

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЫРОМОЛОТОГО ДОЛОМИТА В ДЕЙСТВИИ И ПОСЛЕДЕЙСТВИИ НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ И ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ

**Г. В. Пироговская¹, В. И. Сороко¹, С. С. Хмелевский¹,
А. С. Максимчук¹, И. Е. Ермолович¹, К. В. Даниленко¹, В. Б. Леонтьев²,
И. А. Кривко², О. Н. Коваленко², А. С. Гапечкина²**

¹Институт почвоведения и агрохимии,

г. Минск, Беларусь

²Витебская ОПИСХ,

г. Витебск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В современной земледелии за счет минеральных удобрений получают до 60 % прибавок урожаев сельскохозяйственных культур. Высокая отдача от удобрений возможна только при оптимизации реакции почвенного раствора, достигаемой внесением известковых мелиорантов [1, 2, 3]. Интенсивность и скорость действия извести на свойства почвы в значительной степени зависит от дозы, тонины размола, формы, повторности применения, степени кислотности, гранулометрического состава почв и других факторов [4–12].

В настоящее время в технологии известкования кислых почв в Республике Беларусь в качестве основного мелиоранта используется известняковая доломитовая мука производства ОАО «Доломит». Эффективность доломитовой муки в качестве известкового материала оценена в многочисленных исследованиях: изучено ее влияние на состояние почвенного поглощающего комплекса, эффективность минеральных удобрений, подвижность микроэлементов и т. д. Определена периодичность повторного известкования пахотных почв и перезалужаемых земель, агрохимического обследования почв [13]. Изучается опыт применения и других известковых материалов для повышения эффективности химической мелиорации [14].

Стоимость комплекса работ по известкованию почв достаточно высокая и значительная часть затрат приходится на применяемые мелиоранты. Известкование сыромолотым доломитом значительно дешевле стандартной доломитовой муки. В настоящее время на ОАО «Доломит» производится усовершенствование технологии производства доломитовых удобрений, в частности получение сыромолотого доломита, который производится по тому же ГОСТ, что и доломитовая мука, отличается маркой, классом и группой. Получают его при размоле доломита, исключается стадия сушки и помола, идет только стадия дробления и сортировки. Дробленный доломит, пропущенный через сито 5 мм, в дальнейшем называют сыромолотым доломитом.

Что касается эффективности сыромолотого доломита, то таких исследований недостаточно. Поисковые работы в данном направлении проводились в Россий-

ской Федерации. Однако какой-либо закономерности динамики изменения величины рН от его внесения за 6 лет проведения опытов установить исследованиями не удалось. Это, вероятно, связано с неравномерным гранулометрическим составом частиц доломитовых фракций [15]. В Германии также известкование в большей мере проводится известковыми мелиорантами из твердых горных пород в сыромолотом виде. Показана их высокая агрономическая и экономическая эффективность под сельскохозяйственные культуры [16].

В Республике Беларусь проводились исследования по оценке эффективности отдельных фракций сыромолотого доломита на урожайность многолетних и однолетних трав, зерновых культур и картофеля на легких и легкосуглинистых почвах в краткосрочных опытах [3, 17, 18]. Сыромолотый доломит признан эффективным мелиорантом для поддерживающего известкования почв сельскохозяйственных угодий. Он обеспечивает большую длительность и постепенность взаимодействия с почвой по сравнению со стандартной доломитовой мукой, является перспективным мелиорантом, эффективность его сопоставима со стандартными мелиорантами. Использование сыромолотого доломита может в значительной степени снизить материальные затраты на комплекс мероприятий при проведении известкования сельскохозяйственных угодий в республике. Нерешенными остаются вопросы рационального его использования в сельскохозяйственном производстве, не установлена периодичность внесения на почвах различного гранулометрического состава, не подобран комплекс машин для внесения, обеспечивающих равномерность внесения его по площади поля. Эти исследования приобретают особую актуальность и имеют большое народнохозяйственное значение, так как уже с 2021–2023 гг. на ОАО «Доломит» предполагается выпуск и широкое внедрение сыромолотого доломита в практику сельскохозяйственного производства.

Имеется ряд поручений Совета Министров Республики Беларусь относительно проведения исследований о возможности использования сыромолотого доломита в сельском хозяйстве. В поручении № 04/44пр от 4 октября 2018 г. Минстройархитектуре, Минсельхозпроду, РУП «Институт почвоведения и агрохимии» ставится задача провести сравнительную оценку преимущества использования сыромолотого доломита в качестве удобрения для раскисления почв по сравнению с доломитовой мукой. Принято решение в порядке эксперимента провести производственные испытания по изучению влияния сыромолотого доломита на раскисление почв в следующих районах Витебской области: Витебском, Лиозненском, Городокском и Шумилинском районах (производственные опыты заложены в 2019 г.). В протоколе поручений Премьер-министра Республики Беларусь Румаса С. Н. № 02/2пр (приложение 2, пункт 5) от 7 марта 2019 г. рекомендуется Минсельхозпроду совместно с облисполкомами обеспечить завершение конкурсов на проведение в 2020 г. работ по раскислению почв. В Поручении № 04/200-481/6719р от 12 июня 2019 г. (приложение 3) провести необходимые технологические исследования, определить приоритетное направление известкования почв (с учетом эффективности использования раскисляющих материалов, стоимости их доставки и внесения, а также наличия необходимой транспортной, складской инфраструктуры и средств механизации) и на основании предполагаемого финансирования представить в Правительство Республики Беларусь и Минскстройархитектуры реальную потребность сельского хозяйс-

тва республики в сыромолотом доломите и пылевидной доломитовой муке на 2021–2025 гг.

В связи с вышеизложенным считаем, что научно-исследовательские работы, направленные на изучение эффективности сыромолотого доломита производства ОАО «Доломит» в действии и последствии при поддерживающем известковании кислых пахотных земель, установление его влияния на сдвиг почвенной кислотности, урожайность, качество продукции, плодородие почвы, необходимы для подготовки рекомендаций по его применению в сельскохозяйственном производстве, что и определило цель и задачи наших исследований.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты исследований – известковые мелиоранты (доломитовая мука, сыромолотый доломит), почвы – дерново-подзолистые рыхлосупесчаные (Минская область), связносупесчаные и легкосуглинистые (Витебская область).

Предмет исследований – доломитовая мука и сыромолотый доломит – по ГОСТ 14050-93, смесь стандартных удобрений.

Место проведения исследований: полевые опыты в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области, производственные опыты в Витебском, Лиозненском, Городокском и Шумилинском районах Витебской области.

Сельскохозяйственные культуры (2019–2021 гг.):

- просо (2019 г.) – овес (2020 г.) – ячмень (2021 г.) – звено севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского Узденского района Минской области);

- горох (2019 г.) – яровая пшеница (2020 г.) – ячмень (2021 г.) – звено севооборота в Витебском районе (ф/л «Рудаково») и пшеница яровая (2019 г.) – горохо-овсяная смесь (2020 г.) – ячмень (2021 г.) – звено севооборота в Лиозненском районе (ОАО «Адаменки») на пахотных дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах;

- многолетние бобово-злаковые травосмеси (2019–2021 гг.) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в Городокском районе (УП «Северный») и многолетние злаковые травосмеси в Шумилинском районе (КУСХП «Сиротинский») на дерново-подзолистой связносупесчаной почве.

Площадь делянок в полевых опытах на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве – 24 м², повторность – 4-кратная.

Площадь и количество элементарных участков в производственных опытах: в Витебском районе (6 элементарных участков с рН от 4,99 до 5,40, площадь – 19,4 га), Лиозненском (8 элементарных участков с рН от 4,92 до 5,56, площадь 21,9 га), в Городокском (6 элементарных участков с рН от 4,33 до 5,11, площадь – 18,1 га), в Шумилинском (6 элементарных участков с рН_{KCl} от 5,18 до 5,48, площадь – 18,1 га).

Удобрения и мелиоранты в полевых опытах вносили вручную, равномерно по всей площади делянки, в производственных – машинами для внесения известковых мелиорантов (МТТ-4У, РУ-7000, МВУ-6).

Важнейшим условием получения достоверных результатов при проведении полевых и производственных опытов является высокая качественность и одновременность выполнения всех агротехнических работ на всех вариантах и повторениях. Все работы по обработке почвы, севу, уходу за посевами выполняли в оптимальные сроки (с учетом метеорологических условий) и в течение одного дня.

Агротехника возделываемых культур общепринятая для Республики Беларусь [19–21].

Уход за посевами (обработка посевов против сорняков, вредителей и болезней) проводилась разрешенными препаратами, которые внесены в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» [22]. Исследования проводили согласно существующим методикам по закладке полевых и производственных опытов [23].

Почвенные образцы отбирали в полевых опытах из пахотного горизонта почвы, в которых определялись изучаемые показатели следующими методами:

- гумус – по методу И. В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-84);
- обменная кислотность рН (КCl) – потенциметрический (ГОСТ 26483-85);
- содержание подвижного фосфора – по Кирсанову на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26207-84);
- содержание подвижного калия – по Кирсанову на пламенном фотометре (ГОСТ 280207-84);
- кальций и магний на атомно-абсорбционном спектрофотометре;
- отбор проб – ГОСТ 26483-85.

Отбор растительных образцов (основной и побочной продукции) и их анализ проводили, согласно существующих ГОСТ и ОСТ:

- отбор проб – ГОСТ 18691-83;
- определение азота, фосфора, калия, кальция, магния, серы после мокрого озоления (смесью серной кислоты и перекиси водорода) общепринятыми методами: азот – ГОСТ 13496.4-93 п. 2; фосфор – спектрофотометрически; калий – на пламенном фотометре; кальций – ГОСТ 26570-95; магний ГОСТ 30502-97 – на атомно-адсорбционном спектрофотометре сера – фотоколориметрическим методом;
- сухое вещество – весовым методом;

Гидротермический коэффициент (ГТК) определялся по формуле Г. Т. Селянинова:

$$\text{ГТК} = (\sum X \cdot 10) / \sum T,$$

где $\sum X$ – сумма осадков за период; $\sum T$ – сумма положительных температур воздуха за тот же период.

Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б. А. Доспехову с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на персональном компьютере, наименьшая существенная разность рассчитывалась с помощью компьютерной программы Excel [23].

Температура воздуха и осадки приведены по данным наблюдений в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» (Узденский район Минской области), а по Витебской области – по данным метеостанции г. Витебска.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия (температура воздуха, количество выпавших атмосферных осадков и гидротермический коэффициент с апреля по август 2019–2021 гг.) при возделывании проса, овса и ячменя в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области и по Витебской области приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Метеорологические условия проведения исследований
(ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района,
Минской области и Витебская область)**

Год	Показатель	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	За 4–8 месяц	За 5–8 месяц
ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» (Минская область)								
2019 г.	Осадки, мм	0,0	48,9	40,8	65,4	89,5	244,6	244,6
	$t^{\circ}\text{C}$	8,1	14,2	17,4	19,7	17,0	15,28	17,08
	Сумма $t > 5-10^{\circ}\text{C}$	243	440,2	522	610,7	527,0	2342,9	2099,9
	ГТК	–	1,11	0,78	1,07	1,70	1,04	1,16
2020 г.	Осадки, мм	7,7	51,0	70,0	157,5	54,7	340,9	333,2
	$t^{\circ}\text{C}$	6,7	11,1	19,4	17,8	18,2	14,6	16,6
	Сумма $t > 5-10^{\circ}\text{C}$	201,0	344,1	582,0	551,8	564,2	2243,1	2042,1
	ГТК	–	1,48	1,20	2,85	0,97	–	1,63
2021 г.	Осадки, мм	31,0	136,2	81,6	54,8	75,0	378,6	347,6
	$t^{\circ}\text{C}$	6,3	12,0	19,8	22,5	17,4	15,6	17,9
	Сумма $t > 5-10^{\circ}\text{C}$	189,0	372,0	594,0	697,5	538,4	2391,6	2202,7
	ГТК	–	3,66	1,37	0,79	1,39	–	1,58
Средне- голетнее	Осадки, мм	48,0	61,0	81,0	90,0	83,0	363,0	315,0
	$t^{\circ}\text{C}$	5,3	12,4	16,1	17,6	16,3	13,54	15,6
	Сумма $t > 5-10^{\circ}\text{C}$	159,0	384,4	483,0	545,6	505,3	2077,3	1918,3
	ГТК	–	1,59	1,68	1,65	1,64	–	1,64
г. Витебск								
2019 г.	Осадки, мм	1,0	85,0	38,0	183,0	93,0	400,0	399,0
	$t^{\circ}\text{C}$	8,2	14,4	20,8	16,1	16,9	15,3	17,1
	Сумма $t > 5-10^{\circ}\text{C}$	246,0	446,4	624,0	499,1	523,9	2339,4	2093,4
	ГТК	–	1,90	0,61	3,67	1,78	–	1,91
2020 г.	Осадки, мм	29,0	43,0	87,0	142,0	43,0	344,0	315,0
	$t^{\circ}\text{C}$	6,0	11,1	19,8	17,8	17,7	14,5	16,6
	Сумма $t > 5-10^{\circ}\text{C}$	180,0	344,1	594,0	551,8	548,7	2218,9	2038,9
	ГТК	–	1,25	1,46	2,57	0,78	–	1,54
2021 г.	Осадки, мм	34,0	91,0	29,0	21,0	98,0	273,0	239,0
	$t^{\circ}\text{C}$	6,6	12,7	20,3	23,1	17,9	16,1	18,5
	Сумма $t > 5-10^{\circ}\text{C}$	198,0	393,7	609,0	716,1	554,9	2471,7	2273,7
	ГТК	–	2,31	0,48	0,29	1,77	–	1,05
Средне- голетнее за 1961–1990 гг.	Осадки, мм	39,0	52,0	79,0	92,0	73,0	335,0	296,0
	$t^{\circ}\text{C}$	5,5	12,7	16,0	17,1	15,9	13,4	15,4
	Сумма $t > 5-10^{\circ}\text{C}$	165,0	393,7	480,0	530,1	492,9	2061,7	1896,7
	ГТК	–	1,32	1,64	1,73	1,48	–	1,56

Выпадение осадков в течение вегетационных периодов при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях 2019–2021 гг. в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве было неравномерным и отличалось от среднемноголетних значений. За вегетационный период (4–8 месяц) в 2019 г. выпало 244,6 мм, в 2020 г. – 340,9 мм и за 2021 г. – 378,6 мм, при среднемноголетнем за 1961–1990 гг. – 363,0 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК) в период от мая по август (апрель не учитывался, так как температура воздуха была меньше 10 °С) составил: в 2019 г. – 1,16, 2020 г. – 1,63 и 2021 г. – 1,58, при среднемноголетнем за 1961–1990 гг. – 1,64, что дает основание считать вегетационный период в 2019 г. – как слабозасушливый, 2020 г. – влажный и 2021 г. – оптимальный.

В Витебской области за вегетационный период (4–8 месяц) в 2019 г. выпало 400,0 мм, в 2020 г. – 344,0 мм и за 2021 г. – 273 мм, при среднемноголетнем за 1961–1990 гг. – 335,0 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК) в период от мая по август составил: в 2019 г. – 1,91, 2020 г. – 1,54 и 2021 г. – 1,05, при среднемноголетнем за 1961–1990 гг. – 1,56. Вегетационный период в 2019 г. считается как влажный, 2020 г. – оптимальный и 2021 г. – слабозасушливый.

Данные агрохимических показателей в Апах горизонтах дерново-подзолистых легкосуглинистых и связносупесчаных почв (Витебская область) на элементарных участках в производственных опытах (перед внесением известковых мелиорантов) сбыли следующие:

- *Витебский район*: рН – 4,99–5,40; содержание органического вещества – 2,23–2,94 %; P_2O_5 – 42–73 мг/кг почвы; K_2O – 127–240 мг/кг почвы; содержание CaO – 1370–1680 мг/кг почвы и MgO – более 451 мг/кг почвы; содержание микроэлементов: В – 0,37–0,45 мг/кг почвы; Cu – 2,20–2,90 мг/кг почвы; Zn – 2,70–5,70 мг/кг почвы;

- *Люзненский район*: рН – 4,92–5,56; содержание органического вещества – 1,99–2,23 %; P_2O_5 – 135–171 мг/кг почвы; K_2O – 207–315 мг/кг почвы; содержание CaO – 1115–1179 мг/кг почвы и MgO – более 172–191 мг/кг почвы; В – 0,40–0,57 мг/кг почвы; Cu – 1,9–2,0 мг/кг почвы; Zn – 2,4–3,6 мг/кг почвы;

- *Городокский район*: рН – 4,33–5,11; содержание органического вещества – 3,17–3,20 %; P_2O_5 – 49–66 мг/кг почвы; K_2O – 136–224 мг/кг почвы; содержание CaO – 1352 и MgO – 254 мг/кг почвы; В – 0,42–0,50 мг/кг почвы; Cu – 1,5–1,6 мг/кг почвы; Zn – 2,6–3,4 мг/кг почвы;

- *Шумилинский район*: рН – 5,18–5,48; содержание органического вещества – 3,20–3,73 %; P_2O_5 – 250–297 мг/кг почвы; K_2O – 99–314 мг/кг почвы; содержание кальция – 1353–1815 и магния – 285–374 мг/кг почвы; В – 0,80–0,82 мг/кг почвы; Cu – 2,2–2,3 мг/кг почвы; Zn – 3,1–3,4 мг/кг почвы.

Влияние известковых мелиорантов (доломитовой муки и сыромолотого доломита) на урожайность культур звена севооборота: просо (2019 г.) – овес (2020 г.) – ячмень (2021 г.) на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве представлено в таблице 2. Данные показывают, что применение известковых мелиорантов (доломитовой муки и сыромолотого доломита) на фоне NPK эффективно в год действия (внесения) и в 1–2-й год их последействия. При этом следует отметить, что в 2020 г. (при влажном вегетационном периоде) наблюдалась только тенденция повышения урожайности (прибавки зерна овса были

в пределах от 2,8 до 4,2 ц/га, т. е. ниже НСР). Продуктивность в сумме за три года была самая высокая при использовании сыромолотого доломита, прибавки были достоверны как от доломитовой муки, так и сыромолотого доломита. Разница в продуктивности между этими известковыми мелиорантами (4,1 ц/га) была недостоверна.

Таблица 2

Влияние известковых мелиорантов на урожайность и продуктивность культуры звена севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (ПРУП им. Котовского Узденского района Минской области)

Варианты	Урожайность при влажности 14 %, ц/га						Продуктивность, ц/га к. ед.	
	просо (2019 г.)	± к фону	овес (2020 г.)	± к фону	ячмень (2021 г.)	± к фону	за 2019–2021 гг.	± к фону
Контроль без удобрений	19,6	–	39,6	–	20,5	–	109,9	–
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₁₀ – (фон)*	27,1	–	52,3	–	27,5	–	147,4	–
Фон + доломитовая мука ОАО «Доломит» (3,0 т/га CaCO ₃)	30,4	3,3	55,1	2,8	31,0	3,5	160,9	13,5
Фон + сыромолотый доломит (3,0 т/га CaCO ₃)	30,7	3,6	56,5	4,2	32,2	4,7	165,0	17,6
НСР ₀₅	2,78	–	4,32	–	2,13	–	12,7	–

* Доза N₁₀₀P₆₀K₁₁₀ под ячмень (2021 г.), под просо и овес – N₆₀P₄₀K₉₀.

Существенных различий в содержании элементов питания в зерне проса, овса и ячменя при внесении различных форм известковых мелиорантов (доломитовая мука и сыромолотый доломит) не наблюдалось (табл. 3).

Таблица 3

Влияние удобрений на содержание элементов питания в основной продукции культур звена севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве

Варианты	Содержание, % на сухое вещество				
	N общ.	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Зерно проса (в год действия, 2019 г.)					
Контроль без удобрений	1,26	1,07	0,34	0,21	0,14
N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (основное внесение) – фон	1,39	1,22	0,42	0,21	0,13
Фон + доломитовая мука ОАО «Доломит» (3,0 т/га CaCO ₃)	1,46	1,17	0,41	0,24	0,14
Фон + сыромолотый доломит (3,0 т/га CaCO ₃)	1,45	1,23	0,40	0,23	0,13
НСР ₀₅	0,11	0,05	0,07	0,03	0,01
Зерно овса (1-й год последствия, 2020 г.)					
Контроль без удобрений	0,76	0,29	0,26	0,15	0,32

Варианты	Содержание, % на сухое вещество				
	N общ.	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (основное внесение) + N ₃₀ (подкормка) – фон	0,79	0,33	0,29	0,14	0,31
Фон + доломитовая мука ОАО «Доломит» (3,0 т/га CaCO ₃)	0,75	0,37	0,31	0,15	0,26
Фон + сыромолотый доломит (3,0 т/га CaCO ₃)	0,74	0,32	0,29	0,14	0,29
НСП ₀₅	0,13	0,08	0,23	0,06	0,04
Зерно ячменя (2-й год последействия, 2021 г.)					
Контроль без удобрений	1,57	0,38	0,23	0,09	0,06
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₁₀ (основное внесение) + N ₃₀ (подкормка) – фон	1,64	0,43	0,24	0,08	0,07
Фон + доломитовая мука ОАО «Доломит» (3,0 т/га CaCO ₃)	1,82	0,47	0,29	0,08	0,08
Фон + сыромолотый доломит (3,0 т/га CaCO ₃)	1,86	0,45	0,28	0,10	0,09
НСП ₀₅	0,11	0,05	0,06	0,03	0,007

Содержание элементов питания в основной продукции в вариантах с доломитовой мукой на фоне NPK составило: в зерне проса азота – 1,46 %, фосфора – 1,17, калия – 0,41; кальция – 0,24 и магния – 0,14 %; соответственно при внесении сыромолотого доломита – азота – 1,45 %, фосфора – 1,23, калия – 0,40; кальция – 0,23 и магния – 0,13 %. Соответственно в зерне овса при внесении доломитовой муки и сыромолотого доломита – азота – 0,75 и 0,74 %, фосфора – 0,37 и 0,32 %, калия – 0,31 и 0,29 %; кальция – 0,15 и 0,14 и магния – 0,26 и 0,29 %; в зерне ячменя – азота – 1,82 и 1,86 %, фосфора – 0,47 и 0,45, калия – 0,29 и 0,28; кальция – 0,08 и 0,10 и магния – 0,08 и 0,09 % (табл. 3).

На дерново-подзолистых связносупесчаных и легкосуглинистых почвах в производственных опытах (Витебская область) в год действия и 1–2-й год последействия известковых мелиорантов не установлено также существенного различия в изменении элементов питания в продукции возделываемых культур при внесении доломитовой муки и сыромолотого доломита.

Сдвиг почвенной кислотности от 1 т CaCO₃ известковых мелиорантов при возделывании культур звена севооборота (просо-овес-ячмень) на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве составил: от доломитовой муки в год действия (просо) – 0,093, от сыромолотого доломита – 0,080 ед. рН, соответственно в 1-й год последействия (овес) – 0,020 и 0,016 ед. рН, во 2-й год последействия (ячмень) от доломитовой муки – 0,053 и сыромолотого доломита – 0,073 ед. рН (табл. 4).

Во 2-й год последействия известковых мелиорантов на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах в звене севооборота (просо, овес, ячмень) наблюдалась обратная закономерность: при использовании доломитовой муки сдвиг почвенной кислотности от 1 т CaCO₃ был ниже, чем от 1 т CaCO₃ сыромолотого доломита, в то время как в год действия и 1-й год последействия он был выше на доломитовой муке (табл. 4).

Влияние известковых мелиорантов на сдвиг почвенной кислотности в год действия и в 1–2-й год последействия на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве при возделывании культур звена севооборота

Варианты	рН				Сдвиг от 1 т CaCO ₃		
	весна, 2019 г. (исходное)	осень, 2019 г. (просо)	осень, 2020 г. (овес)	осень, 2021 г. (ячмень)	год действия, 2019 г. (просо)	1-й год последействия, 2020 г. (овес)	2-й год последействия, 2021 г. (ячмень)
Контроль без удобрений	5,38	5,39	5,35	<u>5,32</u> -0,06**	–	–	–
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₁₀ – фон*	5,49	5,47	5,45	<u>5,29</u> -0,20**	–	–	–
Фон + доломитовая мука (3,0 т/га CaCO ₃)	5,37	5,65	5,71	<u>5,87</u> 0,50**	0,093	0,020	0,053
Фон + сыромолотый доломит (3,0 т/га CaCO ₃)	5,29	5,53	5,58	<u>5,80</u> 0,51**	0,080	0,016	0,073

* Доза N₁₀₀P₆₀K₁₁₀ под ячмень (2021 г.), под просо и овес – N₆₀P₄₀K₉₀.

** Увеличение или снижение кислотности к исходному.

Установлено, что 1-й год действия как доломитовой муки, так и сыромолотого доломита наблюдается положительное их влияние на снижение кислотности в пахотных дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах. При этом сдвиг почвенной кислотности от 1 т CaCO₃ д.в. доломитовой муки на элементарных участках в Витебском районе (ф/л Рудаково) был несколько выше 0,137, 0,097 и 0,067 ед. рН, а в среднем составил 0,100 ед. рН, чем у сыромолотого доломита, соответственно, 0,099, 0,097 и 0,060 ед. рН, а в среднем – 0,085 ед. рН. В Лиюзенском районе (ОАО «Адаменки») в среднем по элементарным участкам сдвиг почвенной кислотности в 2019 г. составил от доломитовой муки – 0,090 ед., от сыромолотого доломита – 0,065 ед. рН. На дерново-подзолистых легкосуглинистых пахотных почвах (Витебский и Лиюзенский районы) в 1-й год последействия наблюдалась аналогичная закономерность, как и в год действия мелиорантов. Во 2-й год последействия известковых мелиорантов наиболее эффективным был сыромолотый доломит – сдвиг почвенной кислотности от 1 т CaCO₃ (в среднем по Витебскому району составил 0,063, а от 1 т CaCO₃ доломитовой муки – 0,053, а по Лиюзенскому району 0,051 и 0,030 ед. рН (табл. 5).

Сдвиг почвенной кислотности от 1 т CaCO₃ на произвесткованных дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах на пастбище с бобово-злаковыми травосмесями (Городокский район) при внесении доломитовой муки составил: в 1-й год действия – 0,088 ед. рН, 1-й год последействия – 0,013 и 2-й год последействия – 0,073 ед. рН, соответственно от сыромолотого доломита – 0,081, 0,027 и 0,069 ед. рН. На дерново-подзолистых связносупесчаных почвах со злаковыми травосмесями (Шумилинский район) эти значения были следующие: по доломитовой муке – 0,051, 0,073 и 0,042 ед. рН, по сыромолотому доломиту – 0,038, 0,052 и 0,066 ед. рН (табл. 5).

Таблица 5

Влияние известковых мелиорантов на сдвиг почвенной кислотности на дерново-подзолистых легкосуглинистых и связносупесчаных почвах

Наименование района, хозяйства	Номер элементарных участков	Осень 2018 г. (исходное)	Доза мелиоранта, т/га д. в.	Сдвиг от 1 т СаСО ₃ ед. рН		
				1-й год действия	1-й год последействия	2-й год последействия
ф/л Рудаково, Витебский район (пашня)	1 (1201) дм*	4,99	7,5	0,137	-0,76	0,061
	4 (1201) сд**	4,99	7,5	0,099	-0,32	0,088
	2 (1207) дм	5,15	7,0	0,097	-0,30	0,016
	5 (1207) сд	5,15	7,0	0,097	-0,24	0,017
	3 (1209) дм	5,40	6,0	0,067	-0,18	0,082
	6 (1209) сд	5,40	6,0	0,060	-0,002	0,083
В среднем по опыту	дм*	5,18	6,83	0,100	-0,041	0,053
	сд**	5,18	6,83	0,085	-0,019	0,063
ОАО «Адаменки», Лиозненский район (пашня)	13 (343) дм*	5,20	7,0	0,051	-0,030	0,067
	17 (343) сд**	5,20	7,0	0,036	-0,030	0,089
	14 (344) дм	4,92	7,5	0,084	-0,039	0,067
	18 (344) сд	4,92	7,5	0,089	0,013	0,048
	15 (345) дм	5,28	6,0	0,120	-0,017	-0,003
	19 (345) сд	5,28	6,0	0,073	-0,017	0,027
	16 (346) дм	5,56	5,0	0,106	0,104	-0,012
В среднем по опыту	дм*	5,24	6,38	0,090	0,005	0,030
	сд**	5,24	6,38	0,065	-0,020	0,051
УП «Северный», Городокский район (бобово-злаковые травосмеси)	7 (281) дм*	4,33	7,0	0,031	0,060	0,090
	10 (281) сд**	4,33	7,0	0,030	0,110	0,116
	8 (282) дм	4,75	6,5	0,143	-0,091	0,103
	11 (282) сд	4,75	6,5	0,125	0,012	0,012
	9 (284) дм	5,11	4,5	0,089	0,071	0,027
	12 (284) сд	5,11	4,5	0,087	-0,040	0,080
В среднем по опыту	дм	4,73	6,0	0,088	0,013	0,073
	сд	4,73	6,0	0,081	0,027	0,069
КУСХП «Сиротинский», Шумилинский район (злаковые травосмеси)	21 (751) дм*	5,48	4,5	0,093	-0,002	0,160
	24 (751) сд**	5,48	4,5	0,078	0,011	0,031
	22 (742) дм	5,43	4,5	0,036	0,127	-0,031
	25 (742) сд	5,43	4,5	0,016	0,076	0,149
	23 (743) дм	5,18	7,0	0,024	0,096	-0,001
	26 (743) сд	5,18	7,0	0,020	0,069	0,017
В среднем по опыту	дм*	5,36	5,33	0,051	0,073	0,042
	сд**	5,36	5,33	0,038	0,052	0,066

* Доломитовая мука.

** Сыромолотый доломит.

Влияние известковых мелиорантов на продуктивность культур звена севооборотов на произвесткованных дерново-подзолистых легкосуглинистых и связносупесчаных почвах

песчаных почвах показана на примере в Витебском, Городокском и Шумилинском районах (табл. 6).

Таблица 6

Влияние известковых мелиорантов на продуктивность культур звена севооборота в производственных опытах на дерново-подзолистых легкосуглинистых и связноупесчаных почвах

Наименование района, хозяйства	Номер элементарных участков	Продуктивность, ц/га к. ед. (на травах по сухому веществу по 2-му укусу)			
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	в сумме за 2019–2021 гг.
Витебский район (горох усатый, 2019 г. – пшеница озимая, 2020 г. – ячмень, 2021)					
ф/л Рудаково	1 (1201) дм*	87,7	88,6	39,5	215,8
	4 (1201) сд**	75,6	90,3	46,9	212,8
	2 (1207) дм	52,2	83,1	47,4	182,7
	5 (1207) сд	47,7	102,9	49,0	199,6
	3 (1209) дм	50,7	123,1	43,3	217,1
	6 (1209) сд	45,4	98,4	52,3	196,1
	В среднем	63,5*/ 56,2**	98,3*/ 97,2**	43,4*/ 49,4**	205,2*/ 202,8**
Городокский район (бобово-злаковые травосмеси, 2019–2021 гг.)					
УП «Северный»	7 (281) дм*	30,3	31,1	18,5	79,9
	10 (281) сд**	28,2	27,5	27,6	83,3
	8 (282) дм	46,2	25,4	29,2	100,8
	11 (282) сд	44,2	20,0	29,9	94,1
	9 (284) дм	39,1	24,3	28,4	91,8
	12 (284) сд	37,5	22,9	27,8	88,2
	В среднем	38,5*/ 36,6**	26,9*/ 23,5**	25,4*/ 28,4**	90,8*/ 88,5**
Шумилинский район (злаковые травосмеси, 2019–2021 гг.)					
КУСХП «Сиротинский»	21 (751) дм*	58,5	25,3	20,7	104,5
	24 (751) сд**	63,6	26,4	21,6	111,6
	22 (742) дм	78,3	43,2	35,4	156,9
	25 (742) сд	63,4	41,9	30,6	135,9
	23 (743) дм	71,9	38,6	20,3	130,8
	26 (743) сд	69,8	34,6	30,0	134,4
	В среднем	69,6*/ 65,6**	35,7*/ 34,3**	25,5*/ 27,4**	130,7*/ 127,3**

* Доломитовая мука.

** Сыромолотый доломит.

Данные, приведенные в таблице 6 свидетельствуют, что продуктивность культур звена севооборотов как на пахотной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (Витебский район), так и на почвах улучшенных сенокосов и пастбищ в Городокском районе (дерново-подзолистая легкосуглинистая) и Шумилинском (дерново-подзолистая связноупесчаная) в 2019 и 2020 г. (в год действия и 1-й год последействия) была выше при внесении доломитовой муки на фоне NPK по сравнению с сыромолотым доломитом на том же фоне NPK. Во 2-й год пос-

ледействия продуктивность культур звена севооборотов выше на сыромоломом доломите. В сумме за три года она по двум вышеуказанным мелиорантам была близкой, хотя и прослеживалась тенденция ее снижения в варианте с сыромоломом доломитом.

Рассчитана экономическая эффективность применения известковых мелиорантов в звене трехпольного севооборота (посо, овес, ячмень) на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве. Продуктивность за звено севооборота составила на контроле без удобрений – 109,9 ц/га к. ед., в варианте без мелиорантов (NPK) – 147,4, на фоне доломитовой муки – 160,9, на фоне сыромоломом доломита – 165,0 ц/га к. ед. Прибавка от мелиорантов составила 13,5 и 17,6 ц/га к. ед. соответственно, стоимость прибавки урожая за звено севооборота – 106,7 и 139,0 USD/га (при стоимости 1 т к. ед. равной 79 USD/т), затраты на приобретение мелиорантов (стоимость 1 т доломитовой муки в физическом весе (ф. в.) составляла 43,96 белорусских рублей (с НДС), или 17,9 USD (при курсе 1 USD равном 2,45 бел. руб.), сыромоломом доломита – 19,88 руб./га или 8,1 USD (с НДС). Затраты на приобретение гектарной дозы доломитовой муки (3,0 т/га CaCO₃ ф. в. на 1 га) составили 53,8 USD/га, сыромоломом доломита – 27,1 USD/га (8,1 USD*3,351 т/га, при средней его влажности равной 11,7 %), соответственно на внесение – 11,7 и 15,8 USD/га (на 35 % дороже, чем доломитовой муки), доработку дополнительной продукции (25 USD/1 т к. ед.) – 33,8 и 44,0 USD/га. В сумме затраты на 1 га составили 99,3 и 86,9 USD. Прибыль от применения доломитовой муки была на уровне 7,4 USD/га, рентабельность – 7,5 %, от сыромоломом доломита – 52,1 USD/га, при рентабельности – 59,9 % (табл. 7).

Таблица 7

Экономическая эффективность применения известковых мелиорантов в звене севооборота (посо, овес, ячмень) на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (ПРУП им. Котовского Узденского района Минской области)

Вариант	Продуктивность, ц/га к. ед. (2019–2021 гг.)	Стоимость прибавки урожая, за звено севооборота, USD/га	Затраты, USD/га				Прибыль, USD /га	Рентабельность, %
			стоимость мелиорантов (с НДС)	внесение	на уборку и доработку продукции	всего затрат		
Контроль без удобрений	109,9	–	–	–	–	–	–	–
NPK (фон)	147,4	–	–	–	–	–	–	–
Фон + доломитовая мука (3,0 т/га CaCO ₃)	160,9 13,5*	106,7	53,8	11,7**	33,8	99,3	7,4	7,5
Фон + сыромоломом доломит (3,0 т/га CaCO ₃)	165,0 17,6*	139,0	27,1	15,8***	44,0	86,9	52,1	59,9
HCP ₀₅	12,6	–	–	–	–	–	–	–

* Прибавка продуктивности к фону (NPK).

** затраты на внесение доломитовой муки.

*** Затраты на внесение сыромоломом доломита (по данным Витебской ОПИСХ).

ВЫВОДЫ

Полученные экспериментальные данные по урожайности сельскохозяйственных культур и сдвигу почвенной кислотности в полевых и производственных опытах позволяют сделать следующие выводы.

1. Продуктивность культур звена севооборотов при внесении доломитовой муки в 1-й год действия и 1-й год последствия на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных (Минская область) и легкосуглинистых и связносупесчаных (Витебская область), а также сдвиг почвенной кислотности от 1 т CaCO₃ были выше, чем при использовании в эквивалентных дозах сыромолотого доломита.

2. Во 2-й год последствия известковых мелиорантов более высокая продуктивность культур звена севооборотов и сдвиг почвенной кислотности от 1 т CaCO₃ на исследуемых почвах получен при внесении сыромолотого доломита по сравнению с доломитовой мукой.

3. На исследуемых дерново-подзолистых рыхлосупесчаных, связносупесчаных и легкосуглинистых почвах (Минская и Витебская области) не установлено существенных различий в изменении содержания элементов питания в продукции возделываемых культур на фоне 2 форм известковых мелиорантов.

4. Прибыль от применения сыромолотого доломита на фоне NPK за звено трехпольного севооборота (посо-овес-ячмень) на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах составила 52,1 USD/га, рентабельность – 59,9 %, на доломитовой муке – 7,4 USD/га и рентабельность – 7,5 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапа, В. В. Основные мероприятия по повышению плодородия почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь на 2021–2025 гг. / В. В. Лапа [и др.]. // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 2(65). – С. 7-25.

2. Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.

3. Клебанович, Н. В. Известкование почв Беларуси / Н.В. Клебанович, Г. В. Василюк. – Минск: Изд-во БГУ, 2003. – 322 с.

4. Технология повышения производительной способности деградированных торфяных почв при возделывании сельскохозяйственных культур на основе оптимизации баланса калия, кальция и магния / Г. В. Пироговская [и др.]: Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2017. – 35 с.

5. Клебанович, Н. В. Динамика показателей кислотности почв при известковании / Н. В. Клебанович // Вест. БарГУ. Сер. биол. науки (общ. биология). Сельскохозяйств. науки (агрономия): науч.-практ. журнал. – 2015. – Вып. 3. – С. 99–105.

6. Царук, И. Эффективность известкования слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы различными видами мелиорантов / И. Царук, Г. Сафронюк // Аграр. эконом. – 2013. – № 2. – С. 48–52.

7. Богдевич, И. М. Динамика степени кислотности, обеспеченности кальцием и магнием пахотных и луговых почв Беларуси в результате известкования / И. М. Богдевич, О. Л. Ломонос, О. М. Таврыкина // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 159–172.

8. *Иовик, Л. Н.* Агрономическая эффективность известковых мелиорантов на дерново-подзолистой супесчаной почве / Л. Н. Иовик // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця / НАН Беларусі, Палескі аграр.-экал. інст. – Брэст: Альтэрнатыва, 2018. – Вып. 11. – С. 138–140.

9. *Клебанович, Н. В.* Повышение продуктивности кормовых угодий путем известкования / Н. В. Клебанович // Актуальные проблемы адаптивной интенсификации земледелия на рубеже столетий: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2000. – С. 405–408.

10. *Клебанович, Н. В.* Энергетическая эффективность известкования кислых почв Беларуси / Н. В. Клебанович, В. Н. Алексеев // Современные технологии сельскохозяйственного производства: XII междунар. науч.-практ. конф. / МСХ и П Республики Беларусь, УО ГГАУ. – Гродно, 2009. – С. 189–190.

11. *Василюк, Г. В.* Действие различных видов известковых удобрений на продуктивность культур и агрохимические показатели дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / Г. В. Василюк, Т. М. Германович // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / НИРУП Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2004. – Вып.33. – С. 64–67

12. *Карпеня, Г. М.* Состояние кислотности почв и их известкование / Г. М. Карпеня // Наше сельское хозяйство. – 2013. – 21. – С. 40–46.

13. Инструкция по известкованию кислых почв сельскохозяйственных земель / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2019. – 31 с.

14. Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mshp.gov.by/news/e06025630e62a193.htm>. – Дата доступа: 19.07.2019.

15. *Литвинович, А. В.* Мелиоративные свойства, удобрительная ценность и скорость растворения в почвах различных по размеру фракций отсева доломита, используемого для дорожного строительства/ А. В. Литвинович, О. Ю. Павлова, А. В. Лаврищев // Агрохимия. – 2016. – № 2. – С. 31–41.

16. *Galler, Y.* Troken oder feucht? / Y. Galler // Blick ins Land. – 2000. – № 9. – P. 28–29.

17. Технично-экономическое обоснование применения сыромолотого доломита при поддерживающем известковании кислых почв / Г. В. Василюк, И. М. Богдевич, Т. М. Германович. – Минск, 2003. – 12 с.

18. Известкование почв в севооборотах с кальциефобными культурами: рекомендации / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». – Минск, 2006. – 24 с.

19. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. мат. / РУП Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земл. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.

20. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч. практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; рук. разраб.: Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 288 с.

21. Методические указания по проведению регистрационных испытаний макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений в посевах сельскохозяйс-

твенных культур в Республике Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2008. – 36 с. 6.

22. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. – Минск: Бизнесофсет, 2020. – 742 с.

23. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

EFFICIENCY OF RAW MILLED DOLOMIT IN ACTION AND AFTER EFFECT ON SOD-PODZOLIC LOAM SOILS, COHESIVE SANDY AND LIGHT LOAMY SOILS

**H. V. Pirahouskaya, V. I. Saroka, S. S. Khmialeusky, A. S. Maksimchuk,
I. E. Yermalovich, K. V. Danilenka, V. B. Liavontsyeu, I. A. Kryuko,
O. N. Kavalenka, A. S. Napchikina**

Summary

The article presents the data on the effectiveness of dolomite meal and raw-ground dolomite used in the shift of crops (2019–2021) on sod-podzolic mellow Sandy loam soils (Minsk region), on tilth sod-podzolic light loam and on sandy loam soils and light loam soils used for pastures (Vitebsk region). The influence of limestone ameliorants on crop yields of crop rotations, their efficiency, the content of nutrients in the principal product, the shift of soil acidity from 1 ton of CaCO_3 in 1 year of action and in 1–2 years of their aftereffect is shown. The economic effectiveness (Fertilizer profit) of the use of dolomite meal and raw-ground dolomite in the crop rotation millet (2019)–ats (2020)–barley (2021) on sod-podzolic mellow sandy loam soil has been calculated.

Поступила 17.11.21

УДК 631.8:633.11

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА СРЕДНЕОКУЛЬТУРЕННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

**Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева, Т. М. Кирдун, Т. В. Мачок, О. М. Бирюкова,
Ю. А. Белявская, М. М. Торчило**

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

ВВЕДЕНИЕ

В структуре посевных площадей зерновые и зернобобовые культуры в среднем по республике занимают 42–43 %, на 22–23 % этих площадей размещаются посевы озимой пшеницы. За последние 5 лет урожайность зерна данной культуры в среднем составила 37,1 ц/га, при средних дозах удобрений в этот период: