

УДК 631.445.12

Об эффективности известкования торфяно-болотных почв низинного типа

Введение

В настоящее время в аграрном секторе Беларуси используется около 890 тыс. га мелиорированных торфяно-болотных почв, 65% из которых относится к маломощным (с толщиной оставшегося торфяного слоя, не превышающей 1 м). Эти почвы формируются в условиях богатого минерального питания. Для них характерны повышенное содержание золы (6–50%), нейтральная или слабокислая реакция среды, большое разнообразие физико-химических свойств. Встречаются эти почвы преимущественно в поймах рек, на местах больших озер, реже – на плоских водоразделах с глубоким стоянием грунтовых вод [1].

Основным требованием при сельскохозяйственном использовании почв данного типа является максимальное сохранение органического вещества. В наибольшей степени оно достигается при лугопастбищном использовании. На торфяных почвах низинного типа многолетние травы дают высокие и устойчивые урожаи, что позволяет обеспечивать стабильную кормовую базу для животноводства и сохранять органическое вещество на протяжении длительного срока [2].

После проведения гидротехнической мелиорации плодородие почв рассматриваемого типа остается низким по причине их недостаточной окультуренности. Зачастую они отличаются низким уровнем обеспеченности элементами питания, а также повышенной кислотностью. На таких почвах получение высоких и стабильных урожаев трав возможно лишь при проведении соответствующих агротехнических мероприятий.

Перечисленными обстоятельствами обусловлена необходимость повышения эффективного и потенциального плодородия торфяно-болотных почв путем применения средств химизации (известковых мелиорантов и минеральных удобрений).

Дозы данных веществ, использованных в ходе проводимого нами исследования, соответствовали приведенным в рекомендациях для сельхозпроизводителей, касающихся вопросов известкования кислых торфяно-болотных почв.

Цель исследований состояла в изучении влияния известковых удобрений на продуктивность многолетних злаковых трав при сенокосном использовании упомянутых почв.

Методика и условия проведения исследований

Полевые исследования проводились в южной зоне Республики Беларусь, на осушенной маломощной торфяно-болотной почве низинного типа, развитой на осоково-тростниковых торфах, имевшей степень разложения органического вещества 25%. Поле, на котором был заложен опыт, было сдано в эксплуатацию в 1983 г. Его осушение выполнялось с использованием гончарного дренажа и сети открытых коллекторов.

Почва опытного участка характеризовалась очень высоким (37%) содержанием золы. Объемная масса для слоя 0–20 см составляла 0,34 г/см³, что типично для высокзолых торфяных почв.

Пахотный горизонт опытного участка имел следующие агрохимические показатели: рН_{KCl} – 3,9–4,3, гидролитическая кислотность – 47,2, емкость катионного обмена – 96,0 мг-экв/100 г, сумма по-

глощенных оснований – 48,8 мг-экв/100 г, степень насыщенности основаниями – 51%. Содержание подвижного фосфора было низким, обменного калия – очень низким (соответственно 210 мг/кг и 149 мг/кг почвы).

Схема опыта предусматривала изучение влияния на эффективность аграрного производства различных доз извести и минеральных удобрений.

Объемы использования первого из упомянутых веществ (CaCO_3) составляли:

не вносилось (на кислой почве);

5 т/га;

10 т/га;

15 т/га.

На контрольных участках минеральные удобрения не вносились. На остальных применялись РК и НРК.

Известкование проводилось в марте под вспашку, в год закладки опыта. Минеральные удобрения применялись в дозах $\text{N}_{60}\text{P}_{150}\text{K}_{180}$. В последующие годы удобрения в форме аммиачной селитры, суперфосфата и хлористого калия вносились из расчета $\text{N}_{100}\text{P}_{110}\text{K}_{150}$ в 2 срока: ранней весной ($\text{N}_{50}\text{P}_{110}\text{K}_{80}$) и после 1-го укоса ($\text{N}_{50}\text{K}_{70}$).

Общая площадь делянки составляла 48 м² (6 × 8 м), учетная – 24 м² (4 × 6 м). Каждый из блоков был расположен изолированно. Ширина разделительной полосы между блоками равнялась 4 м. Повторность опыта была 4-кратной.

Посев осуществлялся в 1-й год проведения исследований, в июне. Использовалась беспокровно злаковая травосмесь, имевшая следующие нормы высева: тимофеевка луговая – 8 кг/га, овсяница тростниковая – 7 кг/га, кострец безостый – 11 кг/га. В 1-й год проводился 1 укос трав, в последующие – по 2 укоса (методом сплошного учета урожая, с отбором растительных образцов). Все данные об урожаях относятся к воздушно-сырому веществу.

Целями применения удобрений были увеличение объемов производства продукции растениеводства и повышение плодородия почв. По некоторым данным, более половины прибавки урожая обеспечивало внесение удобрений [3].

Для оценки результатов применения упомянутых веществ нами по методике БелНИИПА рассчитана агрономическая эффективность (прибавка урожая на единицу удобрений) [4].

Наряду с размерами прибавок, обеспечиваемых благодаря использованию удобрений, определен ряд экономических показателей, в том числе чистый доход от удобрений (на 1 руб. затрат и 1 кг НРК). Отметим, что в условиях нестабильности цен на удобрения, технику и продукцию растениеводства определение результатов внесения удобрений в денежном выражении затруднительно. Более объективные результаты могут быть получены при определении энергетической эффективности данной операции.

Энергетическая эффективность применения удобрений – показатель, устанавливающий соотношение между объемами энергии, содержащимися в прибавке урожая от удобрений, и затраченными на их применение. Расчет значения данного показателя позволяет установить, окупает ли полученная прибавка затраты на применение удобрений и доработку дополнительной продукции.

При проведении соответствующих расчетов нами использовалась «Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений» [5]. Поскольку период действия извести превышает 6 лет, а исследования осуществлялись лишь в первые 3 года после ее внесения, на данное вещество отнесено 50% энергетических и материальных затрат. В связи с тем, что ПВК (полиметаллический водный концентрат) относится к полезным ископаемым, учтены только энергетические и материальные затраты на его транспортировку и внесение.

Результаты расчетов показывают, что в прибавке урожая сена многолетних злаковых трав наибольшее количество валовой энергии (92,6 ГДж) было накоплено при внесении в почву CaCO_3 в количестве 10 т/га на фоне фосфорно-калийных удобрений. Внесение указанной дозы извести позволяло накапливать в среднем 69,1 ГДж общей энергии. Близкое значение прибавки урожая было

получено при совместном внесении навоза и 10 т/га CaCO_3 . Увеличение объема внесения упомянутого мелиоранта до 15 т/га не приводило к накоплению энергии в прибавке урожая.

Коэффициент энергоотдачи представляет собой отношение валовой энергии, накопленной в прибавке урожая от применения органических и известковых удобрений, к энергетическим затратам, связанным с их применением (производством, транспортировкой и внесением, а также уборкой урожая и доработкой прибавки). Самые высокие значения данного показателя (3,18–3,46) были получены при внесении CaCO_3 в дозах 5 т/га и 10 т/га соответственно (см. табл. 1).

Таблица 1. Энергетическая оценка эффективности известковых удобрений

Варианты опыта	Суммарная урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Содержание валовой энергии, ГДж	Энергозатраты, ГДж	Коэффициент энергоотдачи
<i>Без удобрений</i>					
Без извести	30,6	–	–	–	–
5 т/га CaCO_3	49,0	18,4	28,4	13,5	2,10
10 т/га CaCO_3	78,6	48,0	74,2	27,9	2,66
15 т/га CaCO_3	64,6	34,0	52,6	37,7	1,40
<i>РК</i>					
Без извести	76,5	–	–	–	–
5 т/га CaCO_3	107,7	31,2	48,2	14,9	3,23
10 т/га CaCO_3	136,4	59,9	92,6	29,1	3,18
15 т/га CaCO_3	106,5	30,0	46,4	37,3	1,24
<i>НПК</i>					
Без извести	187,4	–	–	–	–
5 т/га CaCO_3	221,2	33,8	52,3	15,1	3,46
10 т/га CaCO_3	213,5	26,1	40,4	23,6	1,58
15 т/га CaCO_3	221,2	33,8	52,3	37,7	1,39
<i>Среднее</i>					
Без извести	98,2	–	–	–	–
5 т/га CaCO_3	126,0	27,8	43,0	14,5	2,97
10 т/га CaCO_3	142,8	44,6	69,1	27,5	2,51
15 т/га CaCO_3	130,8	32,6	50,4	37,7	1,34

Энергетическая эффективность резко снижалась при увеличении доз известковых удобрений, а также совместном внесении последних с органическими. Соответственно изменялись и удельные энергозатраты на единицу прибавки урожая. При внесении 10 т/га CaCO_3 значение последнего показателя составило 635 МДж/ц, при 15 т/га CaCO_3 оно выросло до 1315 МДж/ц.

Более высокая энергоотдача (по сравнению с обеспечиваемой известкованием) была получена от использования минеральных удобрений (см. табл. 2).

Таблица 2. Энергетическая оценка эффективности минеральных удобрений

Варианты опыта	Суммарная урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Содержание валовой энергии, ГДж	Энергозатраты, ГДж	Коэффициент энергоотдачи
<i>Без извести</i>					
Без удобрений	30,6	–	–	–	–
РК	76,5	45,9	71,0	20,31	3,50
НПК	187,4	156,8	242,4	55,4	4,37
<i>5 т/га CaCO_3</i>					
Без удобрений	49,0	–	–	–	–
РК	107,7	58,7	90,8	21,7	4,18
НПК	221,2	172,2	266,2	57,1	4,66

Варианты опыта	Суммарная урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Содержание валовой энергии, ГДж	Энергозатраты, ГДж	Коэффициент энергоотдачи
<i>10 т/га CaCO₃</i>					
Без удобрений	78,6	–	–	–	–
PK	136,4	57,8	89,4	21,6	4,14
NPK	213,5	134,9	208,6	53,1	3,93
<i>15 т/га CaCO₃</i>					
Без удобрений	64,6	–	–	–	–
PK	106,5	41,9	64,8	19,9	3,26
NPK	221,2	156,6	242,1	55,4	4,37
<i>Среднее</i>					
Без удобрений	48,2	–	–	–	–
PK	106,8	58,6	78,0	20,9	3,78
NPK	210,8	162,6	239,8	55,2	4,34

Содержание энергии в прибавке урожая, обеспечиваемой использованием полного минерального удобрения, варьировало в пределах от 208,6 ГДж до 242,4 ГДж. Слабо различалась энергоотдача и при внесении CaCO₃ в дозах от 5 т/га до 10 т/га. В данных случаях энергетическая эффективность применения минеральных удобрений не зависела от кислотности торфяно-болотной почвы.

Проведенный экономический анализ показал рентабельность внесения известковых мелиорантов, дозы которых определяли значения соответствующего показателя.

Наибольший чистый доход от известкования (211,2 USD) был получен при внесении 10 т/га CaCO₃. Уменьшение дозы данного вещества до 5 т/га снижало величину чистого дохода до 111,2–122,4 USD в зависимости от уровня минерального питания.

В среднем по опыту более высокий доход (144,3 USD) был получен при дозе CaCO₃, равнявшейся 10 т/га. Окупаемость затрат при внесении извести в объемах 5 т/га и 10 т/га составляла 2,70–3,01 USD на единицу затрат.

Анализ полученных в ходе исследования данных показал, что внесение минеральных удобрений является экономически обоснованной операцией.

Наиболее эффективным в опыте аграрным приемом оказалось применение полного минерального удобрения. При его использовании чистый доход и окупаемость затрат были значительно большими, чем при внесении фосфорно-калийных удобрений. Применение полного минерального удобрения позволяло (в зависимости от доз извести) получать чистый доход в размере 398,1–561,8 USD при окупаемости затрат, равной 1,58–2,09 USD.

Единственными микроудобрениями, обеспечившими в опыте несколько больший доход, оказались медные. Однако эффект от их применения был отмечен только при внесении 5 т/га и 10 т/га CaCO₃. В этом случае чистый доход составил 483,8–564,9 USD при окупаемости затрат 1,71–1,94 USD.

Более подробно полученные в ходе исследования данные представлены в таблицах 3, 4, 5, 6 и 7.

Таблица 3. Экономическая оценка применения известковых удобрений

Варианты опыта	Суммарная урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, USD	Затраты на получение прибавки, USD	Чистый доход, USD	Чистый доход на единицу затрат, USD
<i>Без удобрений</i>						
Без извести	30,6	–	–	–	–	–
5 т/га CaCO ₃	49,0	18,4	88,7	33,9	54,8	1,62
10 т/га CaCO ₃	78,6	48,0	231,5	72,8	158,7	2,18
15 т/га CaCO ₃	64,6	34,0	163,9	92,5	71,4	0,77

Варианты опыта	Суммарная урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, USD	Затраты на получение прибавки, USD	Чистый доход, USD	Чистый доход на единицу затрат, USD
<i>PK</i>						
Без извести	76,5	–	–	–	–	–
5 т/га CaCO ₃	107,7	31,2	150,8	39,6	111,2	2,81
10 т/га CaCO ₃	136,4	59,9	289,2	78,0	211,2	2,70
15 т/га CaCO ₃	106,5	30,0	144,8	90,7	54,1	0,60
<i>NPK</i>						
Без извести	187,4	–	–	–	–	–
5 т/га CaCO ₃	221,2	33,8	163,1	40,7	122,4	3,01
10 т/га CaCO ₃	213,5	26,1	126,1	63,2	62,2	0,97
15 т/га CaCO ₃	221,2	33,8	163,1	92,4	70,7	0,77
<i>Среднее</i>						
Без извести	98,2	–	–	–	–	–
5 т/га CaCO ₃	126,0	27,8	134,2	38,1	96,1	2,52
10 т/га CaCO ₃	142,8	44,6	215,6	71,3	144,3	2,02
15 т/га CaCO ₃	130,8	32,6	157,3	91,9	65,4	0,71

Таблица 4. Экономическая оценка применения минеральных удобрений

Варианты опыта	Суммарная урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, USD	Затраты на получение прибавки, USD	Чистый доход, USD	Чистый доход на единицу затрат, USD
<i>Без извести</i>						
Без удобрений	30,6	–	–	–	–	–
PK	76,5	45,9	221,3	183,1	38,2	0,21
NPK	187,4	156,8	756,6	262,4	494,2	1,88
<i>5 т/га CaCO₃</i>						
Без удобрений	49,0	–	–	–	–	–
PK	107,7	58,7	283,3	188,7	94,6	0,50
NPK	221,2	172,2	831,0	269,2	561,8	2,09
<i>10 т/га CaCO₃</i>						
Без удобрений	78,6	–	–	–	–	–
PK	136,4	57,8	279,0	188,3	90,7	0,48
NPK	213,5	134,9	650,9	232,8	398,1	1,58
<i>15 т/га CaCO₃</i>						
Без удобрений	64,6	–	–	–	–	–
PK	106,5	41,9	202,1	181,3	20,8	0,12
NPK	221,2	156,6	755,8	262,4	493,4	1,88
<i>Среднее</i>						
Без удобрений	48,2	–	–	–	–	–
PK	106,8	58,6	263,9	185,4	78,5	0,42
NPK	210,8	162,6	748,6	261,7	486,9	1,86

Таблица 5. Энергетическая оценка эффективности известковых удобрений, ГДж

Варианты	5 т/га CaCO ₃	10 т/га CaCO ₃	15 т/га CaCO ₃
<i>Содержание валовой энергии в прибавке урожая</i>			
Контроль	28,4	74,2	52,6
PK	48,2	92,6	46,4
NPK	52,3	40,4	52,3
NPK+Cu	45,6	62,8	31,2
NPK+Zn	21,3	59,2	26,7
NPK+ПВК	16,5	71,9	46,2

Варианты	5 т/га CaCO ₃	10 т/га CaCO ₃	15 т/га CaCO ₃
<i>Энергозатраты на получение прибавки от известковых удобрений</i>			
Контроль	13,5	27,9	37,7
PK	14,9	29,4	37,3
NPK	15,1	25,6	37,7
NPK+Cu	14,7	27,1	36,2
NPK+Zn	13,0	26,9	35,9
NPK+ПВК	12,7	27,7	37,3
<i>Коэффициент энергоотдачи от известковых удобрений</i>			
Контроль	2,11	2,66	1,39
PK	3,25	3,18	1,24
NPK	3,45	1,58	1,39
NPK+Cu	3,11	2,31	0,86
NPK+Zn	1,64	2,20	0,74
NPK+ПВК	1,30	2,59	1,24

Таблица 6. Энергетическая оценка эффективности минеральных удобрений, ГДж

Варианты	Без извести	5 т/га CaCO ₃	10 т/га CaCO ₃	15 т/га CaCO ₃
<i>Содержание валовой энергии в прибавке урожая</i>				
PK	71,0	90,8	89,4	64,8
NPK	242,4	266,2	208,6	242,1
NPK+Cu	257,1	274,3	245,7	235,8
NPK+Zn	256,9	249,8	241,9	231,1
NPK+ПВК	241,6	229,7	239,3	235,3
<i>Энергозатраты на получение прибавки от макро- и микроудобрений</i>				
PK	20,3	21,7	21,6	19,9
NPK	55,4	57,1	53,1	55,4
NPK+Cu	57,5	58,6	56,7	56,0
NPK+Zn	57,6	57,1	56,6	55,8
NPK+ПВК	56,1	55,3	55,9	55,7
<i>Коэффициент энергоотдачи от макро- и микроудобрений</i>				
PK	3,49	4,19	4,14	3,26
NPK	4,37	4,67	3,92	4,37
NPK+Cu	4,47	4,68	4,33	4,21
NPK+Zn	4,46	4,37	4,28	4,14
NPK+ПВК	4,31	4,16	4,28	4,2

Таблица 7. Экономическая оценка эффективности известковых удобрений, USD

Варианты	5 т/га CaCO ₃	10 т/га CaCO ₃	15 т/га CaCO ₃
<i>Стоимость прибавки урожая</i>			
Контроль	88,7	231,5	163,9
PK	150,8	289,2	144,8
NPK	163,1	126,1	163,1
NPK+Cu	142,3	195,7	97,6
NPK+Zn	66,7	184,7	83,6
NPK+ПВК		224,2	144,4
<i>Чистый доход</i>			
Контроль	54,8	158,7	71,4
PK	11,2	211,2	54,1
NPK	122,4	62,9	70,7

Варианты	5 т/га CaCO ₃	10 т/га CaCO ₃	15 т/га CaCO ₃
NPK+Cu	103,5	126,2	11,2
NPK+Zn	34,8	116,2	-1,5
NPK+ПВК	21,2	152,1	53,7
<i>Затраты на получение прибавки урожая</i>			
Контроль	33,9	72,8	92,5
PK	39,6	78,0	90,7
NPK	40,7	63,2	92,4
NPK+Cu	38,8	69,5	86,4
NPK+Zn	31,9	68,5	85,1
NPK+ПВК	30,5	72,1	90,7
<i>Чистый доход на единицу затрат</i>			
Контроль	1,62	2,18	0,77
PK	2,81	2,70	0,60
NPK	3,01	0,97	0,77
NPK+Cu	2,67	1,82	0,13
NPK+Zn	1,09	1,70	-0,02
NPK+ПВК	0,69	2,11	0,59

Таблица 8. Экономическая оценка эффективности минеральных удобрений, USD

Варианты	Без извести	5 т/га CaCO ₃	10 т/га CaCO ₃	15 т/га CaCO ₃
<i>Стоимость прибавки урожая</i>				
PK	221,3	283,3	279,0	202,1
NPK	756,6	831,0	650,9	755,8
NPK+Cu	802,8	856,3	767,1	736,1
NPK+Zn	802,4	780,1	755,4	721,5
NPK+ПВК	754,4	717,4	747,1	734,3
<i>Чистый доход</i>				
PK	38,2	94,6	90,7	20,8
NPK	494,2	561,8	398,1	493,4
NPK+Cu	516,2	564,9	483,8	455,6
NPK+Zn	512,2	491,9	469,5	438,6
NPK+ПВК	472,2	438,6	465,6	454,0
<i>Затраты на получение прибавки урожая</i>				
PK	183,1	188,7	188,3	181,3
NPK	262,4	269,2	252,8	262,4
NPK+Cu	286,6	291,4	283,3	280,5
NPK+Zn	290,2	288,2	285,9	282,9
NPK+ПВК	282,2	278,8	281,5	280,3
<i>Чистый доход на единицу затрат</i>				
PK	0,21	0,50	0,48	0,12
NPK	1,88	2,09	1,58	1,88
NPK+Cu	1,80	1,94	1,71	1,62
NPK+Zn	1,76	1,71	1,64	1,55
NPK+ПВК	1,67	1,57	1,65	1,62

Выводы

Результаты энергетического и экономического анализа результатов полевых исследований убедительно подтверждают сделанные ранее заключения. Наиболее энергетически и экономически обоснованными для кислых маломощных торфяных почв дозами CaCO₃ являются 5 т/га и 10 т/га. Отметим, что чистый доход и рентабельность существенно возрастают при внесении полного минерального удобрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оношко, Б.Д. Культура болот. Научные основы и агротехника / Б.Д. Оношко. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1934. – 573 с.
2. Барановский, А.З. Влияние минеральных удобрений на продуктивность торфяно-болотных почв и эффективное использование элементов питания / А.З. Барановский // Мелиорация переувлажненных земель: сб. науч. тр. – Минск, 1995. – Т. XLII. – С. 246–260.
3. Справочная книга по химизации сельского хозяйства / под ред. В.М. Борисова. – М., Колос, 1980. – 560 с.
4. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 1988. – 30 с.
5. Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений / Г.В. Василюк [и др.]. – Минск, 1996. – 50 с.

РЕЗЮМЕ

В статье представлены данные о влиянии известковых удобрений на продуктивность многолетних злаковых трав при сенокосном использовании торфяных почв. Дана экономическая и энергетическая оценка использования известковых мелиорантов при различных схемах применения минеральных удобрений.

SUMMARY

Data of limy fertilizers influence on efficiency of long-term cereal herbs at haying use of peat soils are presented in the article. The economic and power assessment of doses of lime application at various systems of mineral fertilizer is given.