах на территории землепользования СПК «Новое Полесье» Лунинецкого р-на Брестской обл. Объектом исследования являлась торфянисто-глеевая низинная осушенная почва, развивающаяся на тростниково-осоковых торфах, подстилаемых с глубины 0,26 м связными древнеаллювиальными песками. Агрохимические показатели почвы (Ап) следующие (средние значения): органическое вещество – 60,4 %; $N_{\text{общ}}$ – 1,74 %; pH_{KCl} – 5,37; подвижные формы (в 0,2 М HCl) P_2O_5 – 876 и K_2O – 818 мг/кг почвы.

Возделывали многолетнюю среднеспелую злаковую травосмесь, включающую тимофеевку луговую 2 кг/га, овсяницу луговую 5 кг/га, кострец безостый 6 кг/га.

Результаты исследования и их обсуждение

За период исследований метеорологические условия вегетационных периодов (апрель – август) существенно различались. По степени увлажнения 2016 г. характеризовался слабо засушливыми условиями с ГТК 1,28; 2017 г. был влажным (ГТК – 2,24); 2018 г. – засушливым (ГТК – 0,97); 2019 г. отличался оптимальными гидротермическими условиями (ГТК – 1,30).

В среднем за 4 года исследований продуктивность многолетних трав составила на контрольном варианте 48,6 ц/га сена, или 24,8 ц/га к. ед. В результате применения фосфорных и калийных удобрений продуктивность возросла до 58,3–67,9 ц/га сена, или 29,7–34,6 ц/га к. ед. При внесении $P_{90}K_{120}$ (P_{90} – под первый укос и K_{30} – под второй укос) в среднем за 4 года получена урожайность 58,3 ц/га сена, прибавка к контролю – 9,7 ц/га, или 4,9 ц/га к. ед. При увеличении дозы калия до 150 кг/га (во вторую подкормку – 60 кг/га) урожайность возросла до 62,5 ц/га, прибавка – 13,6 ц/га сена, или 7,1 ц/га к. ед. Повышение дозы калийного удобрения до 180 кг/га (K_{120} – под первый укос и K_{30} – под

Цель настоящей работы – изучить эффективность применения разных доз азотных и калийных удобрений под многолетние злаковые травы на торфянисто-глеевой почве.

Размещение делянок в опыте рандомизированное. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Общая площадь делянки составляла 20 м², учетная площадь – 12 м².

Агрохимические показатели почв определяли по методикам: органическое вещество – по Тюрину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26212–91 [5]; pH_{KCl} – потенциометрическим методом по ГОСТ 26483–85 [6]; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91 [7]; общий азот – по ГОСТ 26107–84 [8]. Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного анализа [9] с использованием компьютерного программного обеспечения (*Excel 7.0, Statistic 7.0*).

второй) способствовало росту урожайности: прибавка к контролю составила 19,3 ц/га сена (9,8 ц/га к. ед.) и к варианту $P_{90}K_{150}$ – 5,4 ц/га сена (табл. 1).

Азотные удобрения применяли под первый и второй укосы трав в общих дозах 100, 120 и 140 кг/га действующего вещества на двух фосфорно-калийных фонах – $P_{90}K_{150}$ и $P_{90}K_{180}$. В среднем за 4 года исследований в вариантах с применением азотных удобрений в дозе N_{100} (N_{60} – под первый укос и N_{40} – под второй укос) продуктивность многолетних трав составила на фоне $P_{90}K_{150}$ 92,9 ц/га сена (47,4 ц/га к. ед.) и на фоне $P_{90}K_{180}$ – 97,0 ц/га сена (49,5 ц/га к. ед.). Прибавки урожайности составили соответственно к контролю 44,3 и 48,4 ц/га сена, или 23,9 и 25,7 ц/га к. ед., к фосфорно-калийным фонам – 30,4 и 29,1 ц/га сена. Внесение под два укоса трав общей дозы азотных удобрений 120 кг/га (N_{80} – под первый укос и N_{40} – под второй укос) обеспечило достоверное повышение урожайности по отношению к фосфорно-калийным фонам. Прибавки сена составили соответственно

40,6 и 39,7 ц/га, которые были существенными и к варианту N_{100} . Увеличение дозы азота до N_{140} (N_{80} – под первый укос и N_{80} – под второй укос) не способствовало существенному увеличению урожайности сена по отношению к варианту N_{120} как на фоне $P_{90}K_{150}$, так и на фоне $P_{90}K_{180}$.

В первых двух вариантах с минеральными удобрениями – $N_{120}P_{90}K_{150}$ и $N_{140}P_{90}K_{150}$ – применяли также медьсодержащие удобрения в дозе 80 г/га меди (Cu_{80}). Некорневая подкормка многолетних злаковых трав в начале фазы выхода в трубку медьсодержащим удобрением обеспечила достоверные прибавки сена, которые составили по отношению к варианту $N_{120}P_{90}K_{150}$ 6,9 ц/га, к варианту $N_{140}P_{90}K_{150}$ – 8,2 ц/га.

Максимальная продуктивность многолетних злаковых трав в среднем за 4 года исследований получена в варианте 3 – при $N_{140}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$; она составила 114,1 ц/га сена, или 58,2 ц/га к. ед.

По результатам полевого опыта на торфянисто-глеевой почве проведена оценка окупаемости минеральных удобрений прибавкой сена многолетних злаковых трав. При высоком содержании в почве P_2O_5 (876 мг/кг почвы) и повышенном содержании K_2O (818 мг/кг почвы) окупаемость 1 кг фосфорных и калийных удобрений, внесенных за два укоса трав в дозах $P_{90}K_{150}$ и $P_{90}K_{180}$, составила соответственно 4,6 и 5,8 кг сена. При увеличении дозы калийных удобрений до 180 кг/га (вариант 4) этот показатель возрос до 7,1 кг сена, или 3,8 к. ед.

Таблица 1. Продуктивность многолетних злаковых трав и окупаемость минеральных удобрений при внесении их в разных дозах

Варианты опыта		Урожайность в среднем за 4 года, ц/га	Прибавка, ц/га		Окупаемость удобрений прибавкой, кг		
			к контролю	к РК	РК	N	НPK
Сено							
1.	Контроль	48,6	–	–	–	–	–
2.	$P_{90}K_{120}$	58,3	9,7	–	4,6	–	–
3.	$P_{90}K_{150}$	62,5	13,9	–	5,8	–	–
4.	$P_{90}K_{180}$	67,9	19,3	–	7,1	–	–
5.	$N_{100}P_{90}K_{150}$	92,9	44,3	30,4	–	30,4	13,0
6.	$N_{120}P_{90}K_{150}$	103,1	54,5	40,6	–	33,8	15,1
7.	$N_{140}P_{90}K_{150}$	105,9	57,3	43,4	–	31,0	15,1
8.	$N_{100}P_{90}K_{180}$	97,0	48,4	29,1	–	29,1	13,1
9.	$N_{120}P_{90}K_{180}$	107,6	59,0	39,7	–	33,1	15,1
10.	$N_{140}P_{90}K_{180}$	110,7	62,1	42,8	–	30,6	15,1
11.	$N_{120}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$	110,0	61,4	47,5	–	–	17,0
12.	$N_{140}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$	114,1	65,5	51,6	–	–	17,2
	$HCP_{0,5}$	4,72	–	–	–	–	–
Кормовые единицы							
1.	Контроль	24,8	–	–	–	–	–
2.	$P_{90}K_{120}$	29,7	5,3	–	2,5	–	–
3.	$P_{90}K_{150}$	31,9	7,4	–	3,1	–	–
4.	$P_{90}K_{180}$	34,6	10,2	–	3,8	–	–
5.	$N_{100}P_{90}K_{150}$	92,9	44,3	30,4	–	30,4	13,0
6.	$N_{120}P_{90}K_{150}$	103,1	54,5	40,6	–	33,8	15,1
7.	$N_{140}P_{90}K_{150}$	105,9	57,3	43,4	–	31,0	15,1

8.	$N_{100}P_{90}K_{180}$	49,5	24,7	14,9	–	14,9	6,7
9.	$N_{120}P_{90}K_{180}$	54,9	30,1	20,3	–	16,9	7,7
10.	$N_{140}P_{90}K_{180}$	56,5	31,7	21,9	–	15,6	7,7
11.	$N_{120}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$	56,1	31,3	24,2	–	–	8,7
12.	$N_{140}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$	58,2	33,4	23,6	–	–	8,8
	$HCP_{0,5}$	2,40	–	–	–	–	–

Наиболее высокая оплата прибавкой урожая азотных удобрений получена в вариантах, где вносили их в дозах 120 кг/га. На фоне $P_{90}K_{150}$ она составила 33,8 кг сена, или 17,3 к. ед., на фоне $P_{90}K_{180}$ – 33,1 кг сена, или 16,9 к. ед.

Максимальная окупаемость минеральных удобрений (NPK) прибавкой растениеводческой продукции получена в вариантах, где их применяли совместно с медьсодержащим удобрением. В вариантах $N_{120}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$ и $N_{140}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$ она составила соответственно 17,0 и 17,2 кг сена, или 8,7 и 8,8 к. ед.

Основным принципом оценки экономической эффективности удобрений является сопоставление показателей прироста урожая с дополнительными затратами на его получение. Исходя из данных стоимости прибав-

ки урожая, действующих закупочных цен на продукцию, производственных затрат на возделывание многолетних злаковых трав, проведены расчеты экономической эффективности применения минеральных удобрений под злаковые травы [10].

При возделывании многолетних злаковых трав производственные затраты, включающие эксплуатационные затраты, стоимость семян, удобрений, затраты на уборку, транспортировку и доработку дополнительной продукции (сена двух укосов) колебались по вариантам опыта в зависимости от доз применения минеральных удобрений от 217,35 до 560,18 руб. на 1 га, или от 91,17 до 234,98 долл. США (курс доллара США в Национальном банке на 29.06. 2020 г. – 2,3839 руб.) (табл. 2).

Таблица 2. Средние значения производственных затрат на возделывание многолетних трав в период исследований 2016–2019 гг.

	Варианты опыта	Производственные затраты всего, руб. на 1 га	Затраты (руб. на 1 га), в том числе:	
			на приобретение и внесение удобрений	на уборку и доработку дополнительной продукции
1.	$P_{90}K_{120}$	217,35	195,15	22,20
2.	$P_{90}K_{150}$	233,51	201,65	31,86
3.	$P_{90}K_{180}$	252,60	208,15	44,45
4.	$N_{100}P_{90}K_{150}$	427,63	325,68	101,95
5.	$N_{120}P_{90}K_{150}$	475,72	350,48	125,24
6.	$N_{140}P_{90}K_{150}$	507,14	375,29	131,85
7.	$N_{100}P_{90}K_{180}$	443,50	332,18	111,32
8.	$N_{120}P_{90}K_{180}$	492,57	356,98	135,59
9.	$N_{140}P_{90}K_{180}$	524,51	381,79	142,72
10.	$N_{120}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$	526,06	384,78	141,28
11.	$N_{140}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$	560,18	409,59	150,59

Затраты на приобретение и внесение минеральных удобрений колебались в зависимости от их доз от 195,15 до 409,59 руб./га (от 81,86 до 171,81 долл. США/га). Удельный вес затрат на удобрения в производственных затратах составлял 73,1–89,8 %.

Выполненные расчеты показали, что экономическая эффективность минеральных

удобрений на многолетних злаковых травах существенно зависит от доз их внесения. Применение только фосфорных и калийных удобрений было неэффективным. Убытки составляли в зависимости их доз от –115,3 руб./га (–48,36 долл. США/га) в варианте $P_{90}K_{120}$ до –54,7 руб./га (–22,94 долл. США/га) – в варианте $P_{90}K_{180}$ (табл. 3).

Таблица 3. Экономическая эффективность возделывания многолетних злаковых трав в зависимости от доз внесения минеральных удобрений

	Вариант	Стоимость продукции	Производственные затраты	Прибыль (убыток)	Рентабельность (убыточность) производства, %
		руб. на 1 га			
1.	$P_{90}K_{120}$	102,1	217,35	–115,3	–53,0
2.	$P_{90}K_{150}$	143,2	233,51	–90,3	–38,7
3.	$P_{90}K_{180}$	197,9	252,60	–54,7	–21,6
4.	$N_{100}P_{90}K_{150}$	462,5	427,63	34,9	8,2
5.	$N_{120}P_{90}K_{150}$	565,6	475,72	89,8	18,9
6.	$N_{140}P_{90}K_{150}$	545,6	507,14	38,4	7,6
7.	$N_{100}P_{90}K_{180}$	495,7	443,50	52,2	11,8
8.	$N_{120}P_{90}K_{180}$	561,0	492,57	68,5	13,9
9.	$N_{140}P_{90}K_{180}$	623,5	524,51	99,0	18,9
10.	$N_{120}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$	617,2	526,06	91,2	17,3
11.	$N_{140}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$	645,3	560,18	85,1	15,2

Применение на фосфорно-калийных фонах азотных удобрений в дозах от 100 до 140 кг/га способствовало существенному повышению эффективности возделывания многолетних злаковых трав. Так, в варианте $N_{100}P_{90}K_{150}$ прибыль составила 34,9 руб./га (14,64 долл. США/га) и рентабельность производства – 8,2 %. Внесение на этом же фоне 120 кг/га азота (80 кг/га под первый укос и 40 кг/га под второй укос) обеспечило повышение прибыли до 89,8 руб./га (37,67 долл. США) и уровня рентабельности до 18,9 %. Применение более высокой дозы азота (N_{140}) приводило к снижению эффективности удобрений, а рентабельность производства уменьшилась до 7,6 %.

На фоне более высокой дозой фосфорных удобрений ($P_{90}K_{180}$) эффективность ми-

неральных удобрений возрастала. В варианте $N_{100}P_{90}K_{180}$ прибыль составила 52,2 руб./га (21,89 долл. США/га) и рентабельность производства 11,8 %. Внесение на этом же фоне 140 кг/га азота (80 кг/га под первый укос и 60 кг/га под второй) обеспечило наиболее высокую в опыте прибыль, которая составила 99,0 руб./га (41,52 долл. США) при уровне рентабельности 18,9 %.

Применение медьсодержащего удобрения в дозе 80 г/га в виде некорневой обработки трав в начале фазы выхода в трубку в вариантах с $N_{120}P_{90}K_{150}$ и $N_{140}P_{90}K_{150}$ было эффективным приемом. Прибыль составила соответственно 91,2 и 85,1 руб./га (38,25 и 35,79 долл. США/га) с уровнями рентабельности 17,3 и 15,2 %.

Выводы

1. На торфянисто-глеевой почве с оптимальными параметрами обеспеченности ее подвижными формами фосфора и калия наиболее высокую продуктивность многолетних злаковых трав обеспечивают применение $P_{90}K_{180}$ ($P_{90}K_{120}$ – под первый укос и K_{60} – под второй укос), которая составляет 67,9 ц/га сена, или 34,6 ц/га к. ед., и окупаемость удобрений до 7,1 кг сена.

2. Применение азотных удобрений в дозах от 100 до 140 кг/га увеличивает продуктивность многолетних злаковых трав на фоне $P_{90}K_{150}$ от 92,9 до 105,9 ц/га сена, или от 47,4 до 54,0 ц/га к. ед., на фоне $P_{90}K_{180}$ – от 97,0 до

110,7 ц/га сена, или от 49,5 до 56,5 ц/га к. ед. Наиболее высокая окупаемость азотных удобрений прибавкой урожая формируется при внесении их в дозах 120 кг/га. На фоне $P_{90}K_{150}$ она составила 33,8 кг сена, или 17,3 к. ед., на фоне $P_{90}K_{180}$ – 33,1 кг сена, или 16,9 к. ед.

3. Наиболее эффективно под многолетние злаковые травы внесение минеральных удобрений в дозах $N_{140}P_{90}K_{180}$, включая $N_{80}P_{90}K_{120}$ – под первый укос и $N_{60}K_{60}$ – под второй укос. Данная система удобрения обеспечивает продуктивность трав на уровне 110 ц/га сена (56,5 ц/га к. ед.) и прибыль 99,0 руб./га (41,52 долл. США) при уровне рентабельности 18,9 %.

Библиографический список

1. Осушенные торфяные и дерготорфяные почвы в составе сельскохозяйственных земель Республики Беларусь : практ. пособие / В. В. Лапа [и др.] ; под общ. ред. В. В. Лапа ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 215 с.

2. Мееровский, А. С. Проблемы использования и сохранения торфяных почв / А. С. Мееровский, В. П. Трибис // Новости науки и технологий. – 2012. – № 4 (23). – С. 3–9.

3. Эколого-экономическое обоснование мелиорации торфяно-болотных комплексов и технологии их рационального использования / Ковалев Н. Г. [и др.] ; под общ. ред. проф. Ю. А. Мажайского. – Рязань : ФГБОУ ВПО РГТУ, 2012. – 302 с.

4. Справочник нормативных материалов для агрохимического окультуривания почв и эффективного использования удобрений / В. В. Лапа [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017. – 60 с.

5. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26213–91. – Введ. 07.01.1993. – Минск : Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.

6. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО : ГОСТ 26483–85. – Введ. 07.01.1986. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1987. – 4 с.

7. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26207–91. – Введ. 07.01.1993. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 6 с.

8. Почвы. Методы определения общего азота : ГОСТ 26107-84. – Введ. 01.01.1985. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1985. – 6 с.

9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

10. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.] / РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – 24 с.

Поступила 28 июня 2020 г.