

## Тема. Известкование кислых почв

### Значение и отношение сельскохозяйственных растений к реакции почвы и известкованию. Значение кальция и магния в жизни растений

Известкование кислых почв – важнейший агрохимический прием повышения эффективного и потенциального плодородия почв. Повышенная кислотность почв создает неблагоприятные условия для роста и развития культурных растений.

Негативное влияние повышенной кислотности обусловлено рядом причин, основные из которых: недостаток  $\text{Ca}^{2+}$ , повышенная концентрация токсичных  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{4+}$ ,  $\text{H}^+$ , пониженная доступность для растений элементов питания, неблагоприятные физические свойства почв.

Единственным радикальным путем устранения избыточной кислотности является известкование почв, которое способствует устранению токсичности ионов  $\text{Al}$  и  $\text{Mn}$ , улучшению условий гумусообразования и деятельности микроорганизмов; формированию структуры и более благоприятных физико-механических свойств почв; снижению поступления радионуклидов и тяжелых металлов; повышению качества урожая. Известь – превентивная мера от разрушения наиболее важной части – почвенного поглощающего комплекса. По дешевизне, эффективности и ресурсобеспеченности известкованию нет альтернативы.

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

Кальций необходим для нормального роста наземных органов и корней растений. При недостатке кальция и резком преобладании в почвенном растворе одновалентных катионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  или катионов  $\text{Mg}^{2+}$  нарушается физиологическая уравновешенность раствора, рост и развитие корней приостанавливаются, они становятся утолщенными, клеточные стенки их ослизняются, темнеют и теряют способность поглощать питательные элементы.

Магний входит в состав молекулы хлорофилла и принимает непосредственное участие в фотосинтезе. Хлорофилл содержит около 10 % магния от общего его количества в растениях. Он также входит в состав пектиновых веществ и фитина, который накапливается преимущественно в семенах. 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. Большинство сельскохозяйственных культур

положительно реагируют на известкование сильно- и среднекислых дерново-подзолистых почв и дают высокие прибавки урожая.

Известкование улучшает также качество растениеводческой продукции. Под влиянием известкования повышается содержание сахаров в корнеплодах, белка и жира в семенах, больше накапливается каротина и аскорбиновой кислоты в травах и корнеплодах. Известкование кислых почв положительно влияет на посевные качества семян. В последующем такие семена дают более высокие урожаи.

Для каждого вида растений существует наиболее благоприятный для роста и развития интервал реакции почвенной среды. Большинство культурных растений и почвенных микроорганизмов лучше развиваются при реакции почвенного раствора, близкой к нейтральной ( $pH_{KCl}$  5,8-6,5).

По отношению к кислотности почвы и известкованию сельскохозяйственные культуры подразделяют на пять групп.

Первая группа – культуры, наиболее чувствительные к реакции среды пахотного горизонта: люцерна, эспарцет, сахарная, столовая и кормовая свекла, озимая пшеница, капуста, лук, клевер, чеснок, райграс, ежа сборная, кострец, смородина. Они хорошо растут только при слабокислой или близко к нейтральной реакции почвенного раствора ( $pH_{KCl}$  5,8-6,5) и очень хорошо отзываются на известкование даже на слабокислых почвах.

Вторая группа – культуры, чувствительные к повышенной кислотности и хорошо отзывающиеся на известкование: ячмень, яровая пшеница, кукуруза, соя, фасоль, горох, вика, кормовые бобы, клевер, огурец, салат, брюква, турнепс, лисохвост, овсяница луговая, мятлик, яблоня, слива, вишня, земляника. Они лучше растут и развиваются при слабокислой реакции ( $pH_{KCl}$  5,3-6,0) и хорошо отзываются на известкование.

Третья группа – менее чувствительные к повышенной кислотности почв культуры, положительно отзывающиеся на известкование: рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка, груша. Культуры этой группы могут удовлетворительно расти в широком диапазоне почв – от кислых до слабокислых ( $pH_{KCl}$  4,5-6,0). Но наиболее благоприятны для их роста почвы со слабокислой реакцией ( $pH_{KCl}$  5,5-6,0). Они положительно реагируют на известкование сильно- и среднекислых почв полными дозами.

Четвертая группа – культуры, легко переносящие умеренную кислотность, но плохо – нарушение соотношения между кальцием и калием, магнием и бором и требующие известкования только средне- и сильнокислых почв. К этой группе культур относятся: лен, картофель, люпин, морковь, томат, подсолнечник. Оптимальная реакция для них  $pH_{KCl}$  4,8-5,7. Картофель и лен лучше произрастают на почвах с  $pH_{KCl}$  5,0-5,5. Высокие дозы  $CaCO_3$  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 кальциевым хлорозом, ухудшается качество волокна. Однако при известковании доломитовой мукой, которая содержит кальций и магний, внесении повышенных на 20 % доз калийных

удобрений, применении борсодержащих удобрений негативного влияния известкования на урожайность и качество этих культур можно избежать.

В пятую группу культур включают щавель, сераделлу, крыжовник, хорошо переносящие повышенную кислотность и слабо нуждающиеся в известковании. Оптимальная реакция для них составляет  $pH_{KCl}$  4,5-5,0. 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, при хорошей обеспеченности почв калием урожайность их не снижается и даже повышается.

Таким образом, большинство сельскохозяйственных культур отрицательно реагирует на кислотность почвы и положительно отзывается на известкование.

Негативное влияние кислых почв на растения складывается из прямого воздействия повышенной концентрации ионов водорода и многих косвенных 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 превращения простых углеводов (моносахаров) в сложные органические соединения. Особенно чувствительны растения к повышенной кислотности почвы в первые фазы роста, сразу после прорастания.

В кислых почвах подавляется деятельность полезных почвенных микроорганизмов, особенно свободноживущих азотфиксирующих, а также клубеньковых бактерий, для развития которых наиболее благоприятна близкая к нейтральной, нейтральная и слабощелочная реакция с  $pH_{KCl}$  6,5-7,5, а образование доступных для растений форм азота, фосфора и других питательных элементов вследствие снижения минерализации органического вещества протекает слабо. В то же время кислая среда способствует развитию в почве грибов, среди которых много паразитов и возбудителей различных болезней растений.

Отрицательное действие повышенной кислотности в значительной степени связано с увеличением подвижного алюминия и марганца в почве. В кислых почвах уменьшается подвижность молибдена, он переходит в труднорастворимые формы, и его может недоставать 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.

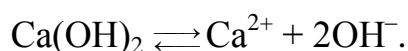
### **Влияние известковых удобрений на свойства, питательный режим почвы и урожайность сельскохозяйственных культур**

Известь оказывает многостороннее положительное влияние на почву. Она нейтрализует почвенную кислотность, улучшает агрохимические, агрофизические показатели и биологические свойства почвы.

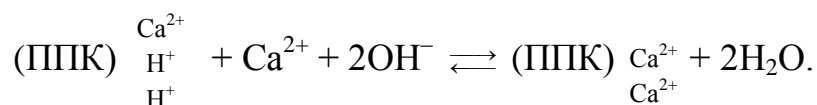
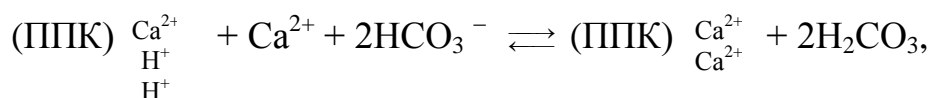
Основное нейтрализующее почвенную кислотность вещество ( $\text{CaCO}_3$ ) практически нерастворимо в воде (1 весовая единица карбоната растворяется в 100 тыс. весовых единиц воды). Внесенный в почву карбонат кальция взаимодействует с угольной кислотой, находящейся в почвенном растворе, и нейтрализует ее. При этом нерастворимый в воде карбонат кальция или магния постепенно превращается в бикарбонат кальция (или магния), растворимый в воде:



Бикарбонат кальция диссоциирует на ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $2\text{HCO}_3^-$  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, образующуюся в процессе нитрификации:



Таким образом, при внесении известковых удобрений устраняется актуальная и обменная кислотность, значительно снижается гидролитическая кислотность, повышается содержание кальция в почвенном растворе и степень насыщенности почвы основаниями. Устраняя кислотность, известкование оказывает многостороннее положительное действие на свойства почвы, создает благоприятную среду для роста растений и жизнедеятельности микроорганизмов. Кальций, внесенный с известью, коагулирует почвенные коллоиды, улучшает структуру почвы и повышает ее водопрочность. После известкования улучшаются воздушный и водный режимы почвы, уменьшается возможность образования корки и облегчается обработка тяжелых почв. Снижается содержание в почве подвижных соединений алюминия и марганца, они переходят в неактивное состояние и не оказывают вредного влияния на растения.

В результате известкования коренным образом изменяются и физические свойства почвы. Прежде всего кальций, внесенный с известью, улучшает микроструктуру почвы, делает коллоиды более водопрочными, причем часто количество водопрочных агрегатов возрастает с увеличением доз извести. Понижается плотность почвы, повышается влагоемкость и гигроскопичность. При этом изменяется аэрация, почва быстрее прогревается, улучшается водный режим. Таким образом, известкование кислых почв в сочетании с применением удобрений является не только непременным условием получения высоких урожаев на кислых почвах, но и мероприятием, способствующим рациональному, более экономному использованию минеральных и органических удобрений.

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

### **Формы известковых удобрений**

Известковые удобрения делятся: 1) на твердые известковые породы, требующие размола или обжига; 2) мягкие известковые породы, не требующие размола; 3) отходы промышленности, богатые известью.

По содержанию  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  твердые породы делятся на следующие группы: известняки – 55-56 %  $\text{CaO}$  и до 0,9 %  $\text{MgO}$ ; известняки доломитизированные – 42-55 %  $\text{CaO}$  и до 9 %  $\text{MgO}$ ; доломиты – 30-32 %  $\text{CaO}$  и 18-20 %  $\text{MgO}$ . По содержанию глины, песка и других примесей твердые породы делятся на чистые известковые породы – не более 5 % примесей (известняк, доломит); мергелистые или песчаные известковые породы – 5-25 %; мергели или песчаные известковые породы – от 25 до 50 % глины или песка.

К мягким известковым породам относятся известковые туфы – 80-98 %  $\text{CaCO}_3$ ; гажа (озерная известь) – 80-95 %  $\text{CaCO}_3$  и др. Из промышленных отходов сланцевая зола содержит 30-50 %  $\text{CaO}$ , 1,5-4,0 %  $\text{MgO}$ , а также другие элементы; дефекат – 60-75 %  $\text{CaCO}_3$ , 10-15 % органического вещества, а также  $\text{N}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ .

На территории Беларуси известно более 470 месторождений карбонатных пород с общим запасом около 2,5 млрд т.

**Молотые доломитизированные известняки и доломиты.** В составе их наряду с карбонатом кальция содержится и карбонат магния. Частицы их менее растворимы и медленнее взаимодействуют с почвой, чем частицы одинакового размера чистой известняковой муки, состоящей в основном из  $\text{CaCO}_3$ .

**Известняковая мука**, полученная размолотом доломитизированных карбонатных пород и доломитов, благодаря наличию магния для песчаных и супесчаных почв ценится выше, чем известковые удобрения, не содержащие магния. Доломитизированные известняки и доломиты обладают повышенной твердостью и малой растворимостью (не вскипают от разбавленного раствора холодной соляной кислоты).

Наиболее рациональным источником для известкования в Республике Беларусь служат доломиты месторождения Руба (Витебская область).

Для известкования кислых почв сельскохозяйственных земель используются материалы, которые в соответствии с Законом Республики Беларусь от 25 декабря № 77-3 «О карантине и защите растений» прошли государственную регистрацию и включены в «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь». Согласно «Инструкции по известкованию кислых почв Республики Беларусь» 2019 г. включены следующие виды известковых материалов: доломитовая мука, карбонатный сапропель, известняк, мел и дефекат, могут использоваться и другие известковые материалы.

Карбонатный сапропель, известняк и мел применяются для известкования сельскохозяйственных земель в районе их добычи.

**Мел** – наиболее распространенная в Республике Беларусь карбонатная порода, почти всецело состоящая из  $\text{CaCO}_3$  (63-91 % на сухое вещество). Мел от других твердых карбонатных пород отличается большей мягкостью и легче поддается размолу.

Согласно техническим условиям мел должен содержать не менее 80 %  $\text{CaCO}_3$ , частиц крупнее 5 мм – не более 20 %, влажность – не более 15 %. Он отличается от известняков большей мягкостью, легче размалывается, действует быстрее молотого известняка и поэтому эффективнее последнего, особенно в первый год. Его целесообразно использовать на почвах, обеспеченных обменным магнием.

**Доломитовая мука.** Получают размолотом доломита, который содержит 25-32 %  $\text{CaO}$  и 17-21 %  $\text{MgO}$  (в среднем 95 % действующего вещества в пересчете на  $\text{CaCO}_3$ ), влажность – менее 1 %. Это основной известковый мелиорант в республике, производимый Витебским ОАО «Доломит». Доломитовая мука является очень хорошим известковым удобрением для многих сельскохозяйственных культур (свекла, картофель, лен, клевер, люцерна, гречиха, морковь, лук и др.). Особенно эффективно ее применение на бедных магнием песчаных и супесчаных почвах.

В условиях слабокислой реакции доломитовая мука в год внесения взаимодействует с почвой медленнее, чем другие известковые удобрения. Но уже на второй и третий год ее действие проявляется в полной мере. Этот вид мелиоранта универсален, в первую очередь используют его для известкования почв I и II группы кислотности, слабообеспеченных обменным магнием. Основное известковое удобрение в Республике Беларусь.

**Сыромолотый доломит.** Одним из путей в Беларуси сокращения материальных и финансовых затрат может быть использование сыромолотого доломита. Содержит не менее 90 %  $\text{CaCO}_3$ , не более 10 % влаги. Из-за повышенной влажности внесение сыромолотого доломита проводится в безморозный период центробежными разбрасывателями. Это удобрение целесообразно использовать в районах Витебской области, прилегающих к заводу «Доломит», а также в районах, имеющих подъездные железнодорожные пути на базах снабжения «Райагросервис». Получают сыромолотый доломит размолотом доломита, ис-

ключается стадия сушки и помола, идет только стадия дробления и сортировки. Дробленный доломит, пропущенный через сито 5 мм в дальнейшем называют сыромолотым доломитом.

**Известняковая мука.** Получается при размоле известняков. Содержание углекислого кальция и магния в перерасчете на  $\text{CaCO}_3$  согласно государственному стандарту должно быть не менее 85 %, влажность – 1,5-2 %, 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 уступает.

**Мергель** содержит 25-75 %  $\text{CaCO}_3$  и глины с песком 20-40 %. Действует медленно, целесообразно применять на легких почвах.

Торфотуфы и омергелеванный торф в нечерноземной полосе встречаются часто в заторфованных долинах рек и ручьев, по днищам оврагов и ложбин, по окраинам торфяников низинного типа, питающихся жесткими грунтовыми водами. В торфотуфах углекислая известь редко пропитывает всю толщу торфа, чаще она образует в нем прослойки толщиной в несколько сантиметров.

Обычно известь в торфе откладывается в его нижних слоях на глубине 0,5-2,0 м и более от поверхности и реже на глубине 30-40 см. Содержание  $\text{CaCO}_3$  в торфотуфах составляет от 25 до 75 %. При высыхании торфотуф покрывается белым налетом углекислого кальция. Если содержание  $\text{CaCO}_3$  в торфотуфе составляет менее 25 % на сухой вес (от 5 до 25 %), то такой известковый материал принято называть омергелеванным торфом. В одной и той же залежи верхний слой может быть представлен омергелеванным торфом, а нижний – торфотуфом или известковым туфом. Торфотуфы и омергелеванный торф – очень ценные местные удобрения, так как при внесении их в почву достигается не только устранение избыточной кислотности, но и обогащение почвы органическим веществом. Омергелеванный торф можно применять в количестве от 20 до 40 т/га, не опасаясь переизвесткования почвы. При применении же торфотуфа следует учитывать содержание в нем углекислой извести и соответственно этому установить норму его внесения в почву.

**Сапропелевые известняки** – илистые отложения на дне озера, обогащенные карбонатом кальция и органическим веществом. Эти известняки нередко залегают под слоем гжи или торфотуфа на глубине более 1-2 м. Сапропелевые известняки являются хорошим материалом для известкования почв. Применяются во влажном состоянии.

**Карбонатный сапропель** содержит более 30 %  $\text{CaO}$ . По эффективности при известковании не уступает доломитовой муке и мелу, особенно на супесчаных и песчаных дерново-подзолистых почвах. Разрешен к применению в Республике Беларусь.

**Известковые отходы промышленности.** Отходы промышленности, содержащие известь, являются дешевым материалом для известкования кислых почв.

Эффективность известковых отходов промышленности нередко является более высокой, чем известняковой муки. Так, например, доменные и мартенов-

ские шлаки, содержащие наряду с кальцием магний, фосфор, марганец и другие элементы питания, дают более высокие прибавки урожая, чем известняковая мука. В шлаках, кроме того, содержится кремниевая кислота, которая снижает содержание подвижного алюминия в почве, что обеспечивает лучшую усвояемость фосфора растениями.

В ряде отходов промышленности могут содержаться вредные для растений соединения (сульфиды и др.), которые до внесения в почву требуют доработки. Однако большинство отходов можно применять без предварительной доработки, и только некоторые из них требуют размола.

**Дефекат** – отходы свеклосахарных заводов. Он состоит в основном из  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и содержит до 40 %  $\text{CaO}$ . Кроме этого в нем имеется 0,2-0,7 % N; 0,2-0,9 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 0,3-1 %  $\text{K}_2\text{O}$ , а также 10-15 % органического вещества. Дефекат должен содержать не более 30 % влаги и не менее 60 %  $\text{CaCO}_3$ . Целесообразно его применять в районах, прилегающих к сахарным заводам. Для его внесения используются машины центробежного типа. Рекомендуются применять в безморозный период на сильно-, среднекислых и высокообеспеченных магнием почвах, при залужении и перезалужении кормовых угодий. На сахарных заводах Беларуси накапливается более 120 тыс. т дефеката, использование которого позволяет не только проводить известкование, но и решать экологические проблемы утилизации отходов.

**Сланцевая зола** – это сухой пылевидный материал с содержанием действующего вещества ( $\text{CaCO}_3$ ) 60-70 %.

Химический состав сланцевой золы и ее физические свойства могут быть довольно различными в зависимости от происхождения сланцев, способа сжигания и удаления золы. Содержащиеся в золе микроэлементы оказывают положительное действие на урожай сельскохозяйственных культур. Нейтрализующая способность сланцевой золы эквивалентна 65-92 %  $\text{CaCO}_3$ . Кальций и магний содержатся в ней в форме кремнекислых и углекислых солей (частично в виде оксидов и гидроокиси). Фосфорная кислота золы малодоступна, а ее магний, кальций и сера легко усваиваются растениями. Являясь комплексным, преимущественно известковым удобрением, сланцевая зола обладает высокой эффективностью. Она нейтрализует почвенную кислотность несколько медленнее и слабее, чем обычные известковые удобрения.

**Пыль печей и цементных заводов** с содержанием  $\text{CaCO}_3$  свыше 60 % обычно применяется в хозяйствах, прилегающих к цементным заводам. Эти известковые материалы вносятся машинами с закрытыми емкостями и с пневмоустройствами.

### **Дозы, сроки и способы внесения извести**

Значение известкования значительно возрастает при систематическом применении повышенных доз физиологически кислых минеральных удобрений. Эффективность известкования зависит от кислотности почв: чем выше кислотность, тем острее потребность в известковании и больше прибавки урожая. О том, что почва кислая, ориентировочно можно определить по некоторым

внешним признакам. Кислые сильноподзолистые почвы обычно имеют белесый оттенок, ярко выраженный подзолистый горизонт, достигающий 10 см и более. На повышенную кислотность почвы и нуждаемость ее в известковании указывают также плохой рост и сильное изреживание посевов клевера, люцерны, озимой пшеницы при перезимовке, обильное развитие устойчивых к кислотности сорняков: щавелька, пикульника, торицы полевой, лютика ползучего, белюса, щучки, хвоща и др. Большое количество лебеды и крапивы указывает на то, что почва не только кислая, но и богата элементами питания. Указанные признаки дают лишь приблизительное представление о кислотности почвы и совершенно не могут служить основанием для установления доз извести. Более точно степень нуждаемости почв в известковании можно установить после определения ее гидролитической кислотности, а также степени насыщенности основаниями.

Потребность почвы в известковании с достаточной для практических целей точностью может быть определена и по обменной кислотности ( $pH_{KCl}$ ) с учетом типа и гранулометрического состава почв.

Оптимальное значение показателя кислотности для пахотных дерново-подзолистых почв дифференцируется в зависимости от гранулометрического состава и составляет в целом по республике  $pH_{KCl}$  6,0–6,2. В настоящее время средневзвешенный показатель кислотности ( $pH_{KCl}$ ) составляет 5,81. В почвах районов, загрязненных стронцием-90, где кальций является наиболее существенным его антагонистом, кислотность почв доведена до оптимальных значений. Можно считать, что в настоящее время достигнута нижняя граница оптимального показателя в Республике Беларусь и задача состоит в том, чтобы поддерживать его на достигнутом уровне.

В Республике Беларусь работы по известкованию кислых почв сельскохозяйственных земель проводятся в соответствии с проектно-сметной документацией (ПСД) на известкование кислых почв. Почвенно-агрохимическое обследование сельскохозяйственных земель проводится раз в четыре года. Для обоснования доз и форм известковых материалов обязательным является определение гранулометрического состава почвы, содержание гумуса в почве, реакции почв  $pH$  в  $KCl$ , содержание обменных форм кальция и магния. План и сметно-финансовый отчет составляется на основе агрохимического паспорта, картограммы кислотности со схемой паспортизируемых участков, наличия ресурсов известковых материалов.

При составлении проекта по известкованию в первую очередь включаются почвы I и II групп кислотности, затем III и IV. При определении потребности в известковых материалах используются средние дозы  $CaCO_3$  (т/га) по группам кислотности. Известкование кислых почв сельскохозяйственных земель включает услуги по переработке доломитовой муки, дефеката, карбонатного сапропеля и мела, их погрузки, перевозке и внесению.

Почвы, сильно нуждающиеся в известковании, известкуют в первую очередь, средннуждающиеся – во вторую и слабо нуждающиеся – в третью очередь. На почвах I и II групп кислотности проводится мелиоративное (основное), на почвах III и IV групп – поддерживающее известкование, рассчитанное на

нейтрализацию воздействия подкисляющих факторов при относительно благоприятном исходном уровне кислотности по типам севооборотов в зависимости от их насыщения кальциефобными и кальциефильными культурами.

Известкованию подлежат следующие сельскохозяйственные земли: дерново-подзолистые песчаные, супесчаные почвы со степенью кислотности  $pH_{KCl}$  пахотного горизонта 5,5 и ниже, суглинистые и глинистые –  $pH_{KCl}$  6,0 и ниже, торфяно-болотные –  $pH_{KCl}$  5,0 и ниже, почвы рекультивируемые (выработанные торфяные месторождения, карьеры и другие) – при  $pH_{KCl}$  5,5 и ниже пахотного или гумусового горизонтов.

В севооборотах со льном, картофелем и люпином известкование проводят при  $pH_{KCl}$  5,5 и ниже (на песчаных почвах – 5,25 и ниже). Рекомендуется вносить известь непосредственно под эти культуры или за четыре и более лет до их посева. В севооборотах с чувствительными к кислотности культурами в первую очередь необходимо известковать не только сильно, но и средне нуждающиеся в известковании почвы.

Внесение известковых материалов проводится после уборки основного и побочного урожая возделываемой культуры. Повторное известкование пахотных почв и перезалужаемых земель разрешается не ранее чем через 4 года после проведения их агрохимического обследования.

Очень важно определить оптимальную дозу извести с учетом особенностей почвы и возделываемых культур. Наиболее точно это можно сделать по гидролитической кислотности (в тоннах  $CaCO_3$  на 1 га). В этом случае величину гидролитической кислотности ( $H_g$ ), выраженную в миллиэквивалентах (мэкв) в 100 г сухой почвы, умножают на коэффициент 1,5, т. е. доза  $CaCO_3 = H_g \cdot 1,5$ . Формула получена в результате следующих расчетов. Для нейтрализации 1 мэкв кислотности (ионов  $H^+$ ) в 100 г почвы требуется 1 мэкв, или 50 мг  $CaCO_3$ ; умножив последнюю величину на массу пахотного слоя одного гектара почвы ( $3 \cdot 10^6$  кг) и разделив на  $1 \cdot 10^9$  (для пересчета миллиграммов в тонны), получим:

$$\text{Доза } CaCO_3 = \frac{H_g \cdot 500 \cdot 3 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^9} = H_g \cdot 1,5.$$

В Республике Беларусь дозы известковых удобрений определяют на основании обменной кислотности с учетом типа и гранулометрического состава почв, исходного уровня кислотности ( $pH_{KCl}$ ), содержания гумуса в почвах, плотности загрязнения территории радионуклидами.

Известкование кислых почв является одним из эффективных способов снижения поступления радионуклидов из почвы в растения. Внесение извести в дозе, эквивалентной гидролитической кислотности, снижает содержание стронция-90 и цезия-137 в продукции растениеводства в 1,5-2 раза, а в отдельных случаях в три раза.

Доза известкового удобрения в физической массе ( $D_{\phi}$ ) определяется исходя из содержания карбонатов (действующего вещества известкового удобрения), а также влажности и гранулометрического состава удобрения и поправочного коэффициента на вид мелиоранта:

$$D_{\text{ф}} = \frac{D_0 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{M(100 - B)(A_1 + 0,7A_2 + 0,5A_3 + 0,2A_4)},$$

где  $D_0$  – расчетная доза  $\text{CaCO}_3$ , т/га;

$M$  – содержание действующего вещества, в пересчете на  $\text{CaCO}_3$ , %;

$B$  – 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 по сравнению с частицами менее 1 мм.

При использовании дефеката, карбонатного сапропеля, мела доза определяется по формуле:

$$D_{\text{ф}} = D_0 \cdot 10^4 : M : (100 - B) \cdot 0,8,$$

для мягких мелиорантов:

$$D_{\text{ф}} = D_0 \cdot 10^4 : M : (100 - B).$$

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

$$D_{\text{ф}} = D_0 : 0,95.$$

Внесение пылевидных мелиорантов осуществляется при скорости ветра не более 6 м/с. При определении скорости ветра пользуются данными метеостанций. Внесение мелиорантов в период плохой проходимости машин не допускается.

Необходимо соблюдать рабочую скорость движения машин по внесению мелиорантов, установленную ширину рассева и параллельность между смежными проходами.

При известковании запрещается вносить мелиоранты машинами с пневматическим приводом рабочих органов при температуре воздуха ниже  $-30$  °С, давлении в цистерне с мелиорантом выше 0,15 Па ( $1,5 \text{ кгс/м}^2$ ), при неисправных моновакуумметрах.

Внесение мелиорантов пневматическими разбрасывателями с уклоном  $7-10^\circ$  запрещается. На полях с более крутыми склонами необходимо использовать центробежные разбрасыватели. Их заезды следует направлять с уклоном  $7-10^\circ$  в сторону подъема склона, а при уклоне более  $10$  градусов – по склону вниз.

Известковые удобрения обладают длительным действием. Наибольший эффект от известкования проявляется на 2-3-й год после внесения известковых удобрений, затем кислотность почвы понемногу повышается и возникает потребность в повторном известковании. Особенно быстро увеличивается кислотность произвесткованных почв при систематическом внесении высоких доз минеральных удобрений, прежде всего физиологически кислых.

Периодичность и эффективность повторного известкования зависят от дозы удобрений при предыдущем известковании и доз ежегодно вносимых минеральных удобрений: чем интенсивнее применяются удобрения, тем чаще нужно проводить известкование. Необходимость повторного известкования определяют по данным агрохимического анализа почвы (кислотность, содержание гумуса, содержание обменного кальция и магния с учетом цикличности известкования).

Эффективность известкования в большой степени определяется равномерным внесением удобрений и тщательным перемешиванием их с почвой. Мелиоранты рекомендуется вносить под культивацию или боронование полей, которые проводят сельскохозяйственные организации.

Известкование подразделяется на мелиоративное – проводится на полях с  $pH_{KCl}$  I и II групп кислотности, поддерживающее – на почвах III и IV групп.

В условиях Республики Беларусь известкование можно проводить круглый год. В зимний период проводится только поддерживающее известкование почв III и IV групп кислотности. Почвы I и II групп кислотности известкуются лишь в случаях, если в другое время года не предоставляется возможным проведение этих работ из-за непроходимости на данных полях специализированной техники.

Запрещается внесение мелиорантов на замерзшие, не покрытые снегом пахотные земли. Глубина снежного покрова, которая не должна превышать 25 см, замеряется непосредственно перед проведением работ по известкованию и указывается в акте приемки работ. Разбрасывающие диски центробежных машин должны быть выше отметки снежного покрова не менее чем на 40 см. Нарезка бульдозерных проходов в толще снега на известкуемых полях не допускается. При этом снижается сезонность выполнения работ, уменьшаются сроки хранения известковых удобрений, увеличивается оборачиваемость складских помещений, рационально 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 3°). Нельзя проводить известкование по твердому насту и снежному покрову толщиной более 25 см. Влажность удобрений не должна превышать 7-8 %, иначе на морозе они смерзаются. Только при выполнении этих условий эффективность зимнего внесения известки не уступает осеннему и весеннему.

Качество внесения мелиорантов на конкретном поле или участке определяется на основе следующих показателей: соответствие нормативной дозе внесения, равномерность внесения, включая удобренность поворотных полос, отсутствие просыпания мелиорантов.

Особенно отзывчивы на известкование, давая высокую прибавку урожайности, сахарная и кормовая свекла, клевер, люцерна, ячмень, озимая и яровая пшеница, кукуруза и почти все овощные культуры. Поэтому в первую очередь известкуют дерново-подзолистые почвы I и III групп кислотности ( $pH_{KCl}$  менее 5,5), которые отводятся под эти культуры.

В севообороте, насыщенном зерновыми культурами, известку можно вносить под озимые, яровые, под покровные культуры, клевер и многолетние тра-

вы, в кормовых севооборотах – в первую очередь под корнеплоды 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  $\text{CaCO}_3$  картофель поражается паршой, снижается содержание крахмала в клубнях, а лен заболевает кальциевым хлорозом, ухудшается качество волокна из-за нарушения калийного питания и уменьшения усвояемых соединений бора в почве. Чтобы избежать этого, рекомендуется проводить известкование непосредственно под эти культуры на почвах с  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,5 и ниже. 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 соблюдении сроков и правил внесения удобрений существенно увеличивается урожайность картофеля и выход крахмала с единицы площади. На таких почвах возрастает урожайность и качество льна.

Плодовые и ягодные культуры, выращиваемые в республике, слабо чувствительны к почвенной реакции, однако при сильной кислотности почти всегда снижают урожайность. Лучший эффект дают магнийсодержащие известковые удобрения.

На сенокосах и пастбищах известь вносят по вспаханной почве при перекальцировании и коренном улучшении и заделывают культиватором. Поверхностное известкование на этих угодьях неэффективно и может проводиться 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.

Эффективность известкования зависит от степени кислотности почвы, особенностей возделываемых культур, нормы и вида известковых удобрений. Чем больше кислотность почвы и выше доза извести, тем больше эффект от известкования.

Известкование является основным условием эффективного применения удобрений на кислых почвах. Удобрения на неизвесткованных почвах часто не дают значительного повышения урожая, особенно культур, чувствительных к кислотности почвы. Известкование резко увеличивает эффективность органических и минеральных удобрений. Совместное внесение извести и навоза на кислых почвах способствует получению высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Под влиянием извести ускоряется разложение навоза и повышается использование содержащихся в нем питательных элементов, а навоз усиливает положительное действие извести на свойства почвы. Совместное внесение извести и навоза позволяет вдвое уменьшить норму навоза без снижения эффективности минеральных удобрений.