



Петр ТИВО¹, Николай СОЛОВЦОВ²,

Анатолий ЛОПАТНЮК², Людмила ЛОПАТНЮК³

¹ *Институт мелиорации НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь
e-mail: niimel@mail.ru*

² *Институт системных исследований
в АПК НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь
e-mail: agreconst@mail.belpak.by*

³ *Белорусский государственный аграрный
технический университет, Минск, Республика Беларусь
e-mail: timteremok@mail.ru*

УДК 631.821(476)

Оценка влияния агрохимической мелиорации на повышение эффективности малопродуктивных кислых почв

Рассматривается влияние агрохимической мелиорации на уровень эффективности малопродуктивных кислых почв и урожайность различных сельскохозяйственных культур. Показано, что оптимальные уровни pH на торфяных почвах заметно ниже, чем на минеральных. Это обусловлено различной природой кислотности. В первом случае она определяется ионом водорода, а во втором – водородом и еще более вредным алюминием. Приведены данные о наличии осушенных торфяных почв по группам кислотности в масштабах страны. Даны рекомендации по повышению эффективности известкования малопродуктивных кислых почв.

Ключевые слова: агрохимическая мелиорация, кислые почвы, известкование, дозы внесения, эффективность.

Pyotr TIVO¹, Nikolay SOLOVTSOV²,

Anatoliy LOPATNYUK², Lyudmila LOPATNYUK³

¹ *The Institute of Melioration of NAS of Belarus, Minsk, Republic of Belarus
e-mail: niimel@mail.ru*

² *The Institute of System Researches in Agroindustrial
Complex of NAS of Belarus, Minsk, Republic of Belarus
e-mail: agreconst@mail.belpak.by*

³ *Belarusian State Agrotechnical University, Minsk, Republic of Belarus
e-mail: timteremok@mail.ru*

Impact assessment of agrochemical melioration on efficiency increase of unproductive sour soils

The influence of agrochemical melioration on efficiency increase of unproductive sour soils and productivity of various crops is considered. It is shown that optimum pH levels on peat soils are much lower than on mineral ones. It is caused with various acidity nature. In the first case it is defined by a hydrogen ion, and in the second – hydrogen and even more harmful aluminum. Data on existence of the drained peat soils on groups of acidity in the conditions of the republic are provided. Recommendations about efficiency increase of lime application of unproductive sour soils are made.

Keywords: agrochemical reclamation, acid soils, liming, fertilizer doses, efficiency.

Введение

Вопросы эффективного использования сельскохозяйственных земель были и остаются приоритетными в народном хозяйстве нашей страны. В условиях интенсификации аграрного производства резко возрастает роль известкования кислых почв.

Агрохимическая мелиорация представляет собой комплекс организационно-хозяйственных и технических мероприятий, направленных на использование химических компонентов для длительного улучшения условий сельскохозяйственного производства. Проведение соответствующих работ вызывает в почвах значительные изменения: снижается или даже полностью устраняется кислотность, активизируется жизнедеятельность микроорганизмов в благоприятном для растений направлении. Кроме того, в результате известкования ускоряется развитие корневой системы сельскохозяйственных культур, прежде всего многолетних трав, относящихся к важным источникам органических веществ в почве. Как следствие, улучшается структура последней, водно-воздушный и питательный режимы, повышается эффективность средств химизации земледелия.

Основная часть

Практика агрохимической мелиорации кислых почв имеет многовековую историю. Первое упоминание о ней можно найти у Плиния Старшего, римского ученого I века нашей эры. В начале XIX века известкование широко применялось в сельском хозяйстве ряда стран Европы. По этому поводу А. Н. Соколовский в свое время писал, что отыскание и применение мергеля привело Северную Германию от бедности к богатству, а из бесплодных пустошей создало благословенную землю.

В дореволюционный период известь в сельском хозяйстве Российской империи не использовалась, хотя первая магистерская диссертация по известкованию была защищена И. А. Стебутом в 1865 г. В СССР у истоков научных исследований в этой области стояли Д. Н. Прянишников, К. К. Гедройц, О. К. Кедров-Зихман, С. С. Ярусов, Д. Л. Аскинази, Н. П. Ремезов, С. В. Щерба, Н. С. Авдонин, М. Ф. Корнилов, В. И. Шемпель и иные ученые. Особенно большой вклад в решение соответствующих задач внесли академик О. К. Кедров-Зихман и его ученики. Упомянутый исследователь сформулировал основное теоретическое положение современного известкования, которое заключается в том, что для улучшения агрохимических свойств почв прежде всего необходимо устранить их избыточную кислотность, понизив ее до приемлемого уровня. С учетом этого ученым были рекомендованы полные или нормальные дозы извести, близкие к рассчитанным по однократной гидролитической кислотности, а также разработаны приемы и способы применения малых доз данного вещества.

Роль известкования заключается в дополнительной мобилизации питательных веществ из почвы, а также экономном использовании минеральных и органических удобрений. Под влиянием данного агрохимического приема усиливаются процессы превращения одних соединений фосфора и азота в другие, лучше усвояемые растениями [1, 2]. Это является результатом взаимодействия извести с фосфатами железа и алюминия, которые переходят в фосфаты кальция. Наряду с этим, в результате усиления биологических процессов разложения фосфорорганических соединений высвобождаются преимущественно доступные растениям минеральные элементы. Благодаря усилению минерализации органического азота почвы, известкование существенно влияет и на азотный режим. Скорость и полнота воздействия извести зависят от равномерности ее внесения в пахотный слой.

Возможны не только положительные, но и отрицательные последствия известкования. Примером последних может служить резкое усиление минерализации органического вещества почвы при избыточных дозах известковых удобрений, сопровождающееся уменьшением содержания гумуса, усилением денитрификации, снижением доступности некоторых микроэлементов (меди, бора и др.), а также подщелачиванием почвы, недопустимым для льна и картофеля.

Подходы к определению потребности почв, в известковании в отдельных странах заметно различаются. Прежде всего это касается торфяников. Так, в Германии не проводится регулирование реакции среды, если рН превышает 4,0–4,5. К тому же этот показатель определяется в вытяжке не 1 М KCl, а 0,1 М. В последнем случае его значение оказывается на 0,2–0,4 единицы выше, чем в первом [3].

Исследования, выполненные зарубежными и отечественными учеными на дерново-подзолистых почвах, показали, что известь обеспечивает сдвиг почвенной кислотности в благоприятную сторону, увеличивая сумму поглощенных оснований и степень насыщенности ими почвенного поглощающего комплекса [1]. Это наблюдалось нами и на маломощной торфяной почве низинного типа. О реакции среды осушенных торфяников в Республике Беларусь можно судить по данным, приведенным в таблице 1.

Таблица 1. Градация торфяных почв в регионах Беларуси по группам кислотности

Регионы	Площадь, га	Группы кислотности, %							Средневзвешенный pH
		I	II	III	IV	V	VI	VII	
		<4,00	4,01–4,50	4,51–5,00	5,01–5,50	5,51–6,00	6,01–6,50	>6,50	
<i>Пахотные почвы</i>									
Брестская область	67879	0,1	2,3	26,4	43,6	19,3	6,1	2,2	5,29
Витебская область	8037	0,4	1,2	8,1	25,9	26,8	16,4	21,2	5,89
Гомельская область	61418	0,2	1,9	17,1	44,1	24,5	11,7	0,5	5,40
Гродненская область	2839		0,3	11,0	27,9	24,1	16,4	20,3	5,88
Минская область	89928	0,2	1,8	18,5	37,0	27,2	12,2	3,1	5,48
Могилевская область	3022		1,6	14,7	37,6	25,1	14,4	6,6	5,56
Республика Беларусь	233123	0,2	2,0	20,0	40,3	24,1	10,5	3,0	5,43
<i>Почвы улучшенных сенокосов и пастбищ</i>									
Брестская область	115409	0,2	1,9	20,8	40,6	23,2	8,4	4,9	5,41
Витебская область	18740	0,1	1,1	12,4	36,6	23,9	13,4	12,5	5,66
Гомельская область	69940	0,2	2,1	14,5	38,4	28,0	15,7	1,1	5,48
Гродненская область	70471	0,1	0,5	8,5	23,3	26,5	21,2	19,9	5,91
Минская область	153775	0,2	1,5	11,1	30,2	31,8	18,8	6,4	5,67
Могилевская область	38422	0,3	2,7	10,8	29,8	29,3	17,9	9,2	5,67
Республика Беларусь	466757	0,2	1,6	13,7	33,2	27,8	15,9	7,7	5,62

Пахотный слой торфяных почв характеризуется следующими показателями: зольность – 9,32%, общий азот (N_2) – 3,17%, фосфор (P_2O_5) – 0,43%, калий (K_2O) – 0,13%, оксид кальция (CaO) – 1,96%, оксид магния (MgO) – 0,12%, полуторные оксиды (CuO , FeO , SO_2 , Mn_2O_7) – 2,40% на сухую навеску, гидролитическая кислотность – 53,4 мг-экв. на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 55,2%, pH_{KCl} – 4,6, а также повышенное содержание подвижного фосфора и калия.

Установлено, что с увеличением доз доломитовой муки (в отличие от мела, применяемого в качестве известкового удобрения) сужается соотношение между кальцием и магнием, увеличивается степень насыщенности почвы основаниями (см. табл. 2).

Таблица 2. Оценка эффективности агрохимической мелиорации на маломощных торфяных почвах

Варианты, т/га	pH в KCl	Гидролитическая кислотность мг-экв. на 100 г почвы	Обменный кальций	Обменный магний	Степень насыщенности основаниями с учетом Ca^{2+} , Mg^{2+} и иных катионов, %	Урожайность сухой массы многолетних трав, ц/га	Сбор сырого протеина	
							ц/га	%
Без известкования	4,60	53,4	59,1	3,0	55,2	68,8	9,4	100,0
<i>Доломитовая мука, т/га $CaCO_3$</i>								
2	5,10	44,1	66,8	4,5	63,0	79,6	12,0	127,7
4	5,35	39,4	72,1	5,2	67,3	77,8	11,6	123,4
8	5,76	33,8	89,1	11,5	75,5	74,7	11,3	120,2
16	6,25	26,4	102,3	19,2	82,5	70,5	10,5	111,7
<i>Мел</i>								
4	5,5	38,5	80,4	3,1	69,4	71,9	10,5	111,7

Приведенные в таблице 2 данные свидетельствуют о том, что на маломощных торфяниках не следует вносить повышенные дозы известковых мелиорантов, так как применение их в количестве свыше 2 т/га $CaCO_3$ (при котором прибавка сухой массы многолетних трав к контролю составляет 10,8 ц/га) не приводит к дальнейшему повышению урожайности многолетних трав. По нашим данным, оптимальный уровень pH в KCl для торфяных почв составляет 5,0; он достигается при исходной величине pH 4,6–4,7 внесением доломитовой муки по 1/4 гидролитической кислотности,

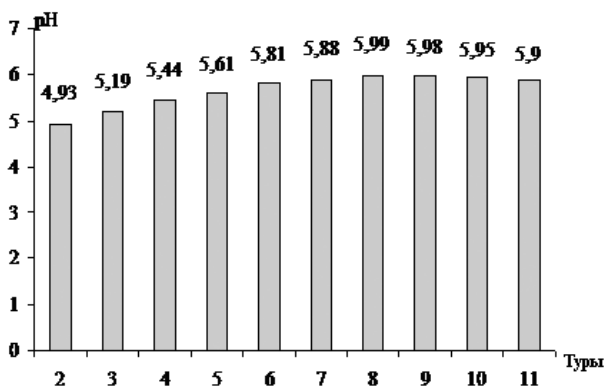


Рис. 1. Средневзвешенное значение кислотности почв в Республике Беларусь

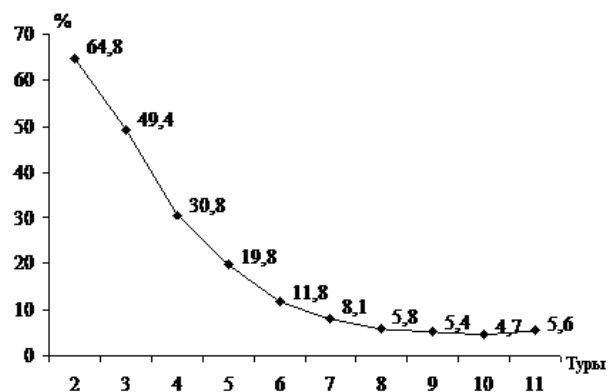


Рис. 2. Процент кислотных почв (рН менее 5,0), определенный по данным туров почвенного обследования

или 4 т/га. Дальнейшее повышение доз данного известкового материала не только не увеличивает урожай, но и активизирует процессы минерализации органического вещества. Ежегодная убыль последнего из слоя почвы 5–15 см составила на контроле 1,1%, а на фоне 8 т/га и 16 т/га CaCO_3 – соответственно 1,4% и 1,5% при значении HCP_{05} , равнявшемся 0,33%. Известкование по 1/8–1/4 гидролитической кислотности практически не влияет на разложение торфа. Изменяется и фракционный состав органического вещества. В варианте с высокой дозой доломитовой муки несколько уменьшается содержание легкогидролизующихся веществ и негидролизующего остатка.

Интерес к рассматриваемому вопросу вызван тем, что в последнее время в нашей стране используется недостаточное количество известковых удобрений. Так, по оценке И. М. Богдевича, в 2013–2018 гг. их было внесено 58% от потребности. При этом в 83-х районах отмечалось подкисление пахотных почв, а в 79-ти – почв сенокосов и пастбищ. Средневзвешенный показатель рН в КС1 по стране снизился с 5,89 до 5,84 (см. рис. 1 и 2).

Применительно к Беларуси количество почв с рН менее 5,0 увеличилось почти на 120 тыс. га и составило 461,3 тыс. га, или 9,3% от общей площади пашни. По имеющимся данным, средние ежегодные потери кальция и магния из пахотного слоя (в пересчете на CaCO_3) составляют 400–500 кг/га. Поэтому задача агрохимической службы состоит в том, чтобы темпы нейтрализации почвенной кислотности в результате известкования соответствовали уровню подкисления почв [4].

В ходе осуществлявшихся в Беларуси наблюдений за потерями элементов питания растений на дренированных почвах было установлено, что заметное увеличение ионного стока под влиянием мелиорации произошло в отношении калия, сульфатов и нитратов. Отмечено также, что с увеличением степени мелиорированности водосбора от 35% до 55% годовой вынос минеральных соединений увеличился более чем на треть. Что касается выноса кальция с дренажным стоком, то он достигал 112–154 кг/га (см. табл. 3).

Таблица 3. Уровни потери кальция и магния из почв на осушенных пахотных землях, кг/га на 1 мм дренажного стока в год

Почвы	Ca	Mg
Дерново-карбонатный суглинок	0,95–1,71	0,24–0,65
Дерново-подзолистый легкий суглинок на морене	0,86–1,32	0,24–0,41
Дерново-подзолистая песчаная на суглинке	0,65–0,89	0,17–0,22
Низинный хорошо окультуренный торфяник	1,20–1,40	до 0,43

Примечание. Источник: [11].

Приведенные выше данные свидетельствуют об интенсивном выносе кальция и магния из мелиорированных почв. Это необходимо иметь в виду при использовании и известковании таких земель. Кроме того, основания расходуются и на нейтрализацию физиологической кислотности минеральных удобрений. Для этих целей на 1 т туков затрачивается CaO в следующих количествах: для аммиачной селитры – 0,42 т, мочевины – 0,67 т, аммиачной воды – 0,28 т, хлористого калия – 0,11 т [1, 2].

Выносятся кальций и магний из почвы также урожаем, особенно многолетними бобовыми травами (до 150–200 кг/га). Эти потери нужно компенсировать, иначе неизбежны рост кислотности, активизация алюминия, ухудшение качества гумуса, переход фосфатов и азота в малодоступные для растений формы, уменьшение биологической активности почв, снижение урожая. Кроме того, выявлено влияние видов и состава возделываемых культур на концентрацию в пахотном слое почвы щелочных элементов (потери последних в результате вымывания под многолетними травами минимальны) [5].

В Беларуси необходимость в известковании почв заметно выросла в результате:

расширения посевных площадей интенсивных культур, не переносящих кислой реакции среды (сахарной свеклы, пшеницы, тритикале, рапса, люцерны, ячменя);

снижения доз внесения фосфорных удобрений, которые наряду с обеспечением растений питанием смягчают отрицательное воздействие на возделываемые культуры обменного алюминия кислых почв;

переуплотнения корнеобитаемого слоя почв тяжелой сельскохозяйственной техникой (внесение органических удобрений и известкование в определенной степени противодействуют этому негативному процессу благодаря оструктуриванию почвы);

возрастания непродуцируемых потерь минерального азота в результате снижения коэффициента его использования на кислых почвах;

радионуклидного загрязнения территорий, особенно стронцием (^{90}Sr); роль известкования заключается в ограничении поступления радиоактивных изотопов в растения [6].

Заслуживают внимания исследования, проводившиеся на сработанной торфяной почве с рН около 5 и колебаниями содержания органического вещества от 4,9% до 38,8%. В ходе их осуществления выявлено положительное влияние различных видов известковых удобрений при внесении по 4 т/га в расчете на CaCO_3 . Увеличение их доз до 6 т/га оказалось неэффективным. Причем по экономическим показателям более выгодным было применение дефеката, а не доломитовой муки [7].

Отметим, что отечественные исследователи пришли к выводу о невысокой эффективности известкования сработанных торфяников Полесья при возделывании зерновых культур и многолетних трав, даже на фоне высоких доз минеральных и органических удобрений (см. табл. 4 и 5) [5].

Таблица 4. Оценка влияния кислотности почв и удобрений на урожайность зерновых культур, ц/га

Варианты кислотности почвы (фактор А), рН _{КСЛ}	Варианты удобрений (фактор В)										
	без удобрений	P ₅₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₅₀ K ₁₂₀	навоз, 30 т/га (последствие НРК)	навоз, 50 т/га (последствие НРК)	навоз, 100 т/га (последствие НРК)	прибавка урожая за счет фактора В				
							P ₅₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₅₀ K ₁₂₀	навоз, 30 т/га (последствие НРК)	навоз, 50 т/га (последствие НРК)	навоз, 100 т/га (последствие НРК)
<i>Озимая рожь</i>											
4,9–5,2	15,7	35,8	38,7	38,2	39,8	37,9	20,1	23,0	22,5	24,1	22,2
5,9–6,1	15,8	34,7	37,9	38,2	38,4	37,6	18,9	22,1	22,4	22,6	21,8
Влияние на урожай фактора А	0,1	-1,1	-0,8	0,0	-1,4	-0,3					
НСР _В = 1,5–2,1 ц/га; НСР _А = 2,8–3,6 ц/га											
<i>Ячмень</i>											
4,9–5,2	20,4	34,4	43,5	41,9	38,5	38,2	14,0	23,1	21,5	18,1	17,8
5,9–6,1	22,5	35,8	42,3	42,3	38,1	36,9	13,3	19,8	19,8	15,6	14,4
Влияние на урожай фактора А	2,1	1,4	-1,2	0,4	-0,4	-1,3					
НСР _В = 2,8 ц/га; НСР _А = 4,9–10,2 ц/га											
<i>Овес</i>											
4,9–5,2	18,6	35,3	38,6	36,2	35,9	37,1	16,7	20,0	17,6	17,3	18,5
5,9–6,1	17,9	36,2	39,5	37,6	36,2	36,1	18,3	21,6	19,7	18,3	18,2
Влияние на урожай фактора А	-0,7	0,9	0,9	0,6	0,3	-1,0					
НСР _В = 2,7–4,0 ц/га; НСР _А = 4,7–7,6 ц/га											

Примечание. Источник: [8].

Таблица 5. Оценка влияния кислотности почв и удобрений на урожайность трав, ц/га сухой массы

Варианты кислотности почвы (рН _{KCl} фактор А)	Варианты удобрений (фактор В)										
	без удобрений	P ₅₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₅₀ K ₁₂₀	навоз, 30 т/га (последствие NPK)	навоз, 50 т/га (последствие NPK)	навоз, 100 т/га (последствие NPK)	прибавка урожая за счет фактора В				
							P ₅₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₅₀ K ₁₂₀	навоз, 30 т/га (последствие NPK)	навоз, 50 т/га (последствие NPK)	навоз, 100 т/га (последствие NPK)
<i>Многолетние злаковые травы</i>											
4,9–5,2	18,8	54,4	90,1	84,6	82,9	83,2	35,6	71,3	65,8	64,1	64,4
5,9–6,1	18,9	55,3	88,1	83,6	79,2	79,4	36,4	69,2	44,7	60,3	60,5
Влияние на урожай фактора А	0,1	-0,9	-2,0	-1,0	-3,7	-3,8					
НСР _В = 5,3–8,9 ц/га; НСР _А = 9,7–15,5 ц/га											
<i>Многолетние бобово-злаковые травосмеси</i>											
4,9–5,2	16,0	56,3	82,2	79,3	77,4	71,1	40,3	66,2	63,3	61,4	55,1
5,9–6,1	16,2	52,9	73,5	74,3	74,7	73,9	36,7	57,3	58,1	58,5	57,7
Влияние на урожай фактора А	0,2	-3,4	-8,7	5,0	-2,7	2,8					
НСР _В = 4,527 ц/га; НСР _А = 8,3–12,6 ц/га											
<i>Клевер луговой второго года пользования</i>											
4,9–5,2	30,5	68,3	71,1	74,8	76,2	79,7	37,8	40,6	44,3	45,7	49,2
5,9–6,1	33,8	76,7	80,0	74,3	82,5	84,3	42,9	46,2	40,5	48,7	50,5
Влияние на урожай фактора А	3,3	8,4	8,9	-0,5	6,3	4,6					
НСР _В = 5,3–9,4 ц/га; НСР _А = 9,8–16,6 ц/га											

Данные ряда опытов показывают, что кислотность почвы в пределах рН_{KCl} 4,9–6,1 не оказывает существенного влияния на уровень урожайности зерновых культур и многолетних злаково-бобовых трав, кроме клевера лугового второго года пользования. В зависимости от вида и доз примененных минеральных удобрений прибавка урожая трав может составлять от 3,3 ц/га до 8,4 ц/га.

Система удобрения на известкованных минеральных почвах эффективна в том случае, если она сочетается с применением органических и минеральных веществ. Создаваемая известкованием благоприятная реакция почвы прежде всего способствует усилению бактериальной деятельности. Это, в свою очередь, влияет на характер и темп разложения навоза в почве, а тем самым – на результаты и быстроту использования растениями содержащихся в навозе питательных веществ. Вместе с тем сам навоз оказывает на физико-химические процессы в почве значительное влияние, в некоторой степени аналогичное действию извести. При его внесении заметно снижается кислотность, повышается буферность почвы, смягчается токсическое действие кислотности на растения. Выделяющаяся при разложении навоза углекислота повышает растворимость карбонатов, переходящих в бикарбонаты, а образующиеся гумусовые вещества улучшают свойства почвы. На сильноподзолистых, наиболее кислых почвах, при совместном внесении извести и навоза прибавки урожая превышают сумму таковых от раздельного внесения этих удобрений. Таким образом, известь вызывает значительные изменения свойств почвы. Несмотря на это, она не может полностью удовлетворить растения в питательных веществах. Поэтому известкование дерново-подзолистых почв должно дополняться внесением органических и минеральных удобрений.

В этой связи актуальными представляются дополнительные исследования, осуществляемые с учетом различной зольности таких почв, а также иных факторов – мощности сработанных торфяников, уровня грунтовых вод, видов возделываемых культур, агрохимических свойств конкретных участков, определяемых с учетом азотного режима и концентрации полуторных оксидов.

По данным Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, наименее требовательными к уровню кислотности являются лен, картофель, люпин, овес, озимая рожь (см. табл. 6).

Таблица 6. Оптимальные уровни кислотности почв (рН) при возделывании сельскохозяйственных культур

Почвы	В среднем	Типы севооборотов		
		со льном, картофелем, люпином, овсом, озимой рожью	зерно-травяно-пропашные с кукурузой, корнеплодами	зерно-свекловичные, прифермские (клевер, люцерна), овощекормовые
<i>Дерново-подзолистые</i>				
Песчаные	5,3–5,8	5,3–5,5	5,5–5,8	5,5–5,8
Супесчаные	5,5–6,2	5,5–5,8	5,6–6,0	5,8–6,2
Суглинистые	5,5–6,7	5,5–6,0	6,1–6,5	6,5–6,7
Торфяно-болотные	5,0–5,3	–	–	–
Минеральные почвы сенокосов и пастбищ	5,8–6,2	–	–	–

На изменение агрохимических свойств почвы положительно реагировала клеверо-тимopheенная травосмесь, увеличив сбор сухой массы в оптимальных вариантах. Одновременно возрос и сбор сырого протеина, особенно на фоне 2 т и 4 т доломитовой муки в расчете на CaCO_3 ; уровень рН почв составлял соответственно 5,1 и 5,35.

Поскольку эффект от известкования достаточно длителен, оценивать действие данного приема лучше применительно к севооборотам, включающим различные культуры (см. табл. 7).

Таблица 7. Эффективность внесения извести в типичных пятилетних звеньях севооборотов (суммарная расчетная прибавка, ц/га к.ед.)

Звено севооборота	Гранулометрический состав почвы	Исходный рН		
		4,5 и ниже	4,6–5,0	5,1–5,5
Картофель – ячмень – озимая рожь – многолетние травы (2 года)	Суглинистые	32,9	20,8	12,9
	Супесчаные	28,8	18,5	10,9
Кормовые корнеплоды – ячмень – клевер – кукуруза – озимая пшеница	Суглинистые	57,9	30,8	15,6
	Супесчаные	51,7	26,4	12,6
Сахарная свекла – ячмень – озимая рожь – клевер – озимая пшеница	Суглинистые	50,7	34,9	21,1
	Супесчаные	44,8	30,6	17,3
Картофель – яровая пшеница – овес – озимая рожь – однолетние травы	Суглинистые	20,9	14,8	8,0
	Супесчаные	19,2	13,2	7,3

Примечание. Источник: [12].

По результатам исследований В. А. Прудникова, полная норма извести, рассчитанная по гидролитической кислотности, обеспечивает ежегодную (в течение 10-ти лет) прибавку урожайности на среднем суглинке в размере 14,2 ц/га, половинная – 11,4 ц/га, четверть – только 7,8 ц/га кормовых единиц [9].

Действие извести не исчерпывается влиянием на агрохимические свойства и пищевой режим почвы. В результате использования данного вещества коренным образом изменяется плодородие пахотного горизонта. Внесенный с известью кальций улучшает микроструктуру почвы, делает более водопрочными коллоиды, причем количество последних возрастает с увеличением доз извести. Понижается объемная масса почвы, улучшаются аэрация и водный режим, грунт быстрее прогревается. Под влиянием известкования тяжелые почвы становятся более рыхлыми, что на 10–15% уменьшает тяговое усилие сельхозтехники при их обработке. Напомним и о таком свойстве почв данного вида, как способность образовывать при подсыхании прочные глыбы, затрудняющие обработку.

Изучено также влияние способов и сроков внесения известковых удобрений на реакцию среды. Заделка доломитовой муки дисковыми боронами имеет преимущество перед поверхностным внесением. В последнем случае данное вещество концентрируется в слое почвы глубиной 0–5 см, кислотность которого изменяется. При этом весеннее, осеннее и зимнее известкование при отсутствии поверхностного стока оказывает равноценное действие на величину рН. Неравномерно распределяется известь в пахотном слое и при заделке только плужной обработкой, поскольку она частично попадает на дно борозды.

Нейтрализация избыточной кислотности почв предполагает равномерное внесение известковых удобрений по площади каждого поля. Это подтверждается данными многих исследований. Так, по наблюдениям И. А. Шильникова и Л. А. Лебедевой, при средней величине рН 6,5 смешанного образца в 35% случаев почва оставалась очень кислой [10]. В этой связи некоторые зарубежные ученые предлагают вносить половину дозы извести вдоль участка, а остаток – поперек. Высокое качество известкования можно обеспечить при использовании более совершенных машин, созданных в НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, распределяющих известковые удобрения с неравномерностью не более чем 15%.

Величина рН почвы после известкования не остается постоянной [11]. Происходит (особенно на осушенных землях) постепенное подкисление, обусловленное выносом оснований. К примеру, в условиях Латвии за 20-летний период через дрены, заложенные на глубине 1,2 м и на расстоянии 16 м, было отведено 2000 мм влаги. За это время из окультуренной торфяной почвы дренажным стоком было выщелочено более 2300 кг кальция, 900 кг магния, 60 кг калия и много иных веществ. Наиболее выражен этот процесс на дерново-карбонатном суглинке.

Известкование почв в Республике Беларусь является экономически оправданным мероприятием. По расчетам Н. В. Клебановича и Г. В. Василюка, уровень рентабельности при известковании почв I группы кислотности составляет 70,0%, II – 43,4%, III – 13,6%; при этом срок окупаемости затрат составляет соответственно 2,9; 3,5 и 4,4 года [12]. Известкование почв IV группы кислотности неэффективно.

Важным способом уменьшения связанных с данным агротехническим приемом реальных энергетических затрат может стать применение менее энергоемких по сравнению с доломитовой мукой видов известковых мелиорантов, например сыромолотого доломита, известковой муки (отходов крупных строительных комбинатов), местного мела и дефеката. Энергозатраты для сыромолотого доломита на 50–55% ниже, чем при производстве доломитовой муки. Он имеет следующие экологические преимущества: снижаются потери кальция и магния от вымывания, уменьшается запыленность воздуха. Данный препарат можно вносить любыми центробежными разбрасывателями. Даже с учетом пониженной нейтрализующей способности и повышенной влажности общие энергозатраты на весь комплекс работ по применению сыромолотого доломита на 30% ниже, чем при использовании доломитовой муки. Кроме того, около половины затрат на известкование почв последней приходится на ее приобретение и перевозку по железной дороге, что исключается при внесении местных известковых удобрений. Причем роль последних особенно возрастает на почвах с чрезмерно высоким содержанием магния и очень узким соотношением между ним и кальцием.

Заключение

В составе сельскохозяйственных земель нашей страны преобладают дерново-подзолистые почвы, в естественном состоянии характеризующиеся повышенной кислотностью. Это обусловлено тем, что они сформированы на бескарбонатных или бедных карбонатами породах. Кроме того, в Беларуси зачастую наблюдается промывной режим, особенно на осушенных землях, в результате чего из почвы ежегодно выносится значительное количество кальция и магния. В этой связи невозможно приостановить вековой процесс подкисления почв без известкования. Последнее способствует переходу в доступное для растений состояние азота, фосфора и молибдена, устраняет токсичное действие подвижных форм алюминия, марганца и железа, а также радионуклидов и тяжелых металлов.

Несколько менее остро стоит вопрос известкования торфяных почв низинного типа. Оптимальный уровень рН у них на 0,5–1,0 единицы ниже, чем у минеральных. Это во многом объясняется различной природой кислотности почв. Если у дерново-подзолистых она определяется водородом и еще более вредным для растений алюминием, то у торфяников – только катионами водорода. На торфяных почвах с исходными уровнями рН 4,0–4,5 и 4,6–4,7 доза доломитовой муки рассчитывается соответственно по 1/2 и 1/4 гидролитической кислотности.

Известковые удобрения целесообразно вносить под культивацию в системе яблечной обработки почвы. Поверхностное известкование (без заделки в почву) недостаточно эффективно. Послойное

внесение соответствующих удобрений (под плуг и дисковые бороны) не имеет преимуществ перед заделкой только дисковыми орудиями.

Вместе с тем более тщательных исследований требуют высокозольные сработанные торфяники, применительно к которым мнения ученых в отношении эффективности известкования расходятся. Отметим, что названные почвы очень существенно различаются по содержанию органического вещества. Его количество нередко изменяется от 5% до 30–40% в пределах небольших по площади участков. С целью сокращения затрат подобная неравномерность должна учитываться при проведении известкования в производственных условиях. Иными словами, необходимо использовать практику точного земледелия.

Подчеркивая важность создания благоприятной реакции среды для растений, специалисты США считают, что при ведении земледелия на кислых почвах первый доллар необходимо истратить на известкование. Это значит, что устранение повышенной кислотности должно осуществляться ранее, чем применение минеральных удобрений.

Известкование кислых почв в Беларуси экономически оправданно. Расчеты показывают, что уровень рентабельности при известковании почв I группы кислотности составляет 70%, II – 43,4%, III – 13,6%. При этом срок окупаемости затрат составляет соответственно 2,9; 3,5 и 4,4 года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кулаковская, Т. Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т. Н. Кулаковская. – Минск: Ураджай, 1978. – 272 с.
2. Кулаковская, Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания / Т. Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.
3. Небольсин, А. Н. Теоретические основы известкования почв / А. Н. Небольсин, З. П. Небольсина. – СПб, ЛНИИСХ, 2005. – 252 с.
4. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И. М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича // Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 275 с.
5. Скоропанов, С. Г. Расширенное воспроизводство плодородия торфяных почв / С. Г. Скоропанов, В. С. Брезгунов, Н. В. Окулик. – Минск: Наука и техника, 1987. – 247 с.
6. Belsky, V. I. Degrations of Belarus lands: current situation and main directions of its improvement / V. I. Belsky, N. I. Solovtsov // Environment protection in agro-ecosystems: meeting of the Union of Europ. Agrarian Acad., Yalta, 16–17 May 2007 / Nat. Acad. of Sciences of Ukraine; ed.: M. Zubets, A. Golovko. – Kyiv, 2007. – P. 160–170.
7. Пироговская, Г. Экономическая эффективность применения известковых мелиорантов на деградированных торфяных почвах / Г. Пироговская, В. Сорока // Аграрная экономика. – 2017. – № 7. – С. 38–46.
8. Вапнаванне арганамінэральных глеб / М. В. Акулік [і інш.] // Весці Акадэміі аграр. навук Беларусі. – 1993. – № 3. – С. 41–50.
9. Прудников, В. А. Известкование кислых почв – основа высокой эффективности удобрений на дерново-подзолистых почвах / В. А. Прудников // Применение удобрений в интенсивном земледелии: справ. пособие; под ред. М. П. Шкеля. – Минск: Ураджай, 1989. – С. 11–31.
10. Шильников, И. А. Известкование почв / И. А. Шильников, Л. А. Лебедева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 171 с.
11. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия / И. А. Шильников [и др.] – М.: ДУВВФ, 2008. – 340 с.
12. Клебанович, Н. В. Известкование почв Беларуси / Н. В. Клебанович, Г. В. Василюк. – Минск: изд-во БГУ, 2003. – 322 с.

Поступила в редакцию 28.05. 2019