

Г л а в а 4. ИЗВЕСТКОВАНИЕ КИСЛЫХ ПОЧВ

4.1. ОТНОШЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ К РЕАКЦИИ ПОЧВЫ И ИЗВЕСТКОВАНИЮ

Известкование — внесение в почву кальция и магния в виде карбоната, оксида или гидроксида для нежгратации кислотности — является главным и наиболее радикальным средством улучшения свойств кислых дерново-подзолистых почв. Этот прием оказывает многостороннее влияние на улучшение агрохимических, агрофизических и биологических свойств почв, обеспечение растений кальцием и магнием, мобилизацию и иммобилизацию макро- и микроэлементов в почве, создание оптимальных физических, водно-физических, воздушных и других условий жизни культурных растений.

В результате интенсивного известкования за последние 15 лет в Беларуси значительно сократилось количество кислых почв. Однако и в настоящее время, по данным восьмью-то тура агрохимического исследования почв, 289,7 тыс. га пахотных угодий имеют первую и вторую группы кислотности (рН КС1 менее 5,0), где, по расчетам БелНИИЦА, недобор продукции составляет 0,68 т к.ед. с гектара; 618,1 тыс. га пашни имеют третью группу кислотности (недобор 0,16 т к.ед. с гектара). Все это из-за кислотности почв в республице ежегодно теряется 300 тыс. т к.ед. растениеводческой продукции. В то же время из-за технологических и организационных упущений при проведении известкования 154,4 тыс. га почв "переизвестковано", т.е. имеют щелочную реакцию почвенной среды (рН КС1 более 7,0). На таких землях ежегодно недобирается 0,41 т к.ед. с гектара, а в целом по республике — 63,3 тыс. т к.ед.

Таким образом, ежегодный суммарный резерв повышения продуктивности пашни при условии строгого соблюдения проектно-сметной документации по известкованию почв в ближайшем году может составить 363,3 тыс. т к.ед. На сенокосах и пастбищах недобор продукции из-за высокой кислотности почв оценивается примерно в 250 тыс. т к.ед. в год.

Для каждого вида растений существует наиболее бла-

гоприятный для роста и развития интервал реакции почвенной среды. Большинство культурных растений и почвенных микроорганизмов лучше развиваются при реакции почвенной среды, близкой к нейтральной (рН КС1 6—7).

По отношению к реакции среды и отзывчивости на известкование сельскохозяйственные культуры подразделяют на несколько групп:

первая группа — культуры, не переносящие кислых почв: люцерна, эспартер, сахарная, столовая и кормовая свекла, капуста. Они хорошо растут только при нейтральной или слабощелочной реакции почвенной среды (рН 7—7,5) и очень активно отзываются на внесение известки даже на слабокислых почвах;

вторая группа — культуры, чувствительные к повышенной кислотности: ячмень, яровая и озимая пшеница, кукуруза, соя, фасоль, горох, вика, кормовые бобы, клевер, отруец, лук, салат. Они лучше растут и развиваются при близкой к нейтральной реакции (рН 6—7) и хорошо отзываются на известкование не только сильно- и среднекислых, но и слабых почв;

третья группа — слабочувствительные к повышенной кислотности почв культуры: рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка, редис, морковь, томаты. Культуры этой группы могут удовлетворительно расти в довольно широком диапазоне почв — от кислых до слабощелочных (рН от 4,5 до 7,5), но наиболее благоприятны для их роста почвы со слабощелочной реакцией (рН 5,5—6,0). Они положительно реагируют на известкование сильно- и среднекислых почв полными дозами, что объясняется не только непосредственным снижением кислотности, но и эффектом улучшения питания растений азотом и зольными элементами после известкования;

четвертая группа — культуры, требующие известкования только средне- и сильнокислых почв. Так, на урожайности картофеля практически не сказывается небольшая кислотность, а лен даже лучше растет при слабощелочной реакции почвенной среды (рН 5,5—6,0). Высокие дозы СаСО₃ при недостаточном внесении удобрений, прежде всего калийных, отрицательно влияют на качество продукции этих культур; картофель сильно поражается паршой, снижается содержание крахмала в клубнях, а лен заболевает калиевым хлорозом, ухудшается качество волокна. Эти последствия связаны не столько с нейтрализацией кислотности, сколько с уменьшением в почве при известковании

усвоаемых соединений бора, цинка, меди и повышением концентрации ионов кальция в почвенном растворе, из-за чего затрудняется поступление в растения других катионов, в частности магния и калия. В севооборотах с большим удельным весом картофеля и льна при использовании высоких доз удобрений, особенно калийных, известкование можно проводить полными дозами, причем лучше использовать доломитовую муку, которая кроме кальция содержит магний. Так как известкование уменьшает доступность соединений бора, цинка, меди в почве, необходимо вносить также удобрения, содержащие эти элементы. При выношении этих условий на известкование не окажет отрицательного действия на лен и картофель и будет способствовать повышению урожайности других культур, более чувствительных к кислотности почвы.

В пятую группу культур включают люпин и сераделлу, которые лучше растут на кислых почвах (оптимальное значение рН 4,5-5,0) и плохо — при щелочной и даже нейтральной реакции. Эти культуры чувствительны к избытку водорастворимого кальция в почве, особенно в начале роста, поэтому отрицательно реагируют на высокие дозы извести. Но при внесении небольших доз известковых удобрений, содержащих магний, урожайность их не снижается. Таким образом, большинство сельскохозяйственных культур отрицательно реагируют на кислотность почвы и положительно отзываются на известкование.

Негативное влияние кислых почв на растения складывается из прямого воздействия повышенной концентрации ионов водорода и многих ковенных факторов. Прямым следствием повышенной кислотности почвенного раствора является ухудшение роста и ветвления корней, уменьшение проницаемости клеток корня. Из-за этого затрудняется использование растениями воды и питательных элементов почвы, нарушается обмен веществ в растениях, ослабляется синтез белков, подавляются процессы прерывания простых углеводов (моносахаров) в сложные органические соединения. Особенно чувствительны растения к повышенной кислотности почвы в первые фазы роста, сразу после прорастания.

Ковенное воздействие повышенной кислотности почвы многосторонне. Коллоидная часть кислых почв бедна кальцием и другими основными катионами, а насыщаясь водородом, минеральные коллоидные частицы постепенно разрыхляются. Этим объясняется малое содержание в кислых

почвах коллоидной фракции, их неблагоприятные физические и физико-химические свойства, плохая структура, низкая емкость поглощения и слабая буферность.

В кислых почвах деятельность полезных почвенных микроорганизмов, особенно свободноживущих азотфиксаторов, а также клубеньковых бактерий, для развития которых наиболее благоприятна близкая к нейтральной, нейтральная и слабощелочная реакция (рН 6,5-7,5), сильно подавлена и недоступна для растений формы азота, фтора и других питательных элементов образуются медленнее и недостаточно, т.е. понижена минерализация органического вещества. В то же время кислая среда способствует развитию в почве грибов, среди которых много паразитов и возбудителей различных болезней растений.

Одно из последствий повышенной кислотности почвы связано с увеличением содержания в ней подвижных алюминия и марганца. Особенно чувствительны к высокой концентрации подвижного алюминия клевер, люцерна, озимые пшеница и рожь (при перезимовке), свекла, лен, торф, гречиха, ячмень. Эти культуры угнетаются при содержании в 1 кг почвы свыше 20-30 мг алюминия.

Подвижные формы алюминия и железа связывают усвояемые формы фосфатов, образуя нерастворимые и труднорастворимые фосфаты полутвердых окислов, поэтому при большом содержании первых ухудшается питание растений фосфором.

В кислых почвах уменьшается подвижность молибдена, он переходит в труднорастворимые формы, и его может неоставать для нормального роста растений, особенно бобовых. В почвах с кислой реакцией, особенно песчаных и супесчаных, мало легкорастворимых соединений кальция и магния, затруднено поступление их в растение, поэтому нарушается питание этими важными элементами. Для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и повышения эффективности удобрений необходимо известкование кислых почв.

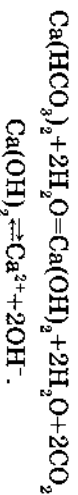
4.2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИЗВЕСТИ С ПОЧВОЙ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ И СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Известь CaCO_3 практически нерастворима в воде (1 весовая единица карбоната растворяется в 100 тыс. весовых

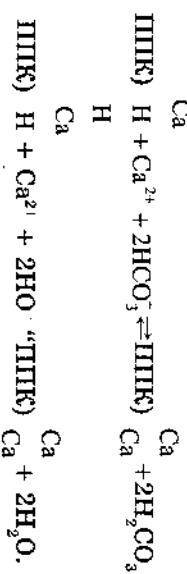
единиц воды). Внесенная в почву известь взаимодействует с угольной кислотой почвенного раствора и нейтрализует ее. При этом нерастворимый в воде карбонат кальция постепенно переходит в бикарбонат кальция (или магния), растворимый в воде:



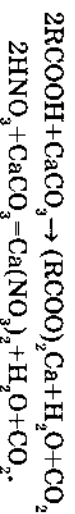
Бикарбонат кальция распадается на ионы Ca^{2+} и 2HCO_3^- и частично подвергается гидролизу:



В почвенном растворе повышается концентрация ионов кальция, которые вытесняют водород из почвенного поглощающего комплекса:



Известь, также нейтрализует свободные органические (гуминовые) кислоты и азотную кислоту, образуящуюся в процессе нитрификации:



Таким образом, при внесении извести устраняется ацидная и обменная кислотность, значительно снижается гидролитическая кислотность, повышается содержание кальция в почвенном растворе и степень насыщенности почвы основаниями. Известкование оказывает положительное воздействие на другие свойства почвы. Кальций, внесенный с известью, способствует образованию почвенных коллоидов, улучшает структуру почвы и повышает ее водопрочность. После известкования улучшается воздушный и водный режимы почвы, меньше образуется на поверхности корка, облегчается обработка тяжелых почв. Снижается содержание в почве подвижных соединений алюминия и марганца, они переходят в неактивное состоя-

ние и не оказывают вредного влияния на растения. Благодаря улучшению физических и химических свойств пахотного горизонта усиливается жизнедеятельность микроорганизмов и мобилизация ими азота, фосфора и других элементов питания из органического вещества почвы. После известкования в почве лучше развиваются азотфиксирующие бактерии (клубеньковые и свободноживущие), обогащающие ее азотом, с другой стороны, подавляются вредные микроорганизмы, уменьшается поражение растений болезнями.

При известковании калий труднорастворимых минералов интенсивнее переходит в подвижные соединения, а поглощенный поной — вытесняется в раствор, но усвоение его растениями вследствие антагонизма между катионами K^+ и Ca^{2+} не увеличивается.

Известкование влияет и на подвижность и доступность для растений микроэлементов. Соединения молибдена переходят в более усвояемые формы, улучшается питание растений этим элементом, подвижность соединений бора, меди, цинка и марганца, наоборот, уменьшается и растения могут испытывать недостаток в них. Поэтому на известкованных почвах эффективно внесение удобрений, содержащих эти элементы, особенно под требовательные к ним культуры — сахарную и кормовую свеклу, клевер, люцерну, лен, картофель, гречиху, лук и др. Внесение известковых удобрений обогащает почву кальцием, а при использовании доломитовой муки и магнема, что очень важно для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, потребляют большее количество указанных элементов.

4.3. ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

На кислых дерново-подзолистых почвах значительно ниже эффективность минеральных удобрений, особенно азотных, по сравнению с почвами с близкой к нейтральной реакции: оплата азота урожаем на последних в два раза выше. По данным БелНИИЛ, на дерново-подзолистых почвах с $\text{pH} < 5,5$ 1 кг азота давал прибавку 7,6 кг ячменя, 39 — картофеля, 31 — сахарной свеклы, а на почвах с $\text{pH} 5,6-6$ — соответственно 20,2, 53 и 107 кг.

По данным Т. Н. Кулаковской, на кислых суглинис-

тых почвах зерновые культуры используют 1,5% фосфатов, на супесчаных — 5,5%, на почвах с рН 6 и выше — соответственно 14,5 и 15,5%.

Эффективность калийных удобрений тем выше, чем ниже кислотность дерново-подзолистых почв. Это косвенно подтверждается величиной выноса урожая с участка калия. На кислой известкованной (рН 4,2–4,3) дерново-подзолистой почве при однократных внесениях калийных удобрений, по данным БелНИИПА, внесение 240 кг/га калия почти полностью возмещает вынесенное за 5 лет его количество. На известкованной почве с рН 5,6–6 и двойной дозы — 480 кг/га — недостаточно для возвращения вынесенного с урожаем калия. В среднем по республике оплата урожая минеральными удобрениями на известкованных почвах на 15–20% выше по сравнению с кислотными.

Известкование дает наибольшую отдачу при однократном внесении органических и минеральных удобрений. На фоне известки в навозе усиливаются процессы разложения органического вещества и перехода элементов питания в доступную для растений форму.

Известкование кислотных почв улучшает качество сельскохозяйственной продукции: увеличивает содержание крахмала в клубнях картофеля на 0,5–2% и более, сахара в корнях сахарной свеклы на 0,6–1%, сырого протеина в зерне на 0,5–1,1%.

4.4. РОЛЬ КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ В ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ

Кальций необходим для нормального роста наземных органов, и корневых растений. Потребность в нем они ощущают уже в фазе прорастания, и поступает он в растения в течение всего периода активного роста. При недостатке кальция и резком преобладании в почвенном растворе одновалентных катионов (H^+ , Na^+ , K^+) или катионов Mg^{2+} нарушается физиологическая уравновешенность раствора, рост и развитие корней приостанавливаются, они становятся угловатыми, клеточные стенки их ослизняются, темнеют и теряют способность поглощать питательные элементы. Дефицит этого элемента задерживает рост листьев, на них появляются светло-желтые пятна (хлоротичность), а затем они отмирают. При этом образовавшиеся раньше листья, не испытывшие нехватки кальция, остаются

нормальными: они содержат кальция больше, чем молодые, так как растения не могут его перераспределить.

Кальций влияет на обмен веществ растений, передвижение углеводов, превращение азотистых веществ, ускоряет распад запасных белков семян при прорастании. Кроме того, он играет важную роль в построении нормальных клеточных оболочек и установлении кислотно-щелочного равновесия.

Растения содержат кальций в форме солей пектиновой кислоты, сульфата, карбоната, фосфата и цитратов. Кислота кальция. При наличии в почвенном растворе нитратного азота поглощение кальция растениями усиливается, а в присутствии аммиачного азота вследствие антагонизма между катионами Ca^{2+} и NH_4^+ — снижается. Препятствуют накоплению кальция в растениях высокая концентрация в почвенном растворе ионов водорода и других катионов.

Растения очень отличаются по уровню потребления кальция. При урожайности 20–30 ц/га зерновых, 200–300 ц/га корнеклубнеплодов и 500–700 ц/га капусты с 1 га посевов рожь, пшеница, ячмень и овес выносят от 20 до 40 кг СаО; горох, вика, фасоль, гречиха, лен — 40–60; картофель, люпин, кукуруза, сахарная свекла — 60–120; клевер, люцерна — 120–250; капуста — 300–500. Больше всего кальция потребляют посевы капусты, люцерны и клевера. Эти культуры также высокочувствительны к кислотности почвы. Рожь и овес, усваивая сравнительно мало кальция, хорошо переносят кислые почвы, а ячмень и пшеница — плохо. Не очень чувствительны к высокой кислотности картофеля и люпин потребляют много кальция, т.е. закономерности в потреблении кальция и отношении к кислотности нет.

Различные части и органы растения содержат разное количество кальция: в листьях и стеблях его значительно больше, чем в семенах. Поэтому большая часть кальция, вынесенного растениями из почвы, через корма и подстилку попадает в навоз, т.е. возвращается на поля.

Гораздо больше кальция из почвы теряется из-за выщелачивания. На разных по составу почвах в зависимости от культуры, количества осадков, доз и форм известковых и минеральных удобрений на 1 га из пахотного и подпахотного горизонтов может за сезон быть вымыто до 400–500 кг кальция в пересчете на СаО. При внесении высоких доз физиологически кислых минеральных удобрений по-

тери этого элемента сильно возрастают. Однако ввиду того, что в республике для известкования применяются довольно высокие дозы известковых удобрений и значительное количество кальция поступает с органическими и фосфорными удобрениями, в среднем по республике на 1 га содержится около 600 кг кальция, что вполне достаточно для обеспечения питания растений этим элементом.

Магний входит в состав молекул хлорофилла и принимает непосредственное участие в фотосинтезе. Однако хлорофилл содержит только около 10% от общего его количества в растениях. Магний входит также в состав некоторых веществ и фитина, который накапливается преимущественно в семенах. При недостатке магния уменьшается содержание хлорофилла в зеленых частях растений, листья, прежде всего нижние, становятся пятнистыми — «марморными», бледнеют между жилками, а вдоль жилок сохраняется зеленая окраска (частичный хлороз). Затем листья постепенно желтеют, скручиваются с краев и преждевременно опадают. Развитие растений замедляется, ухудшается их рост.

Магний, как и фосфор, содержится главным образом в растущих частях и семенах растений. В отличие от кальция он более подвижен и может перераспределяться растением: из старых листьев он поступает в молодые, а после цветения — из листьев в семена, где концентрируется в зародыше. В семенах магния содержится больше, а в листьях меньше, чем кальция. Недостаток магния больше сказывается на репродуктивных органах растений (семенах, корнях, клубнях), чем на вегетативных (соломе, ботве). Этот элемент играет важную роль в различных жизненных процессах: участвует в передвижении фосфора в растениях, активизирует некоторые ферменты (например, фосфатазу), ускоряет образование углеводов, влияет на окислительно-восстановительные процессы в тканях растений. При достаточном содержании магния усиливаются восстановительные процессы, больше накапливается органических соединений — эфирных масел, жиров и др.; при недостатке, наоборот, активнее идет окисление, возрастает активность фермента пероксидазы, снижается содержание инертного сахара и аскорбиновой кислоты.

Потребность растений в магнии различна: с 1 га посевами разных культур выносятся от 10 до 80 кг MgO. Наибольшее его количество используют картофель, сахарная и кормовая свекла, табак, зернобобовые культуры, бобовые

травы. Чувствительны к недостатку магния конопля, просо, кукуруза.

В почвах магния содержится меньше, чем кальция. Особенно бедны им сильнооподзоленные кислые почвы легкого гранулометрического состава, поэтому использование на них известковых удобрений, содержащих магний, значительно повышает урожайность. Благодаря увеличению объема внесения доломитовой муки, содержащей магний, в среднем в республике значительно повысилось содержание магния в почвах. По данным восьмого тура агрохимических исследований почв, средневзвешенное значение этого показателя 192 кг в 1 кг почвы, что соответствует оптимальному уровню. Однако 9,5% почв по-прежнему слабо обеспечены магнием — меньше 90 мг в 1 кг. Особенно значительное количество таких почв в Томельской (17,7%) и Могилевской (11,2%) областях. Это связано как с широким распространением на юго-востоке республики почв легкого гранулометрического состава, так и с длительным применением там известковой муки, не содержащей магния.

Таким образом, для известкования кислых почв лучше использовать доломитовую муку, это позволит повысить содержание в почве магния до оптимального уровня на всей площади сельскохозяйственной республики. Доломитовую муку рекомендуется также вносить на пахотных почвах с благоприятной реакцией среды, но с низким (меньше 90 мг/кг) содержанием MgO, т.е. в качестве магниевого удобрения (в дозе 2 т/га один раз в три года).

Наряду с этим в республике имеется 3,8% почв с содержанием обменного магния более 450 мг в 1 кг почвы, т.е. актуальной становится проблема его возможного избытка.

4.5. ПОТРЕБНОСТЬ В ИЗВЕСТКОВАНИИ И ДОЗЫ УДОБРЕНИЙ

Эффективность известкования зависит от уровня кислотности почвы: чем он выше, тем острее потребность во внесении известковых удобрений и больше отдачи от них.

О кислой реакции почвы свидетельствуют некоторые внешние признаки. Кислые сильноподзолистые почвы обычно белесоватые, у них ярко выраженный подзолитый горизонт — 10 см и более. На повышенную кислотность почвы указывают также плохой рост и сильное из-

реживание посевов клевера, люцерны, озимой пшеницы при переизморке, активное разнитоие устойчивых к кислотности сорняков: щавелька, пикульника, торницы полевой, лютика ползучего, белюса, шучки, хвоща и др. Больше количество лебеды и крапивы указывает на то, что почва не только кислая, но и богата элементами питания.

Однако более точно уровень кислотности и дозы известковых удобрений устанавливаются после определения обменной или гидролитической кислотности почвы, а также степени насыщенности ее основаниями. В условиях Беларуси известкованию подлежат:

дерново-подзолистые песчаные, супесчаные почвы пахотных, сенокосов и пастбищ, имеющие показатель кислотности пахотного горизонта рН КС1 5,50 и менее;

дерново-подзолистые суглинистые и глинистые почвы с рН КС1 6,0 и ниже;

торфяно-болотные почвы с рН КС1 5,0 и ниже; почвы рекультивируемых земель (выработанные торфяники, карьерные участки и др.), если кислотность подопавляемого в качестве пахотного или гумусового горизонта имеет рН КС1 5,5 и ниже.

На землях с уровнем загрязнения более 1,0 Кг/км² по цезию-137 или более 0,15 Кг/км² по стронцию-90 дополнительно известкуются рыхлосупесчаные почвы с рН КС1 5,51-5,75; связносупесчаные почвы с рН КС1 5,51-6,00.

Оптимальными интервалами кислотности (рН КС1), в которых обеспечивается наибольшая продуктивность припавших для Беларуси севоборотов являются:

Почвы	В среднем	В том числе по типам севоборотов		
		со льном, картофель, люпином, овсом, озимой рожью	зерно-травяно-пропаш-ные с ку-курузой, корнелю-дами	зерно-сенокосно-ные, при-ферские (кленец, люцерна), овце-коровные
Дерново-подзолистые:				
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	-	-	-

Основное известкование проводится на почвах первой и второй групп кислотности, поддерживающее, рассчитанное на компенсацию подкисляющих факторов на почвах при относительно благоприятном исходном уровне кислотности, — на почвах третьей и четвертой групп по типам севоборотов в зависимости от их насыщения кальциефобными и кальциефильными культурами.

В севоборотах с высоким насыщением льном, картофелем и люпином известкование следует проводить при рН КС1 5,5 и ниже (на песчаных почвах — 5,25 и ниже). Рекомендуется вносить известк непосредственно под эти культуры или за четыре и более лет до их посева.

При известковании очень важно установить оптимальную дозу известки с учетом особенностей почвы и возделываемых культур. Наиболее точно это можно сделать по гидролитической кислотности (в тоннах СаСО₃ на 1 га). В этом случае величину гидролитической кислотности (Нг), выраженную в мг-эквивалентах (мг-экв в 100 г сухой почвы), умножают на коэффициент 1,5, т.е. доза СаСО₃=Нг·1,5. Формула получена в результате следующих расчетов. Для нейтрализации 1 мг-экв кислотности (ионов Н⁺) в 100 г почвы требуется 1 мгэкв или 50 мг СаСО₃; умножив последнюю величину на массу пахотного слоя одного гектара почвы (3·10⁶ кг) и разделив на 1·10⁹ (для пересчета миллиграммов в тонны), получим:

$$\text{доза СаСО}_3 = \frac{\text{Нг} \cdot 500 \cdot 3 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^9} = \text{Нг} \cdot 1,5.$$

Дозы известковых удобрений можно также определять на основании типа и гранулометрического состава почв, исходного уровня кислотности (рН КС1), содержания гумуса в почвах, плотности загрязнения территории радионуклидами.

Средние дозы известковых удобрений, рассчитанные с учетом вышеуказанных показателей для пахотных почв, приведены в табл. 4.1 и 4.2, для сенокосов и пастбищ в табл. 4.3. Они рассчитаны на нейтрализацию полной гидролитической кислотности на глубину пахотного горизонта до 25 см. При глубине пахотного горизонта более 25 см доза известковых удобрений увеличивается на 10%.

4.1. Средние дозы известковых удобрений (г/га СаСО₃) для известкования кислых пахотных почв

Вид почвы по гранулометрическому составу	Содержание гумуса, %	рН солевой вытяжки							
		4,25 и ниже	4,26-4,50	4,51-4,75	4,76-5,00	5,01-5,25	5,26-5,50	5,51-5,75	5,76-6,00
Песчаные	Менее 1,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	-	-
	1,51-3,00	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	-	-
	Более 3,00	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	-	-
Рыхлосупесчаные	Менее 1,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	-
	1,51-3,00	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	-
	Более 3,00	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	-
Связносупесчаные	2,0 и менее	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
	Более 2,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	4,5	4,0	3,5
	2,0 и менее	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,0	4,5	3,5
Легко- и среднесуглинистые	Более 2,0	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0	5,0	4,0
	Любое	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0	6,0	5,0
	Тяжелосуглинистые	Любое	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0	6,0
Торфяные	-	8(12,0)*	6,5	5,0	3,0	-	-	-	-
	-	13(19,0)**	10,0	7,5	5,0	-	-	-	-

Примечание: (12,0)* - для почв с рН 4,0 и ниже; (19,0)** - для почв с рН 4,0 и ниже и уровнем загрязнения 1-5 Ку/км² по цезию-137 или 0,15-0,30 Ки/км² по стронцию-90.

4.2. Средние дозы известковых удобрений (г/га СаСО₃) для известкования кислых почв пахотных земель при плотности загрязнения радиоцезиями 5,0-40,0 Ки/км² по цезию-137 или 0,30-3,0 Ки/км² по стронцию-90

Вид почвы по гранулометрическому составу	Содержание гумуса, %	рН солевой вытяжки							
		4,25 и ниже	4,26-4,50	4,51-4,75	4,76-5,00	5,01-5,25	5,26-5,50	5,51-5,75	5,76-6,00
Песчаные	Менее 1,5	8,00	7,5	6,5	5,5	4,5	3,5	-	-
	1,51-3,00	8,5	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	-	-
	Более 3,00	9,0	8,5	7,5	6,5	5,5	4,5	-	-
Рыхлосупесчаные	Менее 1,5	10,0	9,0	8,5	7,0	5,5	5,0	3,0	-
	1,51-3,00	10,5	9,5	9,0	8,0	6,5	6,0	3,5	-
	Более 3,00	11,0	10,0	9,5	8,5	7,5	7,0	4,5	-
Связносупесчаные	2,0 и менее	12,0	10,5	10,0	9,0	8,0	6,5	5,5	4,0
	Более 2,0	13,0	11,5	11,0	10,0	8,5	7,0	5,5	4,5
	2,0 и менее	15,0	14,0	13,0	12,0	11,0	9,5	7,0	6,0
Легко- и среднесуглинистые	Более 2,0	16,0	15,0	14,0	13,0	12,0	10,5	8,0	7,0
	Любое	16,0	15,0	14,0	13,0	12,0	10,5	8,0	7,0
	Торфяные	-	13(19,0)*	10,0	7,5	5,0	-	-	-

Примечание: (19,0)* - для почв с рН 4,0 и ниже.

84

4.3. Средние дозы известковых удобрений (г/га СаСО₃) для известкования кислых почв сенокосов и пастбищ

Вид почвы по гранулометрическому составу	Содержание гумуса, %	рН солевой вытяжки							
		4,25 и ниже	4,26-4,50	4,51-4,75	4,76-5,00	5,01-5,25	5,26-5,50	5,51-5,75	5,76-6,00
Незагрязненные радиоцезиями почвы									
Песчаные	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	-	-	-
	Рыхлосупесчаные	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	-	-
	Связносупесчаные	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	4,5	-	-
Легко- и среднесуглинистые	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0	5,0	4,0	-
	Тяжелосуглинистые	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0	6,0	5,0
	Торфяные (12,0)*	8,0	6,5	5,0	3,0	-	-	-	-
Плотность загрязнения цезием-137 - 1,5-5,0; стронцием-90 - 0,15-0,30 Ки/км ²									
Песчаные	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	-	-	-
	Рыхлосупесчаные	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	-
	Связносупесчаные	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	4,5	4,0	3,5
Легко- и среднесуглинистые	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0	5,0	4,0	-
	Тяжелосуглинистые	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0	6,0	5,0
	Торфяные (19,0)*	13,0	10,0	7,5	5,0	-	-	-	-

Плотность загрязнения цезием-137 - 5,0-40,0; стронцием-90 - 0,3-3,0 Ки/км²

Песчаные	9,0	8,5	7,5	6,5	5,5	4,5	-	-	-
Рыхлосупесчаные	11,0	10,0	9,5	8,5	7,5	7,0	4,5	-	-
Связносупесчаные	13,0	11,5	11,0	10,0	8,5	7,0	5,5	4,5	-
Легко- и среднесуглинистые	16,0	15,0	14,0	13,0	12,0	10,5	8,0	7,0	-
Тяжелосуглинистые	16,0	15,0	14,0	13,0	12,0	10,5	8,0	7,0	-
Торфяные (19,0)*	13,0	10,0	7,5	5,0	-	-	-	-	-

Примечание: (12,0)*, (19,0)* - для почв с рН 4,0 и ниже.

Известкование кислых почв является одним из эффективных способов снижения поступления радиоцезия в почву и растений. Установлено, что внесение известковой дозы, эквивалентной гидротитической кислотности, снижает содержание стронция-90 и цезия-137 в продукции растений в 1,5-2 раза, а в отдельных случаях в три раза. Дозы известковых удобрений на этих почвах зависят от плотности загрязнения радиоцезиями. Для первого уровня загрязнения (по цезию-137 1-5 Ки/км² и стронцием-90 0,15-0,3 Ки/км²) дозы известковых удобрений увеличиваются только на торфяных почвах и дополнительно известкуются рыхлосупесчаные почвы с рН_{ксл} 5,51-5,75;

85

связаносупечтаные почвны с рН_{ка} 5,51-6,0. Для второго уровня загрязненения (5-40 Кд/км² по цезию-137 и 0,30-3,0 Кд/км² по стронцию-90) дозы известковых удобрений устанавливаются из расчета доведения реакции почвенной среды до оптимального уровня за один прием.

Доза известковых удобрений в физической массе определяется исходя из содержания карбонатов (действующих веществ известкового удобрения), а также влажности и гранулометрического их состава:

$$D_{\phi} = D_c \times 10^6 : M : (100 - B) : (A_1 + 0,7 \times A_2 + 0,5 \times A_3 + 0,2 \times A_4),$$

где D_{ϕ} — расчетная доза СаСО₃, т/га; М — содержание действующего вещества, %; В — влажность, %; A_1 — доля частиц менее 1 мм, %; A_2 — доля частиц 1-3 мм, %; A_3 — доля частиц 3-5 мм, %; A_4 — доля частиц более 5 мм, %; 0,7, 0,5, 0,2 — нейтрализующая способность частиц в сравнении с размером частиц менее 1 мм.

При использовании дефеката, карбонатного сапроделя и других матких известковых удобрений

$$D_{\phi} = D_c \times 10^4 : M : (100 - B).$$

Применительно к доломитовой муке, у которой содержание частиц менее 1 мм приближается к 100%, а влажность незначительна, можно применить формулу

$$D_{\phi} = D_c : 0,95.$$

4.6. ИЗВЕСТКОВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Известковые удобрения получают размолом или обжигом твердых известковых пород (известняка, доломита, мела), либо используют в качестве них мягкие известковые породы и отходы промышленности с большим содержанием извести.

Запасы карбонатного сырья в Беларуси вполне сопоставимы с потребностью республики в нем. На территории Беларуси известно более 470 месторождений карбонатных пород общей мощностью около 2,5 млрд. т. Самый крупный источник доломитов — месторождение Руба в Витебской области. Витебское производственное объединение «Доломит» более чем на 90% обеспечивает потребность республики в известковых удобрениях. Для известкова-

ния почв в республике используются также мел (около 1%) и дефекал.

Доломитовую муку получают размолом доломита, который содержит 25-32% СаО и 14-21% MgO, а в пересчете на СаСО₃ — 79,7-110,8%. Это очень ценное известковое удобрение для многих сельскохозяйственных культур: свеклы, картофеля, льна, клевера, люцерны, гречихи, моркови, лука и др. Особенно эффективна доломитовая мука на бедных магнием песчаных и супесчаных почвах. При внесении полных доз доломитовой муки отрицательное действие известкования на карпфель и лен отсутствует или значительно меньше, чем при внесении полных доз других известковых удобрений.

Качество известковых удобрений оценивается не только содержанием соединений, нейтрализующих кислотность почвы, оно зависит также от тонины (тонкости) помола. Чем тоньше помол доломитовой муки, тем скорее и полнее она взаимодействует с почвой, быстрее нейтрализует кислотность.

Государственным стандартом установлены следующие требования к доломитовой муке промышленного производства: содержание нейтрализующих кислотность веществ в пересчете на СаСО₃ — не менее 95%; частиц размером менее 0,25 мм — 90-95%, частиц крупнее 1 мм — не более 3%; влажность — менее 1,5%.

Сыромолотый доломит получают при размоле доломита. Это очень ценное и более дешевое известковое удобрение. По государственному стандарту он должен соответствовать следующим требованиям: содержание углекислого кальция и магния в пересчете на СаСО₃ — не менее 90%; влажность не выше 10%; содержание частиц размером 5 мм не более 3%, 3 мм — 6 и 1 мм — не более 19%.

По влиянию на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур, особенно на слабообеспеченных магнием почвах, сыромолотый доломит приближается к доломитовой муке, хотя энергоемкость на его производство на 40% ниже энергоемкости, связанной с производством доломитовой муки. Сыромолотый доломит имеет экологические преимущества: снижаются потери кальция и магния от вымывания и запыленность воздуха. Его можно вносить любыми центробежными машинами, используемыми в сельском хозяйстве. Основной недостаток сыромолотого доломита — пониженная, по сравнению с доломитовой мукой, нейтрализующая способность и повышенная влаж-

ность. Поэтому его рекомендуется вносить в безморозный период года. Общие энергозатраты на весь комплекс работ по использованию сырого мела доломита на 20% ниже энергозатрат, связанных с использованием доломитовой муки.

Известняковая мука получается при размоле известняков. В воде труднорастворима и эффективность ее в значительной мере зависит от тонны помола. По государственному стандарту известняковая мука должна соответствовать следующим требованиям: содержание углекислого кальция и магния в пересчете на CaCO_3 — не менее 85%; влажность — не выше 2%; содержание частиц размером 0,25 мм — не менее 60%, больше 1 мм — не более 10%. По влиянию на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур на почвах, хорошо обеспеченных магнием, она приближается к доломитовой муке, на почвах, слабо обеспеченных магнием, значительно ей уступает.

Мел содержит до 55% CaO и незначительное количество (0,02–0,6%) MgO , а в пересчете на CaCO_3 — 63–91%. Он отличается от известняков большей мягкостью, легче размалывается, действует быстрее мела того же известняка и поэтому эффективнее последнего, особенно в первый год. Мел, применяемый для известкования, должен соответствовать следующим техническим условиям: содержание действующего вещества (CaCO_3) — не менее 80%; частиц крупнее 5 мм — не более 20%; влажность — не более 15%.

К магким карбонатным породам относятся известковые туфы, торфотуфы.

Торфотуф — это низинный торф, богатый известью. Содержит от 10 до 70% CaCO_3 . Ценное торфо-известковое удобрение для кислых почв, бедных органическим веществом и расположенных вблизи мест залегания торфяных фов.

Из отходов промышленности в качестве известковых удобрений используются дефекал, метилургические шлаки, отходы известковых заводов. По эффективности многие из них не уступают промышленным известковым удобрениям, а экономически они более выгодны, так как исключаются расходы на добычу и размол.

Дефекал — отходы свеклосахарного производства. Содержит в основном CaSO_4 с примесью Ca(OH)_2 , а также небольшое количество N , P_2O_5 и K_2O и органического вещества. Свежий дефекал (дефекационная грязь), содержащий около 40% воды, подсушивают на воздухе до влажно-

сти 25–30%, после чего он становится сыпучим, и в таком виде используют как удобрение. Сухой дефекал содержит 60–75% CaSO_4 , 10–15% органического вещества, 0,2–0,7% N , 0,2–0,9% P_2O_5 и 0,3–1,0% K_2O . Его можно применять для известкования кислых дерново-подзолистых почв, а также как местное удобрение. Дефекал эффективен на почвах с гидролитической кислотностью не менее 2 мэкв в 100 г почвы.

4.7. СРОКИ И СПОСОБЫ ВНЕСЕНИЯ ИЗВЕСТКОВЫХ УДОБРЕНИЙ

Известковые удобрения обладают длительным действием. При внесении полной дозы (основное известкование) они могут положительно влиять на урожайность сельскохозяйственных культур в течение двух ротаций 7–8-польного севооборота, половинной дозы — не более одной ротации (6–7 лет). Наибольший эффект от известкования проявляется на второй-третий год после внесения известковых удобрений, затем кислотность почвы постоянно повышается, пока не возникает потребность в повторном известковании. Особенно быстро увеличивается кислотность известкованных почв при систематическом внесении высоких доз минеральных удобрений, прежде всего физиологически кислых.

Сроки и эффективность повторных известкований зависят от дозы известковых удобрений при первом известковании и доз ежегодно вносимых минеральных удобрений: чем интенсивнее применяются минеральные удобрения, тем чаще нужно проводить известкование. О необходимости повторного известкования судят по степени кислотности на основании агрохимического анализа почвы.

На эффективность известкования в большей степени влияет равномерность распределения известковых удобрений по поверхности поля и качество перемешивания их с почвой. При внесении полевых и полевинных доз способ заделки известки должен обеспечивать перемешивание удобрений на глубине всего пахотного горизонта. Лучше внести их под культивацию или дискование с последующей запашкой. Меньшей дозы удобрений (четверть полной) недостаточно для снижения кислотности во всем пахотном слое, поэтому их вносят в рядки или грядки во время

сева или посадки, т.е. в прикорневую зону. Малые дозы известковых удобрений рассчитаны на повышение урожайности только той культуры, под которую вносятся. При первой же перепапке они распределяются по всему пахотному горизонту, на кислотность которого почти не влияют. Поэтому внесение доломитовой муки и других удобрений малыми дозами можно рассматривать лишь как доплатительную меру для повышения урожайности культур, особенно чувствительных к кислотности почвы (клевера, озимой пшеницы, свеклы, кукурузы и некоторых других).

Известковые удобрения применяются также для нейтрализации физиологической кислотности минеральных удобрений. Чтобы нейтрализовать кислотность 100 кг аммиачной селитры требуется 75 кг СаСО₃; 100 кг сульфата аммония — 120–170 кг; 100 кг мочевины — 80 кг СаСО₃. Предупреждение подкисления почвы повышает эффективность удобрений.

При совместном использовании известки и фосфоритной муки их вносят послонно: фосфоритную муку заделывают осенью во время вспашки зяби, а известь — весной при перепахивании или культивации зяби.

В климатических условиях Беларуси известкование можно проводить круглый год. При этом снижается сезонность выполнения работ, уменьшаются сроки хранения известковых удобрений, увеличивается оборачиваемость складских помещений, рациональнее используются машины и механизмы. Чтобы удобрения не сдувались со снега и не смывались талыми водами, зимой их вносят только на ровных площадях (с уклоном не более 5°) при скорости ветра не более 4–5 м/с. Нельзя проводить известкование по твердому насту и снежному покрову толщиной больше 20 см. Влажность удобрений не должна превышать 7–8%, иначе на морозе они смерзаются. Удобрения должны быть заделаны в снежный покров, а весной — в почву глубокой культивацией. Только при выполнении этих условий эффективность зимнего внесения известки не уступит осеннему.

4.8. ИЗВЕСТКОВЫЕ УДОБРЕНИЯ В СЕВООБОРОТЕ

Особенно отзывчивы на известкование, давая высокую прибавку урожайности, сахарная и кормовая свекла, кле-

вер, люцерна, ячмень, озимая и яровая пшеница, кукуруза и почти все овощные культуры. Поэтому в первую очередь известкуют дерново-подзолистые почвы первой—третьей групп кислотности (рН КС1 менее 5,5), которые отводятся под эти культуры.

В севообороте, насыщенном зерновыми культурами, известь можно вносить под озимые, яровые, под покровные клевер и многолетние травы, в кормовых севооборотах — в первую очередь под корнилоды и кукурузу, а в овощных — под капусту и свеклу или их предшественники.

Почвы под посевы льна и картофеля, как уже отмечалось, нуждаются в известковании только при средней и сильной кислотности, так как при высоких дозах СаСО₃ картофель поражается паршой, снижается содержание крахмала в клубнях, а лен заболевает кальциевым хлорозом, ухудшается качество волокна из-за нарушения кальциевого питания и уменьшения усвояемых соединений бора в почве. Чтобы избежать этого, рекомендуются проводить известкование непосредственно под эти культуры на почвах с рН КС1 не более 5,6. На произвесткованных почвах в севообороте со льном и картофелем дозы калийных удобрений увеличиваются в первые три года на 20%, вносятся также борные, медные и цинковые удобрения. Лучшим известковым удобрением для льна и картофеля является доломитовая мука. При достаточном содержании в почве калия и сокращения сроков и правил внесения удобрений существенно увеличивается урожайность картофеля и выход крахмала с единицы площади. То же можно сказать об урожайности и качестве льна.

Полевые опыты БелНИИПА с люпином показали, что отрицательных последствий известкования также можно избежать, если дополнительно вносить калийные удобрения. На дерново-подзолистой суглинистой почве самый низкий урожай люпина (161 ц/га) был получен на известкованной почве (рН КС1 5,4) с низким содержанием калия (60 мг К₂O в 1 кг почвы). При содержании калия 180 мг/кг почвы отрицательное влияние известкования не проявлялось и урожайность зеленой массы люпина была 395 ц/га. Это подтверждает, что даже культуры, не отзывчивые на известкование, при правильном применении макро- и микроудобрений могут давать высокий урожай и после известкования полными дозами, т.е. на почвах с рН КС1 6–6,5.

Плодовые и ягодные культуры, выращиваемые в рес-

публике, слабо чувствительны к почвенной реакции, однако при сильной кислотности почвы всегда снижают урожайность. Лучший эффект дают магнийсодержащие известковые удобрения.

На сенокосах и пастбищах известь вносят по вспаханной почве при перепахивании и коренном улучшении и заделывают культиватором. Поверхностное известкование на этих угодьях неэффективно и может приводиться лишь одновременно с поверхностным улучшением. После известкования в травостоях уменьшается удельный вес злаковых трав и сорняков, а доля бобовых увеличивается, улучшается их рост и развитие. Благодаря этому повышается продуктивность угодий и питательность сена и пастбищных кормов.

4.9. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЕСТКОВАНИЯ

Отдача от известкования зависит от степени кислотности почвы, особенностей возделываемых культур, нормы и вида известковых удобрений. Чем больше кислотность почвы и выше норма извести, тем больше эффект от известкования. После известкования сильно- и среднекислых дерново-подзолистых почв урожайность озимой пшеницы увеличивается на 3-7 ц/га, озимой ржи, яровой пшеницы, ячменя - на 2-5, клеверного сена - на 8-15, сахарной и кормовой свеклы - на 40-100, кукурузы (зеленая масса) - на 30-70, картофеля - на 10-20 ц/га.

Положительное действие полной нормы извести, по данным БелНИИ земледелия и кормов, проявляется на протяжении 8-10 лет. За это время каждый гектар дополнительно дает примерно 30 ц к. ед., а каждая тонна известкового удобрения на средне- и сильнокислых почвах за ротацию семинольного севооборота - общую прибавку в переводе на зерно 6-8 ц, а за две ротации - 12-15 ц/га. Так как известковые удобрения медленно взаимодействуют с почвой, наибольший эффект от известкования проявляется на второй-третий год после внесения.

Известкование значительно увеличивает эффективность органических и минеральных удобрений. На кислых почвах после известкования ускоряется разложение органических удобрений, а последние усиливают положительное действие извести на свойства почвы. При совместном внесении извести и навоза можно вдвое уменьшать дозу наво-

за, эффективность минеральных удобрений при этом не уменьшается. По данным Т. Н. Кулаковой, после известкования сильнокислых почв эффективность минеральных удобрений под озимую пшеницу и ячмень увеличивается в среднем на 2-2,5 раза, под клевер - в 3-5 раз, картофель и сахарную свеклу - в 1,5-2 раза. Особенно благоприятно известкование при внесении физиологически кислых аммиачных и калийных удобрений, способных подкислять почву, а также под культуру, отрицательно реагирующую на повышенную кислотность.

Экономическая эффективность подтверждена в многочисленных полевых опытах. На сильно- и среднекислых почвах затраты на известкование окупаются стоимостью дополнительного урожая зерновых за один-два года, кормовых - менее чем за год, а картофеля и овощей - от трех до пяти раз за один год, на слабокислых почвах окупаемость удобрений приблизительно в 1,5 раза меньше.

Вопросы для самоконтроля

1. На сколько групп делятся растения по отношению к кислотности почв и известкованию? Охарактеризуйте каждую группу.
2. Как влияет повышенная кислотность на свойства почвы и растения?
3. Опишите механизм взаимодействия известковых удобрений с почвой. Как меняются ее свойства после известкования?
4. Раскажите о влиянии известкования кислых почв на урожайность сельскохозяйственных культур и эффективность органических и минеральных удобрений.
5. Дайте краткую характеристику известковым удобрениям.
6. Как определяется потребность в известковании и дозы извести?
7. Назовите способы и сроки внесения известковых удобрений.
8. Каковы особенности известкования в севооборотах со льном, картофелем, люпином?