

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

Н. Н. Цыбулько¹, Е. Б. Евсеев², И. И. Жукова³

¹*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

²*Институт радиобиологии,
г. Гомель, Беларусь*

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

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].

Торфяные почвы с мощностью торфяной залежи менее 1 м рекомендуется использовать под бобово-злаковыми и злаковыми травами длительного пользования [2]. Предпочтение отдается злаковым травам, которые длительный период сохраняются в травостое, не требуют 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 обеспечение окупаемости 1 кг НРК 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].

Цель настоящей работы – провести оценку агрономической и экономической эффективности применения разных доз минеральных удобрений под многолетние злаковые травы на торфянисто-глеевой почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в 2016–2019 гг. в стационарных полевых опытах на территории землепользования СПК «Новое Полесье» Лунинецкого района Брестской области. Объектом исследования являлась торфянисто-глеевая низинная осушенная, развивающаяся на ростниково-осоковых торфах, подстилаемых с

глубины 0,26 м связными древнеаллювиальными песками, почва. Агрохимические показатели пахотного (0–25 см) слоя почвы следующие (средние значения): органическое вещество – 64,0 %, $N_{\text{общ}}$ – 1,73 %, pH_{KCl} – 5,37; подвижные формы (в 0,2 М HCl) P_2O_5 – 875 и K_2O – 805 мг/кг почвы.

Возделывали многолетнюю среднеспелую злаковую травосмесь, включающую тимофеевку луговую 2 кг/га, овсяницу луговую 5 кг/га, кострец безостый 6 кг/га. Схема опыта, дозы и сроки применения минеральных удобрений приведена в таблице 1.

Таблица 1

Схема применения минеральных удобрений в опыте

Вариант опыта	Дозы удобрений под 1-й укос, кг/га д.в.			Дозы удобрений под 2-й укос, кг/га д.в.		
	N	P	K	N	P	K
1. Контроль (без удобрений)	–	–	–	–	–	–
2. $P_{90}K_{120}$	–	90	90	–	–	30
3. $P_{90}K_{150}$	–	90	90	–	–	60
4. $P_{90}K_{180}$	–	90	120	–	–	60
5. $N_{100}P_{90}K_{150}$	60	90	90	40	–	60
6. $N_{120}P_{90}K_{150}$	80	90	90	40	–	60
7. $N_{140}P_{90}K_{150}$	80	90	90	60	–	60
8. $N_{100}P_{90}K_{180}$	60	90	120	40	–	60
9. $N_{120}P_{90}K_{180}$	80	90	120	40	–	60
10. $N_{140}P_{90}K_{180}$	80	90	120	60	–	60
11. $N_{120}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$	80	90	90	40	–	60
12. $N_{140}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$	80	90	90	60	–	60

Размещение делянок в опыте рендомизированное. 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 [6]; pH_{KCl} – потенциометрическим методом по ГОСТ 26483–85 [7]; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91 [8]; общий азот – по ГОСТ 26107–84 [9]. Полученные данные обрабатывали методами корреляционно-регрессионного и дисперсионного анализа [10] с использованием компьютерного программного обеспечения (*Excel 7.0, Statistic 7.0*).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За период исследований (2016–2019 гг.) метеорологические условия вегетационных периодов (апрель–август) существенно различались. По степени увлажнения 2016 г. характеризовался слабо засушливыми условиями с ГТК 1,28, 2017 год был влажным (ГТК – 2,24), 2018 г. – засушливым (ГТК – 0,97) и 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 P₉₀K₁₂₀ (K₉₀ – под первый укос и K₃₀ – 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 (в 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 (K₁₂₀ – под первый укос и K₃₀ – под второй укос) способствовало росту урожайности – прибавка к контролю составила 19,3 ц/га сена (9,8 ц/га к. ед.) и к варианту P₉₀K₁₅₀ – 5,4 ц/га сена (табл. 2).

Таблица 2

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

Вариант опыта	Урожайность в среднем за 4 года, ц/га	Прибавка, ц/га		Окупаемость удобрений прибавкой, кг		
		к контролю	к РК	РК	N	НРК
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	114,5	65,9	–	–	–	18,3
12. N ₁₄₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + Cu ₈₀	116,0	67,4	–	–	–	17,7
HCP _{0,5}	4,72	–	–	–	–	–
Кормовые единицы						
1. Контроль	24,8	–	–	–	–	–
2. P ₉₀ K ₁₂₀	29,7	4,9	–	2,3	–	–
3. P ₉₀ K ₁₅₀	31,9	7,1	–	3,0	–	–
4. P ₉₀ K ₁₈₀	34,6	9,8	–	3,6	–	–
5. N ₁₀₀ P ₉₀ K ₁₅₀	47,4	22,6	15,5	–	15,5	6,6
6. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀	52,6	27,8	20,7	–	17,3	7,7
7. N ₁₄₀ P ₉₀ K ₁₅₀	54,0	29,2	22,1	–	15,8	7,7
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	58,4	33,6	–	–	–	9,3
12. N ₁₄₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + Cu ₈₀	59,2	34,4	–	–	–	9,0
HCP _{0,5}	2,41	–	–	–	–	–

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_{60} – под второй укос) не способствовало достоверному 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 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 их весеннего отрастания (начало фазы выхода в трубку) медным удобрением обеспечила достоверные прибавки сена, которые составили по отношению к варианту $N_{120}P_{90}K_{150}$ 11,4 ц/га, к варианту $N_{140}P_{90}K_{150}$ – 10,1 ц/га. Максимальная продуктивность многолетних злаковых трав в среднем за 4 года исследований получена в варианте $N_{140}P_{90}K_{150} + Cu_{80}$, которая составила 116,0 ц/га сена, или 59,2 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 (875 мг/кг почвы) и повышенном содержании K_2O (805 мг/кг почвы) окупаемость 1 кг фосфорных и калийных удобрений, внесенных за два укоса трав в дозах $P_{90}K_{120}$ и $P_{90}K_{150}$, составила 4,6 и 5,8 кг сена соответственно. При увеличении дозы калийных удобрений до 180 кг/га (вариант 4) этот показатель возрос до 7,1 кг сена, или 3,8 к. ед.

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 варианте $N_{120}P_{90}K_{150}$ с совместным применением медных удобрений, составившая 18,3 кг сена, или 9,3 к. ед.

Основным принципом оценки экономической эффективности удобрений является сопоставление показателей прироста урожая с дополнительными затратами на его получение. Исходя из этого, на основе данных стоимости прибавки урожая, действующих закупочных цен на продукцию, производственных затрат на возделывание многолетних злаковых трав проведены расчеты экономической эффективности применения минеральных удобрений под злаковые травы [95].

При возделывании многолетних злаковых трав производственные затраты, включающие стоимость удобрений и затраты на их внесение, затраты на уборку, транспортировку и доработку дополнительной продукции (сена 2-х укосов трав), колебались по вариантам опыта в зависимости от доз применения минеральных

удобрений от 220,86 до 584,51 рублей на 1 га (от 90,88 до 240,54 долл. США). Затраты на приобретение и внесение минеральных удобрений изменялись в зависимости от их доз от 195,07 до 409,50 руб./га (от 80,27 до 168,52 долл. США/га) (табл. 3).

Таблица 3

Затраты на приобретение и внесение удобрений, уборку и доработку дополнительной продукции (сена), в среднем за 4 года исследований

Вариант опыта	Общие затраты, рублей на 1 га	В том числе, рублей на 1 га	
		затраты на приобретение и внесение удобрений	затраты на уборку и доработку дополнительной продукции
1. P ₉₀ K ₁₂₀	220,86	195,07	25,79
2. P ₉₀ K ₁₅₀	238,43	201,41	37,02
3. P ₉₀ K ₁₈₀	259,41	207,75	51,66
4. N ₁₀₀ P ₉₀ K ₁₅₀	444,03	325,55	118,48
5. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀	495,91	350,37	145,54
6. N ₁₄₀ P ₉₀ K ₁₅₀	528,43	375,20	153,23
7. N ₁₀₀ P ₉₀ K ₁₈₀	461,26	331,89	129,37
8. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	514,28	356,71	157,57
9. N ₁₄₀ P ₉₀ K ₁₈₀	547,40	381,54	165,86
10. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + Cu ₈₀	548,86	384,67	164,19
11. N ₁₄₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + Cu ₈₀	584,51	409,50	175,01

Примечание. Среднегодовой курс доллара США по данным Национального банка РБ за 2020-й год составлял 2,43 рубля.

Выполненные расчеты показали, что экономическая эффективность минеральных удобрений на многолетних злаковых травах существенно зависит от их доз. Внесение только фосфорных и калийных удобрений было неэффективным. Так, в варианте с применением P₉₀K₁₂₀ при стоимости полученной прибавки урожая 104,34 рублей на 1 га убыток составил –116,52 руб./га (–48,36 долл. США/га). При увеличении доз калийных удобрений стоимость продукции возрастала за счет роста прибавки урожая, однако внесение фосфорных и калийных удобрений также было убыточным (табл. 4).

Таблица 4

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

Вариант опыта	Стоимость продукции	Общие затраты	Условный чистый доход (убыток)	Рентабельность (убыточность) применения удобрений, %
1. P ₉₀ K ₁₂₀	104,34	220,86	–116,52	–52,8
2. P ₉₀ K ₁₅₀	146,34	238,43	–92,09	–38,6
3. P ₉₀ K ₁₈₀	202,27	259,41	–57,14	–22,0
4. N ₁₀₀ P ₉₀ K ₁₅₀	472,70	444,03	28,67	6,5

Вариант опыта	Стоимость продукции	Общие затраты	Условный чистый доход (убыток)	Рентабельность (убыточность) применения удобрений, %
	рублей на 1 га			
5. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀	577,99	495,91	82,08	16,6
6. N ₁₄₀ P ₉₀ K ₁₅₀	557,56	528,43	29,13	5,5
7. N ₁₀₀ P ₉₀ K ₁₈₀	506,60	461,26	45,34	9,8
8. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	573,37	514,28	59,09	11,5
9. N ₁₄₀ P ₉₀ K ₁₈₀	637,22	547,40	89,82	16,4
10. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + Cu ₈₀	642,93	548,86	94,07	17,1
11. N ₁₄₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + Cu ₈₀	659,46	584,51	74,95	12,8

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 N₁₀₀P₉₀K₁₅₀ получен условный чистый доход 28,67 руб./га (11,80 долл. США/га) и рентабельность применения удобрений – 6,5 %. Внесение на этом же фоне 120 кг/га азота (80 кг кг/га под первый укос и 40 кг/га под второй укос) обеспечило повышение условного чистого дохода до 82,08 руб./га (33,78 долл. США) и уровня рентабельности – до 16,6 %. При применении более высокой дозы азота (N₁₄₀) наблюдалось снижение эффективности удобрений – рентабельность уменьшилась до 5,5 %.

На фоне с более высокой дозой калийных удобрений (P₉₀K₁₈₀) эффективность минеральных удобрений возрастала. В варианте N₁₀₀P₉₀K₁₈₀ прибыль составила 45,34 руб./га (18,66 долл. США/га) и рентабельность производства – 9,8 %. Внесение на этом же фоне 140 кг/га азота (80 кг кг/га под первый укос и 60 кг/га под второй укос) обеспечило условный чистый доход 89,82 руб./га (36,96 долл. США), при уровне рентабельности 16,4 %.

Наиболее эффективным было применение минеральных и медных удобрений. Самый высокий условный чистый доход – 94,07 руб./га (38,7 долл. США/га) и рентабельность производства – 17,1 % получены в варианте с внесением N₁₂₀P₉₀K₁₅₀ и некорневой обработки трав медью в дозе 80 г/га.

ВЫВОДЫ

На торфянисто-глеевой почве с запасом в ранневесенний период минерального азота 50–55 кг/га, высокой обеспеченностью подвижным фосфором (875 мг/кг), повышенной обеспеченностью подвижным калием (805 мг/кг) и средней обеспеченностью подвижной медью (7,15–7,99 мг/кг) наиболее эффективной системой удобрения многолетних среднеспелых злаковых трав является дробное применение N₁₂₀(N₈₀ – под первый укос и N₄₀ – под второй укос) на фоне P₉₀K₁₅₀ совместно с некорневой подкормкой медью (Cu₈₀). Данная система удобрения обеспечивает условный чистый доход 94,07 руб./га (38,71 долл. США/га), рентабельность – 17,1 % и окупаемость удобрений – 18,3 кг сена, или 9,3 к. ед.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осушенные торфяные и дегроторфяные почвы в составе сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практическое 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 / под общ. ред. Ю. А. Мажайского. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 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. Система применения удобрений: учебник / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 440 с.
6. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26212–91. – Введ. 1993.07.01. – Минск: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
7. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение рН по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483–85. – Введ. 07.01.86. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1987. – 4 с.
8. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207–91. – Введ. 07.01.93. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 6 с.
9. Почвы. Методы определения общего азота: ГОСТ 26107-84. – Введ. 07.01.85. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1985. – 6 с.
10. *Доспехов, Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

**AGRONOMIC AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE APPLICATION
MINERAL FERTILIZERS FOR PERENNIAL GRASSES
ON PEAT-GLEY SOIL**

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

Summary

On peaty-gley soil with content of mineral nitrogen in the early spring period of 50–55 kg/ha, a high supply of mobile phosphorus (875 mg/kg), an increased supply of mobile potassium (805 mg/kg) and an average supply of mobile copper (7,15–7,99 mg/kg), the most effective system for fertilizing perennial grasses is the use of $N_{120}P_{90}K_{150}$ together with non-root fertilization with copper (Cu_{80}). This fertilizer system provides a conditional net income of 94,07 rubles/ha (38,71 US dollars/ha), a profitability of – 17,1 % and a return on fertilizer of – 18,3 kg of hay, or 9,3 feed units.

Поступила 13.04.21