

Цель проведенного анализа многолетней практики известкования почв – оценка ее эффективности, роли в повышении плодородия почв и прогноз последствий в условиях резкого снижения темпов химической мелиорации кислых почв, главным образом, снижение высоких и устойчивых урожаев, ухудшение экологической безопасности. Эта тема в настоящее время крайне актуальна в связи с тем, что основными задачами агропромышленного комплекса Российской Федерации на ближайшую перспективу предусматривают существенное наращивание производства сельскохозяйственной продукции в объемах, удовлетворяющих не только внутренние потребности, но и экспорт.

Многолетние отечественные и зарубежные исследования, а также практика земледелия показали, что кислая реакция почвенной среды является одной из главных причин низких урожаев сельскохозяйственных культур, массовой гибели зерновых и многолетних трав при перезимовке, низкого содержания белка в зерне и кормах, недостаточной эффективности минеральных удобрений. Оптимизация уровня кислотности почв обуславливает решение продовольственной безопасности страны, базирующейся на высокоэффективной системе земледелия, главным звеном которой является расширенное воспроизводство почвенного плодородия посредством применения удобрений [1].

В странах с промывным режимом увлажнения почв (Европа, США, Австралия, Индия, Китай и др.) обязательным приемом является внесение так называемых стражей плодородия – удобрений, содержащих кальций и магний, причем это в различной степени, но обязательно поддерживается государством [2]. Последнее связано с тем, что уровень реакции среды и насыщенности основаниями почвенного комплекса определяют эффективность технологических приемов по возделыванию сельскохозяйственных культур и в первую очередь применения удобрений и новых высокоурожайных сортов. Применение кальция и магнийсодержащих удобрений является важнейшим природоохранным фактором, снижающим в

3...8 раз накопление в растениях радионуклидов и тяжелых металлов. Диетическую продукцию можно получать только на почвах с оптимальным содержанием и соотношением кальция и магния [3, 4].

Актуальность проблемы известкования почв в России связана с наибольшими по сравнению с другими странами площадями почв с избыточной кислотностью (по неполным данным, около 35 млн га) [5]. Зона периодического известкования с промывным режимом увлажнения почв составляет более 60 млн га. Общий недобор урожая от неурегулированности реакции среды в почве составляет ежегодно 18...20 млн т сельскохозяйственной продукции в пересчете на зерно [6]. На кислых почвах в 8...10 раз увеличивается содержание в продукции тяжелых металлов и радионуклидов [7]. За полный период действия 1 т извести окупается тонной сельскохозяйственной продукции в пересчете на зерно.

Как показала практика мирового и отечественного земледелия, известкование почв является высокоэффективным фактором урожайности сельскохозяйственных культур, энерго- и ресурсосберегающим, а также природоохранным мероприятием. Оно оказывает три прямых (не учитывая косвенных) действия на почву [1]:

- устраняет избыточную кислотность среды;
- увеличивает насыщенность почвенного поглощающего комплекса кальцием и компенсирует его потери;
- при использовании магнийсодержащих известковых удобрений создает оптимальный уровень содержания в почве обменной формы этого элемента.

Ослабление почвенной кислотности имеет и другие очень важные

- понижается подвижность алюминия, марганца и железа;
- повышается подвижность и доступность растениям некоторых содержащихся в почве микроэлементов; в частности, очень большое значение для роста растений, в особенности бобовых, имеет происходящее под влиянием известкования повышение подвижности молибдена;

- увеличивается подвижность и доступность растениям содержащейся в почве фосфорной кислоты, а вносимая с удобрениями фосфорная кислота меньше закрепляется почвой и вследствие этого бывает более доступна растениям;

- усиливается жизнедеятельность полезных почвенных микроорганизмов, например, азотобактера, нитрифицирующих бактерий, клубеньковых бактерий, живущих на корнях бобовых растений;

- известкование улучшает физические свойства почвы, в первую очередь ее структуру, так как при этом увеличивается количество и прочность почвенных агрегатов, а это означает улучшение водно-воздушного режима почвы; тяжелые глинистые почвы становятся менее связанными, вследствие чего облегчается их обработка; интервал благоприятной для вспашки влажности у известкованных почв шире, чем у неизвесткованных.

Рассматриваемый прием не только повышает урожай сельскохозяйственных растений, но и в значительной степени улучшает его качество: повышается содержание клевера в сене и снижается количество сорняков; возрастает содержание белковых веществ в сене и в зерне пшеницы, ржи, ячменя, овса и других растений, сахара – в корнеплодах, витаминов – в сене, корнеплодах и зерне. При скармливании богатых кальцием кормов с известкованных полей усиливается рост молодняка, улучшается его костяк [8].

В зоне с промывным режимом увлажнения почв (дерново-подзолистые, серые лесные почвы, ненасыщенные основаниями черноземы) постоянно происходит процесс подкисления среды, связанный с потерями оснований (главным образом – кальция и в меньшей степени – магния) из поглощающего комплекса и образования в результате биологических процессов органических кислот. Например, по расчетам специалистов в Германии, при разложении ботвы свеклы образуется такое количество органических кислот, для нейтрализации которых необходимо более 1 т  $\text{CaCO}_3$ . Корневые выделения растений, а также многие биохимические процессы в почве приводят к подкислению почвенной среды. Во многих странах, в том числе и нашей,

начали выпадать «кислые» дожди, которые хотя и не очень сильно, но влияют на повышение избыточной кислотности почвы [18]. Баланс кальция дает четкий ответ на количественное выражение процесса накопления или потерь этого элемента из почвы, определяющего изменение реакции среды. Он же в России резко отрицательный [9].

Действие мелиоранта на кислотность почвы подразделяется на два периода. Первоначально после внесения известковых удобрений происходит снижение кислотности почвы. Максимальное смещение рНКСI – через 3...5 лет после внесения мелиоранта. В последующем наблюдается постепенное подкисление почвы. Через 7...8 лет эта потеря уже составляет около половины достигнутого в первые годы уровня рН. Эти данные могут быть использованы в практических условиях для планирования повторного известкования. Преобладающими дозами известки в приведенных материалах были 4...6 т/га CaCO<sub>3</sub>, наиболее часто применяемые в Нечерноземной зоне [10].

При рассмотрении данных о подкислении произвесткованной почвы в динамике можно произвести условный расчет потерь ею кальция в пересчете на CaCO<sub>3</sub>. Если реакция среды в почве за 7...8-летний период снизилась на 50 %, то это косвенно свидетельствует о потере ею примерно половины внесенного карбоната кальция (приблизительно 2 т/га). Следовательно, средняя ежегодная потеря за этот период составила 250...300 кг/га CaCO<sub>3</sub> [9].

Очень большое значение имеет известкование при углублении пахотного слоя кислых подзолистых и дерново-подзолистых почв при систематическом применении физиологически кислых минеральных удобрений, особенно азотных и калийных, которые оказывают усиливающие действие на потери кальция из почвы и, как следствие рост почвенной кислотности. Это отрицательное явление можно проиллюстрировать результатами длительного полевого опыта на ЦОС ВНИИА (рисунок). Нарастающее отрицательное действие азотно-калийных удобрений на физико-химические свойства почвы за 6 ротаций полевого севооборота привело сначала к их частичной, а затем и к полной неэффективности [11].

Результаты многолетних полевых опытов и агрохимического обследования сельхозугодий показали, что подкисление почвенной среды на черноземах происходит в несколько раз интенсивнее, чем на дерново-подзолистых почвах. Среднегодовые потери кальция из корнеобитаемого слоя черноземов составляют около одной тонны в пересчете на  $\text{CaCO}_3$ , а в некоторых случаях достигают 1,5 т. Уже зафиксированы выщелоченные и оподзоленные черноземы с сильнокислой реакцией среды ( $\text{pH} < 4,5$ ). На таких почвах даже при полном отсутствии активного алюминия отмечается высокая эффективность известкования [3].

Без известкования нельзя решить проблемы магния в земледелии. Это очень актуальная в настоящее время задача, так как почти повсеместно на растениях наблюдается симптомы магниевое голодания, особенно на почвах легкого механического состава – песчаных и супесчаных, площадь которых составляет около 7 млн га. В условиях малого производства магниевых удобрений только применение магнийсодержащих известковых материалов (доломитовой, доломитизированной, магниезальной муки и некоторых видов металлургических, например, мартеновских шлаков) можно решить на длительный период задачу создания в почве доступных для растений соединений магния.

В настоящее время проблема магния обостряется, так как в результате миграции из корнеобитаемого слоя с инфильтрационными водами и выноса с урожаями растений ежегодные потери этого элемента составляют 0,7...1 мг на 100 г почвы. При среднем его содержании около 8 мг/100 г почвы этого запаса хватает на 8...11 лет. Это именно тот срок, когда практически перестал поступать в почву магний с удобрениями, а мобилизовать его из валовых форм в почве нельзя. Поэтому в ближайшие годы необходимо наладить применение магниевых и магнийсодержащих известковых удобрений, в особенности на почвах легкого гранулометрического состава, которые к тому же, как правило, нуждаются в устранении избыточной кислотности [12].

Использование почв под культуру риса связано с длительным их затоплением в течение 4...5 месяцев, которое создает в ней восстановленные условия. Вследствие изменения окислительно-восстановительного режима меняется направленность биологических, химических и физико-химических процессов. Частное следствие этого – высокая агрономическая эффективность кальцийсодержащих соединений и большие потери кальция из почвы [13].



В полевом опыте Краснодарского НИИСХ на лугово-черноземной почве при внесении известковой муки урожайность риса повысилась на 3,2...8,2 ц/га, а при внесении гашеной извести прибавка урожая достигла 17,6...18,6 ц/га (таблица). Среднегодовые потери кальция, т/га, в пересчете на CaCO<sub>3</sub> близки к тонне CaCO<sub>3</sub> [14].

Влияние известковых материалов на продуктивность риса

Варианты опыта (дозы CaO, т/га)	Урожай, ц/га	Прибавка, ц/га	Среднегодовые потери Са из почв, т/га	
Контроль	52,4	–	0,5 CaO, или 0,9 CaCO <sub>3</sub>	
Известняк	0,5	52,0		–
	1,0	55,8		3,4
	1,5	60,6		8,2
Гашеная известь	0,5	59,4		7,0
	1,0	70,0		17,6
	1,5	71,0		18,6

Для удовлетворения потребности в химических мелиорантах можно использовать три группы известьсодержащих материалов [15]:

1. Рыхлые (мягкие) карбонатные известковые породы.

2. Известковые удобрения, получаемые в результате переработки твердых известковых пород.

3. Известьесодержащие отходы промышленности, в том числе дефекаат.

Наиболее дешевые известковые удобрения могут давать материалы 1-й и 3-й групп. Имеющихся запасов достаточно для удовлетворения всей потребности страны в известковых удобрениях. Однако ввиду того, что месторождения рыхлых известковых пород и промышленные предприятия, дающие известковые отходы, распределены по зоне, почвы которой требуют известкования, неравномерно, а дальние перевозки известковых удобрений экономически невыгодны. Во многих районах для известкования почв приходится применять удобрения, получаемые в результате переработки твердых известковых пород, в основном известняковую муку. Ориентировочно можно считать, что материалами 1-й группы можно удовлетворить ежегодно 20 % потребности страны в известковых удобрениях, второй группы – 50 % и третьей группы – 30 %.

Одним из путей удешевления стоимости известняковой муки является использование для помола мало прочных известняков (прочность на сжатие – менее 20...40 МПа). К тонкости помола их требования менее жесткие, так как фракции 1...3 мм и даже 3...5 мм обладают высокой химической активностью, которая особенно заметно проявляется в последствии. Запасы малопрочных известняков в нашей стране достаточно велики, причем имеются и очень крупные месторождения, в частности Судогодское во Владимирской области [10].

Особенно перспективным является использование магнийсодержащих форм известковых удобрений – доломитовой, доломитизированной и магнезиальной муки и некоторых форм отходов промышленности, в первую очередь на почвах легкого гранулометрического состава: песчаных и супесчаных. В зоне распространения этих почв в настоящее время почти повсеместно визуально наблюдается на растениях недостаток магния.

Результаты многолетних лизиметрических исследований ВНИИ агрохимии и анализ результатов длительных полевых опытов различных научных учреждений свидетельствуют о том, что средние ежегодные потери магния из почвы (вынос растениями + вымывание) составляют около 1 мг/100 г почвы в год. Даже при оптимальном содержании этого элемента в песчаных и супесчаных почвах его критический уровень может наступить через 6...8 лет. Наиболее реальный и эффективный путь решения проблемы в земледелии – применение магнийсодержащих форм известковых удобрений.

Вопрос о дозировке извести – центральный. Обобщение результатов полевых опытов показало, что применение полных доз, обеспечивающих уровень реакции среды в почве, соответствующий  $pH = 5,6...6$  в течение двух ротаций полевого севооборота оказывают устойчивое положительное влияние на урожай сельскохозяйственных культур. На их фоне применение минеральных удобрений в средних за севооборот дозах (100...120 кг NPK) позволяет достигать окупаемости 1 кг NPK объемом 7...10 кг с.-х. продукции в пересчете на зерно при средней урожайности зерновых 30...40 ц/га. Применение более высоких – полуторных и двойных по гидролитической кислотности доз извести, не имея существенного преимущества, резко снижает окупаемость известковых удобрений и сильно увеличивает вымывание кальция из почвы. Половинные дозы извести применимы в условиях дефицита мелиоранта и финансовых возможностей [16].

Экономические расчеты показали, что при известковании слабо пылящей известняковой доломитовой мукой и металлургическим шлаком окупаемость рубля затрат составляет 2...3 рубля при сроке окупаемости затрат 2...3 года.

Окупаемость тонны  $CaCO_3$  при периодическом известковании, когда величина  $pH$  повышается на 1,5...1,7 ед. и поддерживается в слабокислом интервале, на фоне азотно-калийных удобрений составляет 1,68 т з.е., а на фоне фосфорных удобрений находилась в пределах 1,2 т з.е.



В настоящее время, когда теоретически и экспериментально проработаны вопросы эффективности повторного известкования, выявлены химизм и количественные параметры потерь кальция и магния из почвы, разработаны научные основы и методика прогнозирования динамики кислотности, достаточно точно можно рассчитывать баланс кальция в почве. Однако эти материалы разработаны в основном для Центрального, Северо-Западного экономических районов, Татарстана. В других регионах эти вопросы остаются слабо исследованными.

Альтернативы известкованию как высокоэффективному энергоресурсосберегающему и природоохранному мероприятию нет. Имеется настоятельная необходимость разработки мероприятий по восстановлению всей технологической системы и необходимых объемов проведения известкования, учитывая, что оно является важнейшим звеном в решении проблемы продовольственной безопасности.

Придавая большое государственное значение известкованию кислых почв, разработана ведомственная программа «Развитие мелиоративного комплекса России на период 2019–2024 гг.», что открывает большие возможности для широкого известкования кислых почв в целях их коренного улучшения. До сих пор оно велось совершенно недостаточными темпами, что отрицательно сказывалось на урожайности в Нечерноземной зоне.

Современное состояние отечественного земледелия и экологическая обстановка требует немедленного решения проблемы продовольственной безопасности и улучшения природной среды. Без известкования почв в необходимых объемах (35...40 млн т известковых удобрений ежегодно) этих важнейших проблем не решить. Однако, по данным Росстата, ежегодное производство известняковой муки в Российской Федерации не превышает 1,3...2 млн т и, следовательно, вопросы известкования выходят за рамки отрасли и приобретают характер межотраслевой проблемы.

Совершенно неожиданной и пока непреодолимой проблемой для широкого и планомерного проведения известкования почв явилось

прохождение экологической экспертизы в Росприроднадзоре. Обобщение замечаний в отрицательных заключениях более 40 регистрантов известняковой муки и дефеката показало, что замечания носят формальный характер, совершенно не учитывающие специфику применения мелиорантов. Однако регистрантам приходится повторно подавать документацию для прохождения процедуры ГЭЭ, несмотря на положительные заключения всех профильных организаций, что влечет затягивание получения положительного заключения и срыв проведения известкования почв, не считая многократное увеличение финансовых затрат и т. д.

Следует обратить внимание на тот факт, что ни федеральный закон от 23.11.1995 № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе», ни связанные с указанным федеральным законом иные подзаконные акты не изменялись, однако изменился подход (правоприменение) Росприроднадзора к проведению государственной экологической экспертизы агрохимикатов, что значительно усложнило процедуру. Вот уже почти два года регистранты известковых удобрений не могут пройти эту процедуру.

Известкование почв – одно из условий улучшения физических свойств почв, влияющих на усиление фильтрации, способствующих переформированию поверхностного стока в дренажный, повышению эффективности мелиорированных земель.

В заключение необходимо напомнить, что развитие идей Д.Н. Прянишникова по проблеме оптимизации физико-химических свойств кислых почв свидетельствует о том, что без решения проблемы известкования почв не может быть высокопродуктивного сельского хозяйства, эффективной защиты окружающей природной среды, а также продовольственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормам.