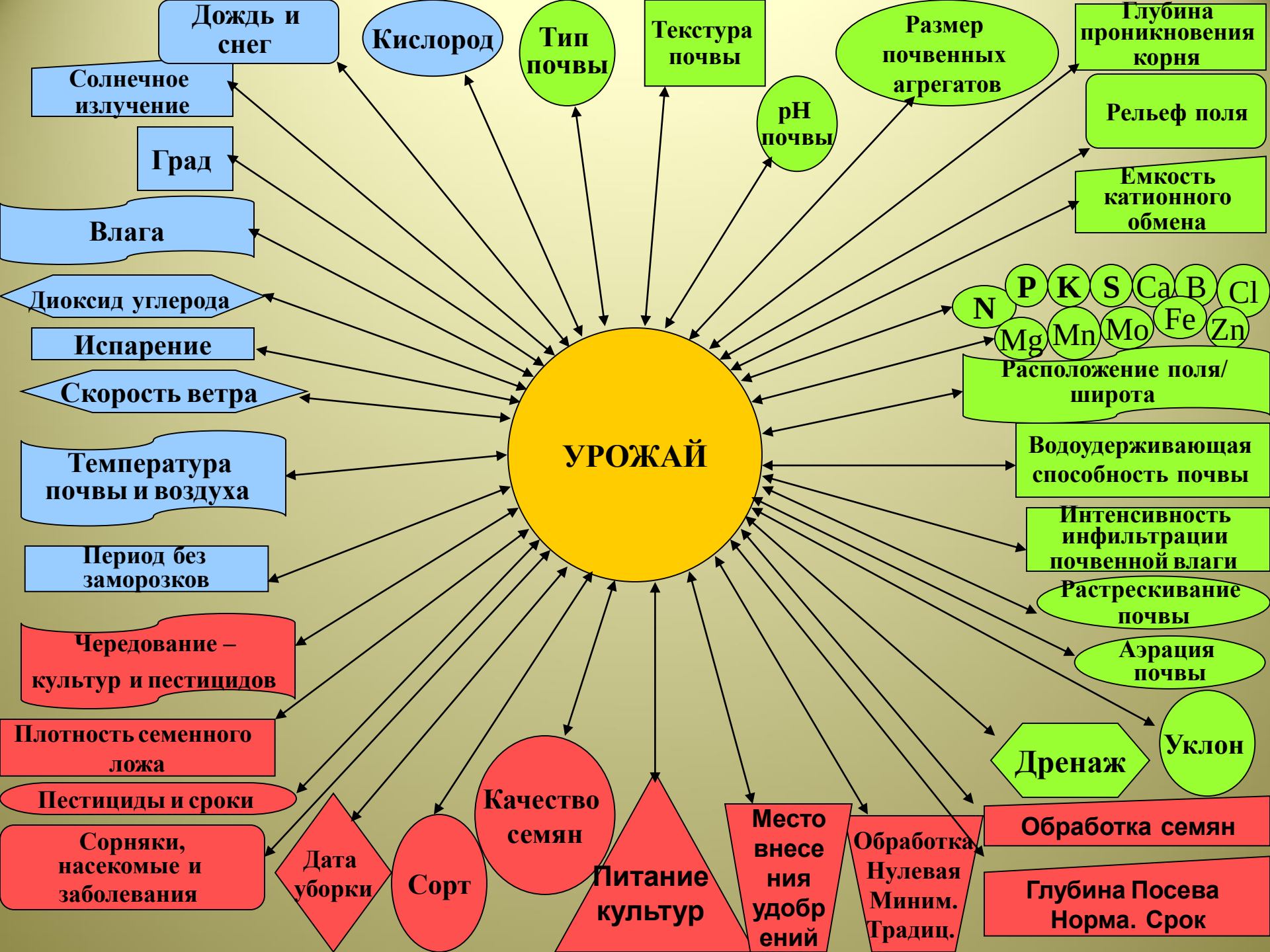




Агрохимические основы применения минеральных удобрений для различных сельскохозяйственных культур с учетом почвенно-климатических условий. Контроль над состоянием плодородия почв, их кислотно-основными свойствами, кальций-магниевый режимом





Согласно долгосрочному прогнозу социально-экономического развития РФ на период до 2030 г., намечено значительно увеличить объем производства зерна. Разработан прогноз с учетом трех сценариев: инерционного, базового и оптимистического.

Инерционный сценарий характеризуется умеренными темпами роста производства сельскохозяйственной продукции и экономики. Он базируется на сохранении достигнутого уровня почвенного плодородия и использования ресурсо-производственного потенциала агропромышленного комплекса.

Базовый сценарий предусматривает дополнительное развитие и усиление инвестиционной направленности в экономику. Он ориентирован не только на сохранение, но и на расширение посевных площадей, без которого невозможно обеспечить население страны продуктами питания, а промышленность сельскохозяйственным сырьем.

Оптимистический сценарий – это реализация мероприятий Государственной программы развития сельского хозяйства форсированными темпами. Он предполагает дальнейшее расширение воспроизводства плодородия почв и на этой основе предусматривает формирование высокоэффективного товарного производства, что позволит повысить урожайность зерновых культур.

Результаты многочисленных полевых опытов, проведенных научно-исследовательскими институтами и агрохимической службой, а также опыт работы сельскохозяйственных предприятий свидетельствуют, что высоких показателей можно добиться только за счет планомерной и целенаправленной работы по повышению плодородия почв путем применения удобрений и средств химической мелиорации. Снижение почвенной кислотности, повышение фосфатного и калийного уровней почв способствуют увеличению урожайности и усилению действия азотных удобрений.

Дозы минеральных удобрений под зерновые культуры в целом по России на 2030 г.

Дозы минеральных удобрений под зерновые культуры в целом по России на 2030 г. Сценарий развития АПК	Планируемый урожай, ц/га	Доза удобрений, кг д.в/га				Окупаемость NPK, кг/кг
		азот	фосфор	калий	всего	
Инерционный	24,6	30	30	30	90	7,1
Базовый	26,8	60	45	45	150	6,3
Оптимистический	30,2	70	45	45	160	7,5
В том числе: по интенсивной технологии	40,0	90	45	45	180	12,1
по базовой технологии	26,4	60	45	45	150	6,0

Путь образования почвы



Показатели плодородия почвы.

Структура плодородия

Агрофизические методы окультуривания включают все приемы обработки почвы, приемы регулирования теплового, водно-воздушного, пищевого режимов, все виды мелиорации и физические методы создания структуры почвы.



Почвенные режимы — закономерные изменения основных почвенных параметров (температуры, влажности, аэрации, химического состава почвенного воздуха и почвенного раствора), выведенные из многолетних данных.

Различают:

- ☐ **температурный,**
- ☐ **водно - воздушный,**
- ☐ **кислотно - щелочной,**
- ☐ **окислительно - восстановительный,**
- ☐ **пищевой,**
- ☐ **биохимический,**
- ☐ **солевой и др. почвенные режимы.**



Физико-механические свойства почв

К **физико-механическим** свойствам относятся:

- ❑ **деформационные** (сжимаемость),
- ❑ **реологические** (пластичность, липкость, усадка, набухание),
- ❑ **прочностные** (связность, твердость, сопротивление при обработке).

Эти свойства имеют огромное значение для оценки технологических свойств почв, т.е. различных условий ее обработки.

Сжимаемость — уменьшение объема почв (уплотнение) под действием внешнего давления. Частным случаем проявления сжимаемости почв и грунтов является просадочность.

Пластичность — способность почвы изменять свою форму (деформироваться) под влиянием внешних воздействий с сохранением при этом сплошности.

Липкость — свойство влажной почвы прилипать к другим телам.

Усадка — уменьшение объема почвы при ее высыхании.

Набухание — увеличение объема почвы при увлажнении. Измеряется в процентах к исходному объему почвы.

Связность — способность почв противостоять внешнему усилию, направленному к разъединению частиц путем раздавливания или сдвига.

Твердость почвы — сопротивление, которое она оказывает проникновению в нее какого-либо тела (шара, конуса, цилиндра и др.) под давлением.

Удельное сопротивление почвы — усилие, затраченное на подрезание пласта, его оборот и трение о рабочую поверхность.

Поглотительная способность почвы

Поглотительная способность почвы — способность почвы поглощать и удерживать твердые, жидкие, газообразные вещества и микроорганизмы.

Совокупность компонентов почвы, участвующих в процессах поглощения, называется **почвенным поглощающим комплексом (ППК)**.

Основную часть ППК составляют почвенные коллоиды.



К.К. Гедройц выделил **пять видов поглотительной способности** почв, отличающихся механизмом поглощения и поглощаемыми веществами:

- **механическую,**
- **физическую,**
- **физико-химическую (обменную),**
- **химическую,**
- **биологическую.**

□ **Механическая поглотительная способность** — свойство почвы поглощать твердые частицы, поступающие с водой или воздухом, размеры которых превышают размеры почвенных пор. В данном случае почву можно рассматривать как набор сит с отверстиями разного размера.

□ **Физическая поглотительная способность** — свойство почвы изменять концентрацию молекул различных веществ на поверхности твердых частиц за счет физического взаимодействия молекул.

Твердыми частицами почвы молекулы вещества из почвенного раствора и почвенного воздуха могут притягиваться (положительная адсорбция) или отталкиваться (отрицательная адсорбция). Притягиваются органические кислоты, спирты, высокомолекулярные органические соединения и др. Отталкиваются многие минеральные кислоты, соли (в том числе нитраты и хлориды), щелочи, некоторые органические соединения. Такие вещества слабо удерживаются в почве и могут вымываться за пределы почвенного профиля.

□ **Химическая поглотительная способность (хемосорбция)** обусловлена образованием труднорастворимых соединений, выпадающих в осадок из почвенного раствора. Например, сорбция фосфатов на поверхности гидроксидов железа и алюминия в почвах с кислой реакцией среды, образование труднорастворимых фосфатов кальция в почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией среды, комплексообразовательная сорбция — образование алюмо- и железогумусовых комплексов, глинисто-гумусовых комплексов и др.

□ **Биологическая поглотительная способность** обусловлена поглощением живыми организмами (корнями растений, животными и микроорганизмами) веществ из почвы. Она характеризуется большой избирательностью поглощения, обусловленной специфической для каждого вида потребностью живых организмов в элементах питания.

□ **Физико-химическая поглотительная способность (обменная)** обусловлена наличием в составе почв **почвенного поглощающего комплекса (ППК)**, представленного почвенными коллоидами.

ППК обладает способностью поглощать и обменивать катионы и анионы, находящиеся на поверхности коллоидных частиц, на эквивалентное количество ионов почвенного раствора.



Кислотность раствора или среды – это водородный показатель, он означает количество активных ионов водорода в растворе.

Физико-механические свойства почв зависят от гранулометрического и минералогического состава, содержания гумуса, состава поглощенных катионов, влажности, структуры почвы и др.

С физическими свойствами, особенно с липкостью, связано важное агрономическое свойство почвы — **физическая спелость** — состояние влажности, при которой почва хорошо крошится на комки, не прилипая при этом к орудиям обработки. Обычно физическая спелость наступает при содержании влаги 35-45% массы почвы.

Оптимизация физических и физико-химических свойств почвы достигается рядом **мелиоративных мероприятий**: известкованием, гипсованием, осушением, орошением, внесением мелиоративных доз торфа, рыхлящих почву материалов (соломы, компостов), пескованием тяжелых почв, глинованием легких почв, травосеянием и др.

Характерным свойством почвы является ее реакция. Она проявляется при взаимодействии почвы с водой или растворами солей и определяется соотношением свободных ионов H^+ и OH^- в почвенном растворе.

Концентрация свободных ионов H^+ выражается величиной **pH**, представляющей отрицательный логарифм концентрации ионов водорода.

pH – «*pondus hydrogenii*» (вес водорода).

Кислотность почвы — способность почвы подкислять воду и растворы нейтральных солей.

Почему важна кислотность почвы.

Чрезмерно высокий (выше 9) или низкий (ниже 4) pH почвы токсичен для корней растений. В пределах этих значений pH определяет поведение отдельных питательных веществ, осаждение их или превращение в неусваиваемые растениями формы.

В кислых почвах (pH 4.0-5.5) железо, алюминий и марганец находятся в формах, доступных растениям, а их концентрация достигает токсического уровня. При этом затруднено поступление в растения фосфора, калия, серы, кальция, магния, молибдена. На кислой почве может наблюдаться повышенный выпад растений без внешних причин - вымочка, гибель от мороза, развитие болезней и вредителей.

В щелочных (pH 7.5-8.5) почвах также нарушается нормальное поглощение элементов: железо, марганец, фосфор, медь, цинк, бор и большинство микроэлементов становятся менее доступными растениям.

Оптимальным считается pH 6.5 - слабокислая реакция почвы. Это не ведет к недостатку фосфора и микроэлементов, большинство основных питательных веществ доступны растениям, т.е. находится в почвенном растворе. Такая почвенная реакция благоприятна для развития полезных почвенных микроорганизмов, обогащающих почву азотом. Хотя отдельные виды растений приспособились к существованию в кислой или наоборот в щелочной среде,

- Действие повышенной кислотности может проявляться прямо или косвенно.
- Прямое действие – нарушение проницаемости мембран, изменение кислотности содержимого клетки, ухудшение поступления питательных элементов и усвоения их растением.
- Косвенное -нарушение структуры почвы, усиление токсического действия отдельных элементов, например, алюминия, марганца, железа, подавление активности микрофлоры. Повышенная кислотность способствует накоплению нитратов в растениях.

Подкисление почвенных растворов органическими кислотами, продуцируемыми организмами при жизни, освобождающимися после отмирания и образующимися при гумификации.

Нейтрализация почвенных растворов при обменных реакциях водорода органических кислот с основаниями, освобождающимися при минерализации органических остатков и разложении первичных минералов.

Эффект физиологического подкисления

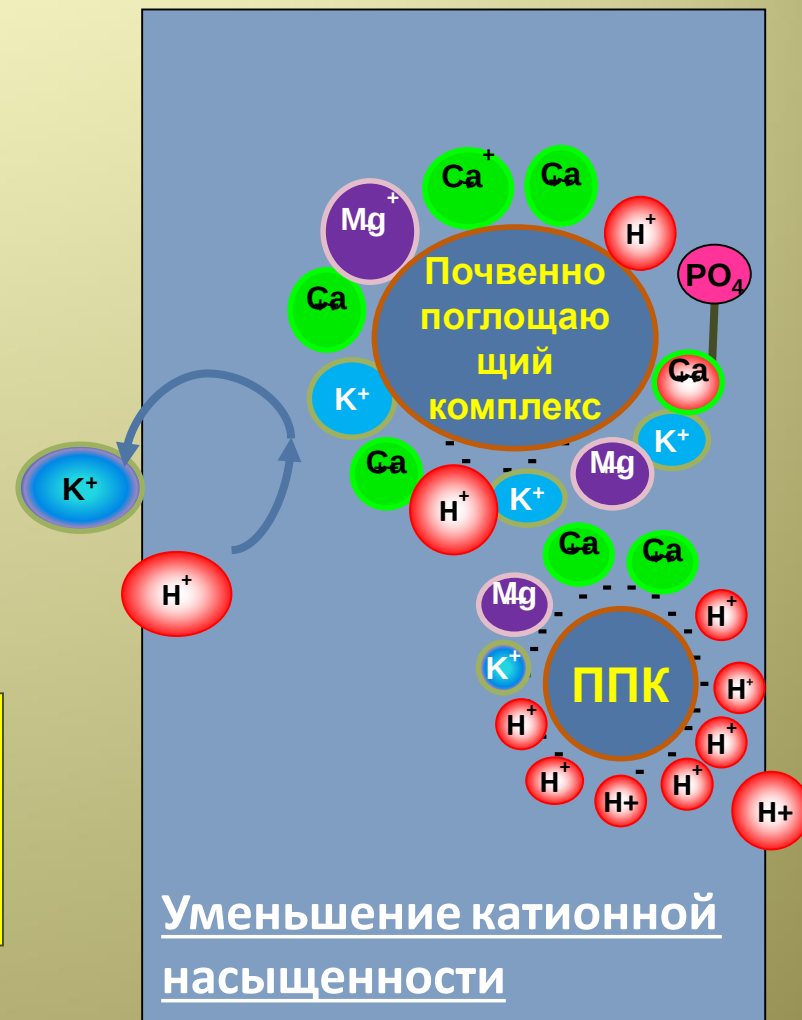
Существенное ограничение доступности элементов питания

Декарбонизация
минералов



Поглощение
катионов
повышает
кислотность

Поглощение
анионов
нейтрализует
кислотность



Уменьшение катионной
насыщенности

Нормы извести для нейтрализации физиологической кислотности удобрений

Подкисление почв при применении удобрений

Удобрение	Питательный элемент	Норма CaCO_3 на 1 кг д.в.
Аммиак	82% - N	1,8
Аммиачная вода	20% - N	1,8
Аммиачная селитра	34,5% - N	1,8
Карбамид	46% - N	1,8
Сульфат аммония	20,5% - N	5,4
KCL	60% – K_2O	0
Сульфат калия	50% - K_2O	0
Суперфосфат	20% P_2O_5	0
Суперфосфат тр.	46% P_2O_5	0

Химическая мелиорация

```
graph TD; A(Химическая мелиорация) --> B(Известкование кислых почв); A --> C(Гипсование); A --> D(Фосфоритование);
```

**Известкование
кислых почв**

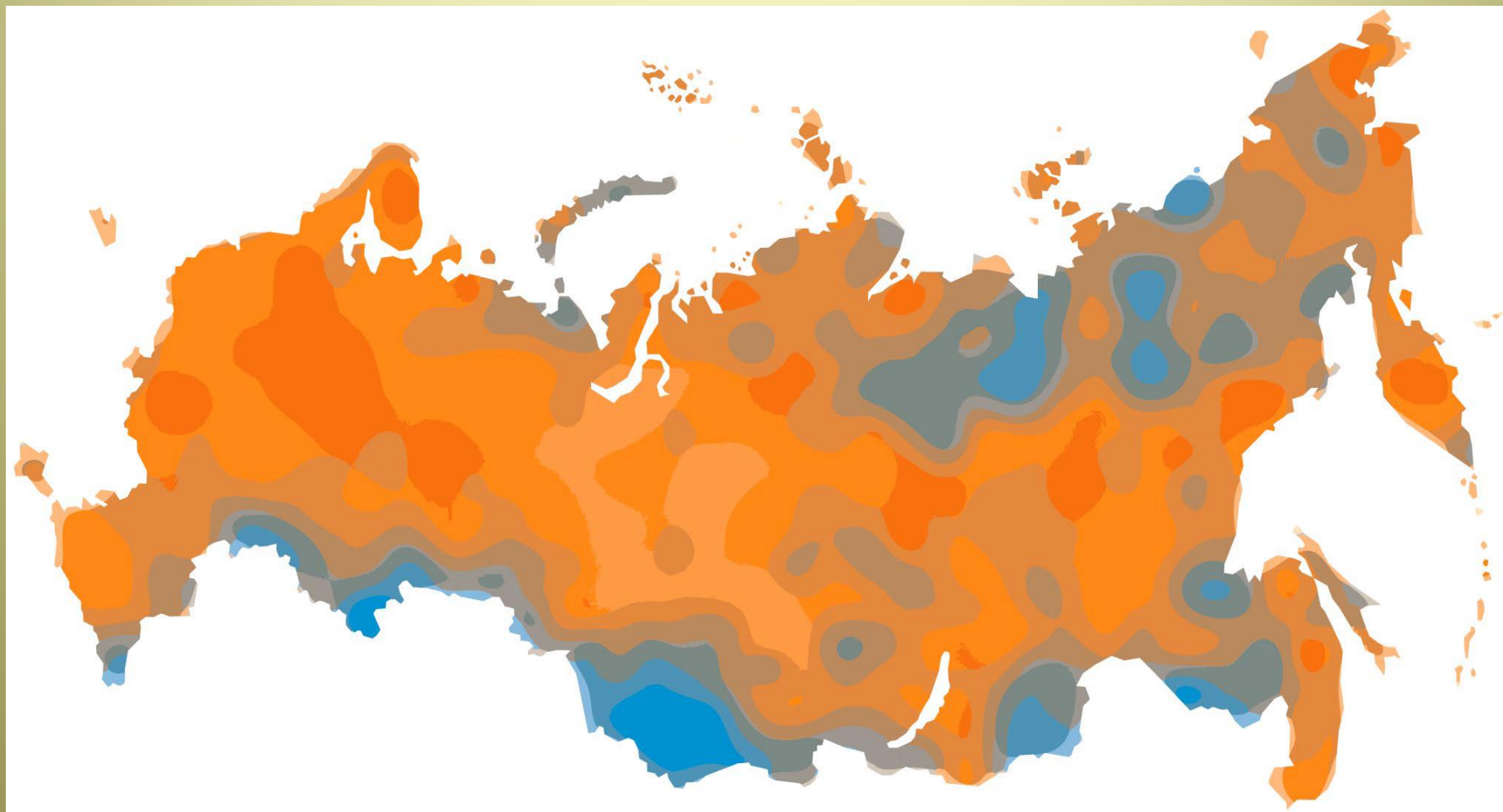
Гипсование

Фосфоритование

Известкование, гипсование и фосфоритование – приёмы химической мелиорации, на длительное время повышающие плодородие почв, имеющие большое природоохранное значение.

Необходимость их применения обусловлена наличием обширных площадей почв, нуждающихся в оптимизации реакции среды, состава поглощенных катионов и содержания подвижных соединений фосфора

ПОТРЕБНОСТИ В ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ РОССИИ

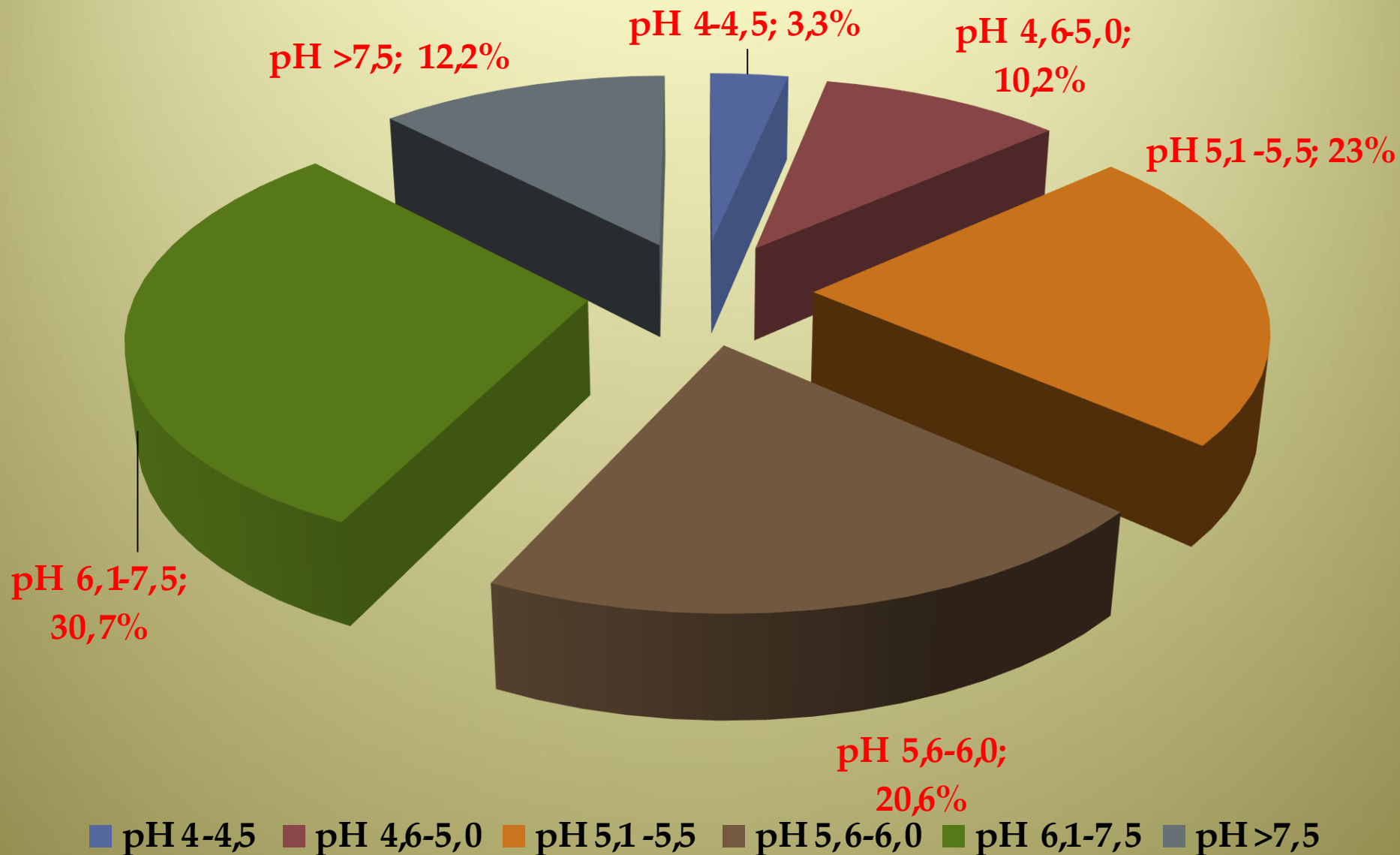


НЕОБХОДИМО ИЗВЕСКОВАНИЕ

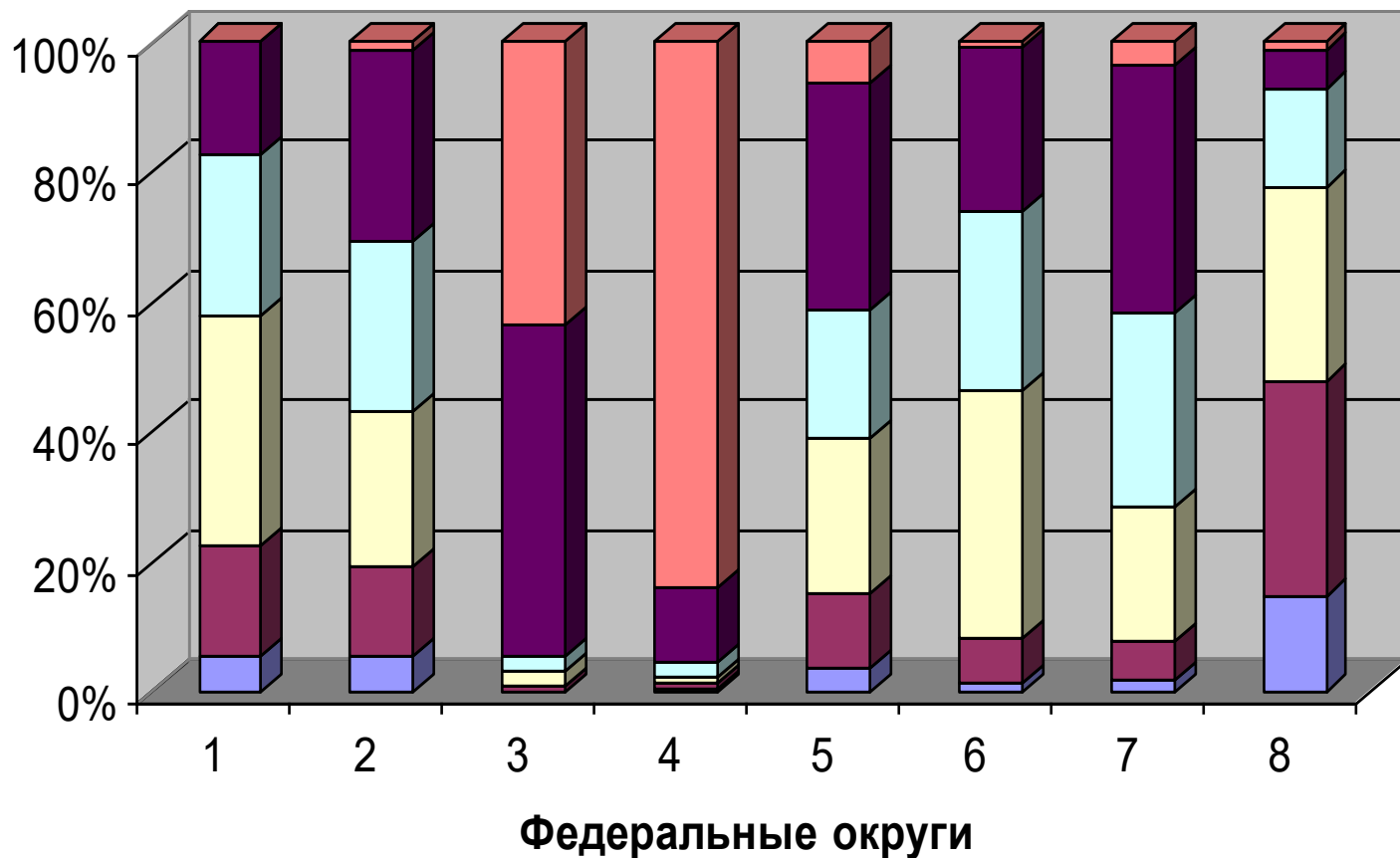


НЕОБХОДИМО ГИПСОВАНИЕ

Распределение площадей пашни по показателям кислотности почв в целом по Российской Федерации(% от обследованной)



Распределение площадей почв пашни по степени кислотности (% от обследованной площади пашни)



1 - Центральный ФО; 2 - Северо-Западный ФО; 3 - Южный ФО;
4 - Северо-Кавказский ФО; 5 - Приволжский ФО; 6 - Уральский ФО;
7 - Сибирский ФО; 8 - Дальневосточный ФО;

Потребность в известковании кислых почв

Федеральный округ, Область, Край, Республика	Площади почв земель сельскохозяйственных угодий, нуждающихся в известковании, га		Потребность в известковых мелиорантах, тонн	
	всего	ежегодно	Всего	ежегодно
Российская Федерация	30 973 551	4 424 793	225 115 586	32 159 369
Центральный	8 126 489	1 160 927	58 164 607	8 309 230
Северо-Западный	1 306 652	186 665	10 433 244	1 490 463
Южный	556 531	79 504	4 383 573	626 225
Приволжский	10 036 781	1 433 826	68 652 897	9 807 557
Уральский	3 156 744	450 963	24 260 198	3 465 743
Сибирский	6 286 212	898 030	42 995 114	6 142 159
Дальневосточный	1 504 146	214 878	16 225 953	2 317 993

ВИДЫ КИСЛОТНОСТИ

**КИСЛОТНОСТЬ
ПОЧВЫ**

```
graph TD; A[КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ] --> B[ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ]; A --> C[АКТУАЛЬНАЯ]; B --> D[ОБМЕННАЯ]; B --> E[ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ];
```

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ

АКТУАЛЬНАЯ

ОБМЕННАЯ

ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ

Актуальная кислотность — кислотность почвенного раствора, обусловленная повышенной концентрацией ионов водорода по сравнению с ионами гидроксила. Она определяется наличием в нем водорастворимых кислот — щавелевой, лимонной, фульвокислот, гидролитически кислых солей, прежде всего угольной кислоты.

Потенциальная кислотность характерна для твердой фазы почвы.

Между актуальной и потенциальной кислотностью в почве сохраняется подвижное равновесие, но доминирующее значение во всех почвах имеет кислотность твердой фазы почвы.

Потенциальная кислотность (кислотность твердой фазы) имеет сложную природу. Ее носителем являются обменные катионы H^+ и Al^{3+} почвенных коллоидов.

В зависимости от характера вытеснения различают две формы потенциальной кислотности — **обменную и гидролитическую.**

Обменная кислотность проявляется при обработке почвы раствором нейтральной соли.

Величина обменной кислотности выражается в миллиграмм-эквивалентах H^+ и Al^{3+} , количество которых определяется методом титрования, или величиной pH солевой вытяжки, полученной при обработке почвы раствором нейтральной соли.

По величине pH_{KCl} различают следующие градации кислой реакции:

- сильнокислая $pH < 4,5$,
- кислая $pH 4,6—5,0$;
- слабокислая $pH 5,1—5,5$;
- близкая к нейтральной $pH 5,6—6,0$.

Величину гидролитической кислотности (гк) выражают также в миллиграмм-эквивалентах H^+ на 100 г почвы и обозначают символом Н.

Кислотность почвы является резко отрицательным свойством почвы, так как она угнетает развитие большинства культурных растений, усиливает разрушение минералов почвы, вызывая оподзоливание.

Для устранения кислотности проводят известкование почвы, при котором происходит замещение поглощенного водорода на кальций.



Буферность почвы

Буферная способность, или буферность, - способность почвы противостоять изменению реакции почвенного раствора.

Различают буферную способность почв:

- ❖ против изменения реакции в сторону подкисления,
- ❖ против изменения реакции в сторону подщелачивания.

Буферность зависит от химического состава и емкости поглощения почвы, состава поглощенных катионов и свойств почвенного раствора.

Известкование выполняет основные три функции:

1. Известкование, как фактор урожайности. Результаты большого количества длительных полевых опытов, проведенных в нашей стране показывают, что за 1-ую ротацию тонна извести дает прибавку урожая в среднем 6-6,5 ц/га сельскохозяйственной продукции в пересчете на зерно, а за весь период своего действия, который может продолжаться 20 -30 лет тонна извести оборачивается одной тонной зерна, а часто бывает и значительно больше.
2. Вторая функция известкования – это фактор сохранения плодородия почв, которая выражается в снижении избыточной кислотности почвенной среды, увеличении степени насыщенности ППК основаниями, емкости поглощения. Известкование обогащает почву Са, а ведь есть крылатое и очень меткое выражение - Кальций страж плодородия, Са единственный элемент таблицы Менделеева, которым можно насытить ППК и растение не погибнет. Известкование способствует переводу различных соединений фосфора и калия и других питательных веществ в доступную для растений форму. В известкованных почвах можно применять существенно меньше азотных и фосфорных удобрений, потому что идет мобилизация почвенных запасов и улучшение роста и развития растений, за счет чего они лучше усваивают эти элементы. Это касается также магния и молибдена.

Известкование компенсирует потери Ca и Mg из почвы. Важно знать, что в почвах идет постоянно процесс вымывания этих важнейших элементов, они важны для стабилизации плодородия почв и урожайности с.х. культур, но, к сожалению, крайне неустойчивы в почве. Количество потерь этих элементов из почвы достигает в среднем 300 -350 кг в пересчете на CaCO_3 , да плюс еще количество, выносимое с растениями, то есть уже в среднем 400- 450 кг CaCO_3 ежегодно отчуждается из почвы. Активизируется жизнедеятельность полезных почвенных микроорганизмов, улучшается биологическая активность почвы, стабилизируется и закрепляется, становится менее растворимым и подвижным гумус почвы, улучшает физико -механические свойства почвы. На известкованных почвах тратится на 10% меньше горючего при вспашке и обработке почвы.

3. Третья, и очень важная функция известкования- это её природоохранное значение. Оно заключается, в первую очередь, в том, что оно обогащает почву Ca, стабилизирует кислотность почв, переводит в неактивное и малоподвижное состояние тяжелые металлы и радионуклиды. Подвижность ТМ при известковании почв большими дозами можно снизить в 10-15 раз. Поступление из загрязненных почв, радиоактивных элементов в растения при известковании тоже можно снизить в 2 - 4 раза.

Природоохранная роль химической мелиорации почв

- 1. Оптимизация реакции среды, состава поглощенных оснований, содержания доступных фосфатов в почве.**
- 2. Компенсация потерь из корнеобитаемого слоя почв Са и Mg и разработка баланса кальция.**
- 3. Разработка приемов химической мелиорации как фактора детоксикации загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами почв, а также получения высококачественной сельскохозяйственной продукции.**
- 4. Использование в качестве химических мелиорантов отходов промышленности.**
- 5. Прогнозирование потребности в известковых удобрениях.**

Для дерново-подзолистых и серых лесных почв России установлена зависимость между величинами pH и гидролитической кислотности (H_g).

Торфяно-болотные почвы, обладая высокой буферностью и, как правило, незначительным содержанием подвижного алюминия при $pH_{\text{сол}} 5,0$, в известковании не нуждаются. Дозы извести ($CaCO_3$) определяют с учетом обменной ($pH_{\text{сол}}$), гидролитической (H_g) кислотности и степени насыщенности основаниями (V), а также массы пахотного слоя.

Группировка почв по степени кислотности солевой вытяжки

№ группы	pH_{KCl}	Почвы по степени кислотности	Нуждаемость в известковании
1	$< 4,0$	Очень сильнокислые	Сильная
2	4,1-4,5	Сильнокислые	
3	4,6-5,0	Среднекислые	Средняя
4	5,1-5,5	Слабокислые	Слабая
5	5,6-6,0	Близкие к нейтральным	Отсутствует
6	$> 6,0$	Нейтральные	

Растения – индикаторы почв

На кислотной почве:



ЛЮТИК



ХВОЩ

подорожник



На нейтральной



Осот



Мать-и-мачеха



Пырей

На щелочной:



Мак



Вьюнок
полевой

ПРИЗНАКИ НЕОБХОДИМОСТИ ИЗВЕСТКОВАНИЯ

ПЛОХОЙ РОСТ И
РАЗВИТИЕ
КУЛЬТУРНЫХ
РАСТЕНИЙ

(Ячмень, кукуруза,
сахарная свекла,
пшеница, зернобобовые,
бобовые)

ВЕЛИЧИНА pH
pH = 4,5 и ниже –
высокая;

pH = 4,6-5,0 – средняя;

pH = 5,1-5,5 – слабая;

pH = 5,5 – отсутствует.

V = 50% - высокая;

V = 50-70% - средняя;

V > 70% - отсутствует.

СОСТОЯНИЕ H_r , S

Высокая H_r , низкое S,
наличие подвижного Al,
специализация
севооборота с
культурами, плохо
растущими на кислых
почвах

ХОРОШО РАЗВИТЫЙ
БЕЛЕСЫЙ
ПОДЗОЛИСТЫЙ
ГОРИЗОНТ,
ЗАПЛЫВАЮЩАЯ
ПОВЕРХНОСТЬ
ПАХОТНОГО СЛОЯ
ПОЧВЫ, ЧАСТО
НАЛИЧИЕ КОРКИ,
ОТСУТСТВИЕ
СТРУКТУРЫ

ХОРОШЕЕ РАЗВИТИЕ
СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

(Щавель, хвощ, ситник,
щучка, лютик ползучий и
другие)

Плодородие почв

Плодородие — способность почв удовлетворять потребность растений в элементах питания и воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством тепла, воздуха и благоприятной физико-химической средой для нормального роста и развития.

Плодородие почв измеряется биологической продуктивностью фитоценозов и урожайностью сельскохозяйственных культур.

Продуктивность и урожайность зависят не только от почвенного плодородия, но и от других факторов жизни растений, которые можно разделить на:

- ❖ космические (свет и тепло),
- ❖ атмосферные (количество и режим атмосферных осадков, перераспределение тепла, влажность воздуха, состав почвенного воздуха),
- ❖ литосферные (рельеф, грунтовые воды, почвообразующие породы),
- ❖ биосферные (фитоценоз, взаимоотношения в биоценозах),
- ❖ антропогенные.

Виды плодородия

Различают следующие виды плодородия:

- ❖ **естественное (природное),**
- ❖ **искусственное, потенциальное,**
- ❖ **эффективное**
- ❖ **экономическое.**



Естественное (природное) — плодородие, которым обладает почва в естественном состоянии. Характеризуется продуктивностью естественных фитоценозов.

Искусственное — плодородие, которое приобретает почва в результате хозяйственной деятельности человека.

Эффективное (экономическое, действительное) плодородие — совокупное, естественное и искусственное плодородие.

Характеризуется урожайностью сельскохозяйственных культур.

Потенциальное плодородие — плодородие, которое способно проявиться в благоприятных условиях, например, после соответствующей мелиорации.

Воспроизводство почвенного плодородия может быть:

- ❖ **неполным,**
- ❖ **простым**
- ❖ **расширенным.**



Относительный характер плодородия

Плодородие почвы является относительным. Абсолютно плодородных почв (т.е. плодородных для всех растений) не существует.

Каждая почва является наиболее плодородной для определенного вида растений или сельскохозяйственных культур. Одна и та же почва для одних растений может быть плодородной, для других — малоплодородной.

Оптимальные параметры свойств почв – это такое сочетание количественных показателей свойств почв, при котором могут быть максимально использованы все жизненно важные для растений факторы, наиболее полно реализованы потенциальные возможности выращиваемых культур и обеспечен наивысший урожай при его хорошем качестве (Т.Н.Кулаковская).

Из агрохимических свойств, которые отражают состояние плодородия почв, наибольший интерес представляют степень кислотности почв (рН), содержание гумуса, P_2O_5 , K_2O , N.

Химические показатели плодородия и окультуренности

Состояние ППК, рН почвенного раствора и наличие в почве питательных веществ, особенно подвижных форм азота, фосфора и калия. Содержание подвижного фосфора, является наиболее обобщенным показателем степени окультуренности почв, особенно дерновоподзолистых.

Количество поглощенных оснований, емкость поглощения, наличие подвижного алюминия (Al).

Наличие в почве тяжелых металлов и радионуклидов.

Регулирование реакции среды и кальциевого режима почв под сельскохозяйственными культурами и в севообороте, является одним из основных приемом повышения плодородия почв и роста урожаев возделываемых культур. Известкование является основным приемом устранения почвенной кислотности.

На эффективность известкования влияют многие факторы, среди которых сроки внесения известковых удобрений, под какую культуру и обработку они вносятся.

Кальций — содержание СаО в бескарбонатных суглинистых почвах составляет 1 — 3 % и определяется присутствием глинистых минералов тонкодисперсных фракций, а также гумусом и органическими остатками, в связи с чем наблюдается тенденция к биогенному обогащению кальцием верхней части профиля. Кальций содержится также в обломках карбонатных пород.

В почвах сухостепной и аридной зон в процессе почвообразования идет накопление вторичного кальцита или гипса. Много кальция аккумулируется в почвах гидрогенным путем вплоть до образования известковых или гипсовых корок.

Магний — по содержанию близок к СаО, что обусловлено присутствием монтмориллонита, вермикулита, хлорида. В крупных фракциях магний сосредоточен в обломках доломитов, роговых обманок, пироксенах. В почвах аридной зоны много магния аккумулируется при засолении почв в виде хлоридов и сульфатов.

Ионы кальция, магния имеют большое значение, способствуя коагуляции почвенных коллоидов, поддерживают агрегатное состояние почв, противостоят распылению, улучшают физические свойства почв. Средний вынос с урожаем кальция колеблется от 30 кг (зерновые хлеба) до 120 кг (бобовые, свекла) на га.

- **Влияние обменных катионов на свойства почв и произрастание растений.** Наиболее благоприятными свойствами обладают почвы, насыщенные основаниями, например черноземы, в которых ППК насыщен Ca^{2+} и Mg^{2+} . В таких почвах образуется водопрочная структура, органические и минеральные коллоиды сохраняются и накапливаются, что способствует увеличению емкости поглощения катионов. Эти почвы имеют нейтральную или слабощелочную реакцию. Почвы, насыщенные основаниями, но в ППК которых наряду с Ca^{2+} и Mg^{2+} много Na^{+} (в солонцеватых почвах и солонцах), характеризуется неблагоприятными свойствами. Наличие натрия приводит к пептизации коллоидов, агрономически ценная структура не образуется, а ранее созданная разрушается. При этом ухудшаются физические свойства, водный и воздушный режимы почвы; во влажном состоянии она становится вязкой, а при высыхании образует плотную массу, трудно поддающуюся обработке. Реакция у этих почв щелочная.

Почвы, ненасыщенные основаниями (подзолистые, дерново-подзолистые, болотные и др.), содержат в ППК H^+ и Al^{3+} .. Ионы H^+ постепенно разрушают минералы почвенного поглощающего комплекса, поэтому почва обедняется коллоидами, уменьшается емкость поглощения катионов, ухудшается структура. В таких почвах создается неблагоприятный водно-воздушный режим, суглинистые почвы заплывают, образуя корку на поверхности. Кроме того, почвы обладают кислой реакцией.

Емкость поглощения и состав поглощенных катионов отличаются у разных почв. Разные почвы содержат неодинаковое количество способных к обмену поглощенных катионов. Общее содержание в почве всех обменно-поглощенных катионов называется емкостью поглощения. Она обозначается буквой Т и выражается в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы. Например, если в 100 г почвы в поглощенном состоянии содержится 200 мг Ca^{2+} , 24 мг Mg^{2+} и 9 мг NH_4^+ , то емкость поглощения этой почвы будет равна;

$$200:20 + 24:12 + 9:18 = 12,5 \text{ мэкв на } 100 \text{ г.}$$

(где 20—эквивалентная масса кальция, 12 — магния, 18 — аммония).

Величина емкости поглощения характеризует поглотительную способность почв. Она зависит от механического и минералогического состава почвы и содержания в ней органического вещества. Почвы с малым количеством коллоидной фракции (песчаные и супесчаные) имеют невысокую емкость поглощения. Чем больше в почве минеральных и органических коллоидных частиц, тем выше ее поглотительная способность. У глинистых и суглинистых почв емкость поглощения больше, чем у песчаных и супесчаных. Более богатые органическим веществом черноземные почвы отличаются значительно более высокой емкостью поглощения (30—60 мэкв на 100 г), чем подзолистые почвы и сероземы (10—15 мэкв на 100 г).

Реакция почвы также влияет на состояние коллоидов. Кислая реакция способствует растворению некоторых коллоидов, например гидроксида алюминия; щелочная реакция стимулирует выпадение в осадок коллоидов полуторных оксидов и переход в состояние золя органических и некоторых минеральных коллоидов.

Часть коллоидов в почве находится в свободном состоянии, часть образует пленки на поверхности более крупных гранулометрических фракций путем *адгезии*, под которой понимается слипание (склеивание) поверхностей каких-либо веществ различного химического состава, соприкасающихся друг с другом.

Таким образом, поглотительная способность почвы — одно из ее важнейших свойств, в значительной степени определяющее плодородие почвы и характер процессов почвообразования. Она обеспечивает и регулирует питательный режим почвы, способствует накоплению многих элементов минерального питания растений, регулирует реакцию почвы, ее водно-физические свойства.

На свойства почвы и условия произрастания растений большое влияние оказывает состав обменных катионов. Так, у почв, насыщенных кальцием, реакция близка к нейтральной; коллоиды находятся в состоянии необратимых гелей и не подвергаются пептизации при избытке влаги; почвы хорошо оструктурены, обладают благоприятными физическими свойствами. Черноземы являются примером таких почв.

Определение нуждаемости, доз и места известить в агроценозах

Наиболее точно нуждаемость в известковании почвы в агроценозах определяется комплексом агрохимических показателей с учетом гранулометрического состава почвы.

По степени насыщенности основаниями (V) дополнительно уточняют степень нуждаемости почв в известковании: $V \leq 50$ %- сильная, $V = 51-70$ - средняя, $V = 71-80$ - слабая, $V > 80$ %- отсутствует.

Баланс кальция и способы его регулирования

По анализу приходных и расходных статей баланса кальция известкование почв подразделяют на основное (мелиоративное), обеспечивающее сдвиг реакции до оптимального уровня pH, и поддерживающее, компенсирующее потери кальция из почв и стабилизирующее достигнутый уровень реакции.



В статьях прихода баланса кальция следует учитывать прежде всего только влияющие на реакцию почвы его соединения: все известковые удобрения, фосфоритную муку, навоз и высокозольный низинный торф (и компосты на их основе), цианамид кальция, кальциевую селитру и др., выпадающий из атмосферы с осадками и пылью кальций.

Среди статей расхода преобладают следующие: выщелачивание (вымывание) кальция осадками и хозяйственный вынос его возделываемыми культурами. Вымывание кальция из почвы значительно возрастает при внесении минеральных, особенно физиологически подкисляющих форм (азотные, калийные), удобрений.



В земледелии Российской Федерации из-за крайне низких масштабов известкования (в среднем 250 тыс. га ежегодно, или 5-7% от оптимальной потребности) сложился резко отрицательный баланс кальция. К 2022 году площадь кислых пахотных почв увеличилась в 1,5-1,6 раза и достигает 55,5 млн.га. Ежегодный недобор урожая сельскохозяйственных культур на кислых почвах будет составлять 2427 млн.тонн в пересчете на зерно. При этом есть вероятность резкого снижения качества урожая за счет накопления в продукции токсических веществ и уменьшения полезных компонентов (белка, сахаров, витаминов, минеральных веществ и др.).

Потери кальция и магния из почв различного механического состава (среднее за 10 лет)

Почвы Показатели	Песчаная	Карбонатный суглинок	Суглинистая
Вымывание Са, кг/га в год, в т.ч.(%):	387	454	338
за апрель – сентябрь	61	41	40
октябрь - март	64	91	86
Вымывание Mg, кг/га в год, в т.ч.(%):	71	61	76
за апрель – сентябрь	58	28	29
октябрь - март	55	79	77

Наибольшие потери кальция отмечены из карбонатного суглинка, содержащего 16% свободного СаСО₃. Из песчаной почвы кальция вымывалось больше, чем из суглинистой, что объясняется большим коэффициентом фильтрации у песчаных почв. На песчаной почве нет разницы в количестве вымывшегося Са по сезонам, а на суглинистых почвах $\frac{3}{4}$ этого элемента терялось с октября по март.

Влияние форм азотных удобрений на потери кальция и магния из почвы с фильтрующими осадками, кг/га

Вариант	Ca	Mg
РК	326	87
РК + $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	248	79
РК + NaNO_3	257	75
РК + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	799	203

Среди сильно действующих факторов на количественные параметры потерь кальция и магния являются дозы и формы азотных удобрений. Применение сернокислого аммония повысило потери кальция и магния в 2,5 раза

Способы сокращения потерь кальция и магния из почвы	Снижение потерь
1. Травосеяние	под многолетними травами Ca, Mg– на 30-40%
2. Применение минеральных удобрений в расчетных дозах сбалансированных по элементам питания	Ca– на 20- 25%; Mg– на 25 -30%;
3. Минеральные удобрения не содержащие легкоподвижных, не сорбируемых почвой анионов. Применение азотных удобрений с ингибиторами ENTEC и UNEC	Ca – на 20-80%; Mg – на 25-30%;
4. Введение в севооборот пожнивных посевов	Ca – на 14-17%; Mg – на 15%;
5. Создание реакции среды в пахотном слое не выше pH=5,8-6,0	Ca и Mg – на 10-15%
6. Применение известняковой муки с преобладанием фракции 0,5-1,5 мм. Применение кремнийсодержащих мелиорантов (шлаки, золы, серпентинит)	Ca и Mg – на 20%
7. Известкование при поверхностной обработке почвы (лущение на 8-10 см и безотвальное рыхление на 20 см)	Ca и Mg – на 30 -40%
8. При планировании создания оптимальной реакции среды в почве учитывать поддержание в поглощающем комплексе почвы соотношения Ca:Mg на уровне 5:2.	Ca и Mg – на 20%

Отношение различных растений к реакции почвы

Растения	Благоприятный интервал pH	Растения	Благоприятный интервал pH
Люцерна	7,8-8,0	Подсолнечник	6,0-6,8
Свёкла столовая, сахарная	7,0-7,5	Хлопчатник	6,5-7,3
Конопля	7,1-7,4	Просо, овес	5,5-7,5
Капуста	6,5-7,4	Рожь	5,0-7,7
Огурцы, лук	6,4-7,5	Гречиха	4,7-7,5
Ячмень	6,8-7,5	Редис	5,0-7,3
Пшеница озимая	6,3-7,6	Морковь	5,6-7,0
Пшеница яровая	6,0-7,5	Помидоры	5,0-8,0
Кукуруза, кормовые бобы	6,0-7,0	Лен	5,5-6,5
Соя	6,5-7,5	Картофель	5,0-5,5
Горох, клевер	6,0-7,0	Чайный куст	4,5-6,0
Фасоль	6,4-7,1	Люпин	4,6-6,0
Салат	6,0-7,0	Брюква	4,8-5,5

Группировка растений по чувствительности к кислотности и отзывчивости на известкование

Группа	Культуры
1. Наиболее чувствительные	Люцерна, клевер, сахарная, кормовая и столовая свёкла и др.
2. Чувствительные	Озимая и яровая пшеница, ячмень, горох, бобы, вика, соя, фасоль, кукуруза и др.
3. Устойчивые к повышенной кислотности	Озимая рожь, овёс, просо, гречиха и др.
4. Устойчивые к повышенной кислотности и отрицательно реагирующие на избыток кальция	Лён, картофель
5. Малочувствительные	Люпин, сераделла и др.

Группировка культур по чувствительности к содержанию подвижного алюминия

Группа	Культуры
1. Наиболее чувствительные	Озимые зерновые (пшеница и рожь), клевер, люцерна, сахарная и столовая свёкла
2. Чувствительные	Яровая пшеница, ячмень, гречиха, горох, фасоль, лён
3. Устойчивые	Просо, картофель, кукуруза, люпин
4. Высокоустойчивые	Овёс, тимофеевка

Группировка культур по чувствительности к содержанию подвижного марганца

Группа	Культуры
1. Очень чувствительные	Озимые зерновые (пшеница и рожь), люцерна, лён, сахарная, кормовая и столовая свёкла
2. Чувствительные	Яровая пшеница, ячмень, горох, вика, клевер, картофель, кукуруза, рапс, турнепс, брюква, морковь, белокочанная, цветная и кормовая капуста, огурец, томат, лук
3. Относительно устойчивые	Овёс, тимopheевка, овсяница

Физиологические функции кальция

- 1) Соединения кальция с пектиновыми веществами участвуют в формировании клеточных стенок и склеивают между собой отдельные клетки
- 2) Катионы кальция играют важную роль в стабилизации структуры мембран, оказывают влияние на поступление других ионов в клетку
- 3) Катионы кальция принимают участие в создании необходимого ионного равновесия, определяющего благоприятное физико-химическое состояние протоплазмы
- 4) Кальций активирует ряд ферментных систем клетки, играет важную роль в передвижении углеводов, оказывает влияние на превращение азотсодержащих веществ



Признаки голодания растений в отсутствии кальция



**Кальциевое голодание: верхушечные цветки рапса
сломлены**



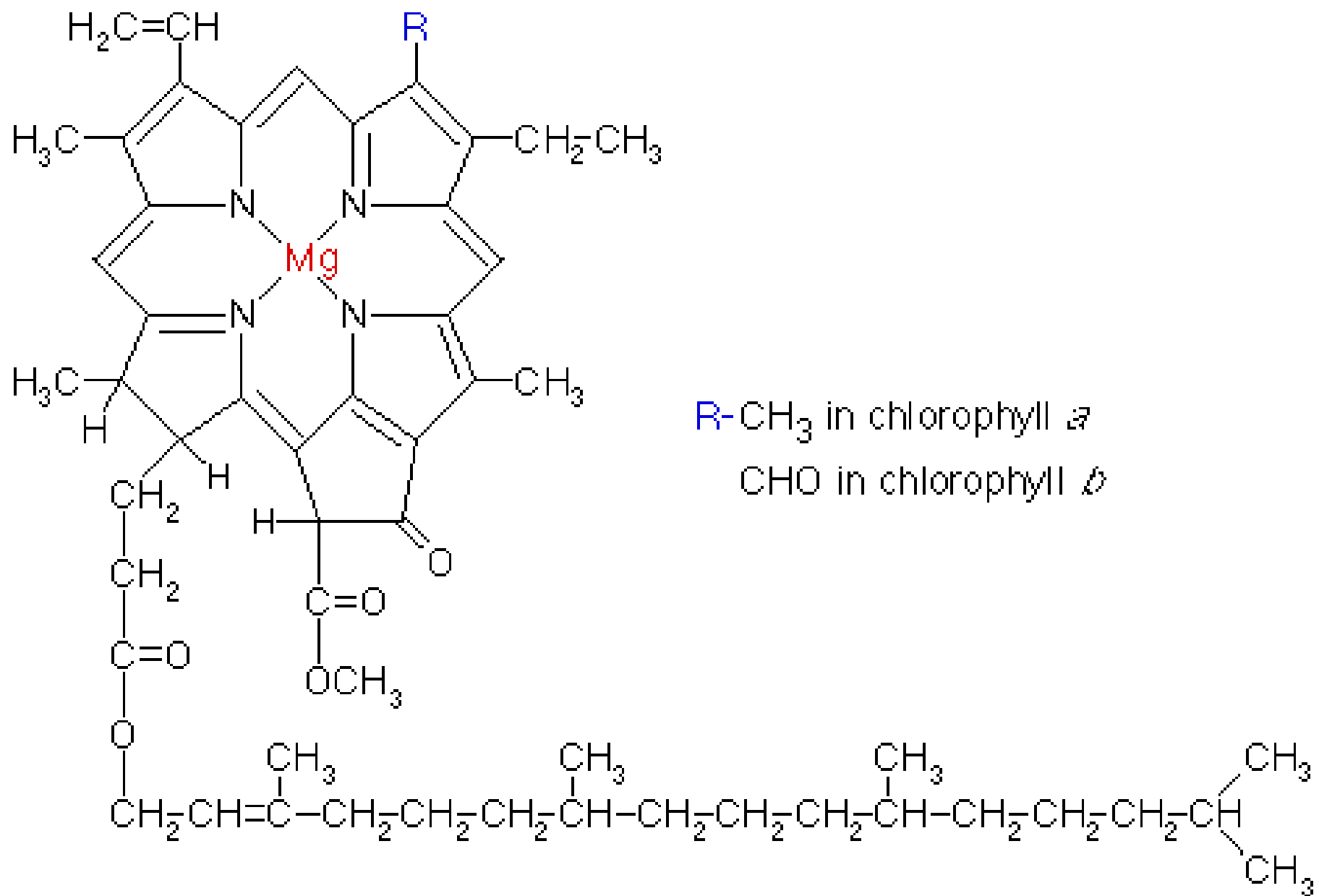
Кальциевое голодание: поражённые плоды томата

Физиологические функции магния

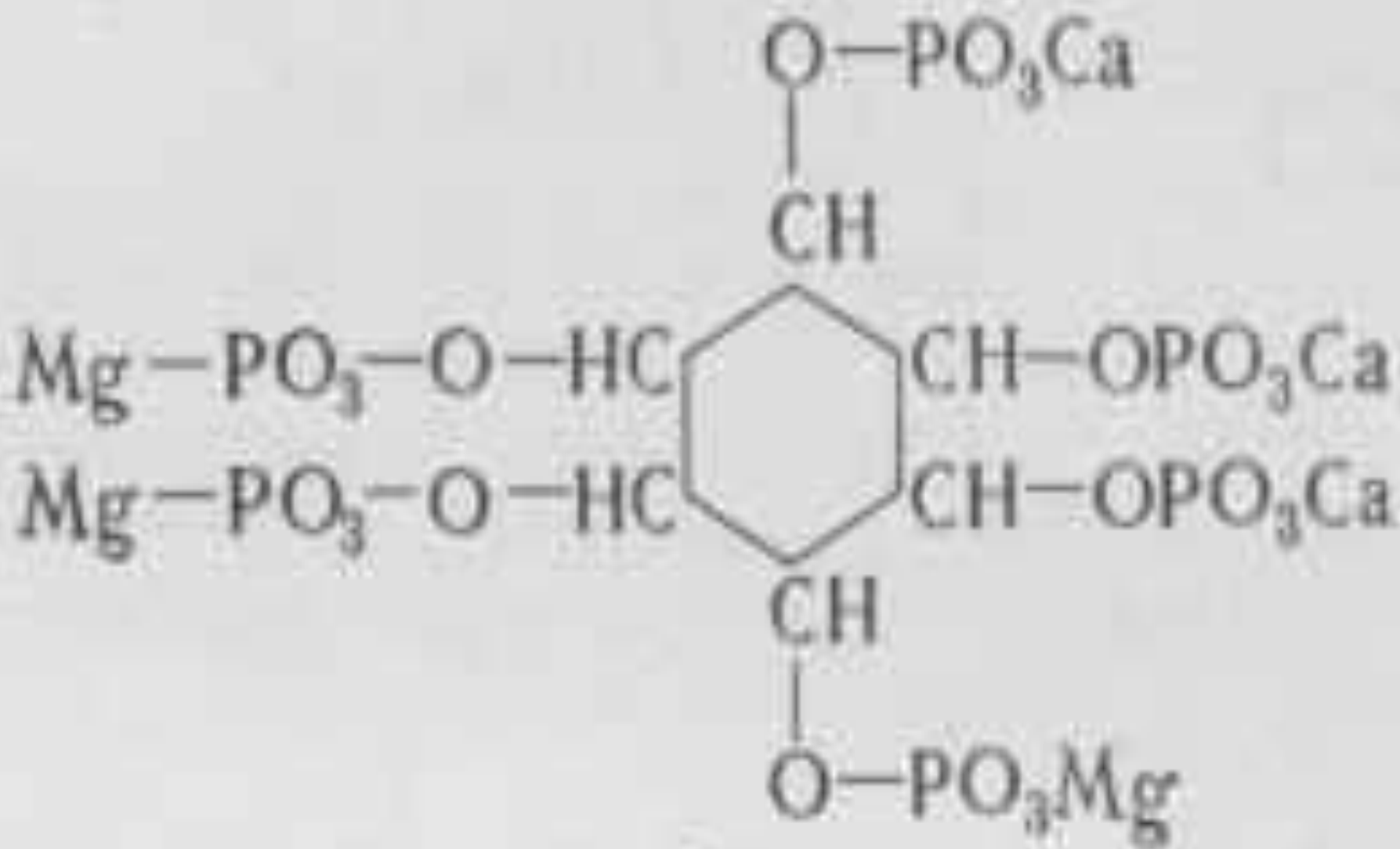
- 1) Магний необходим для фотосинтеза: входит в состав хлорофилла и стабилизирует структуру хлоропластов
- 2) Магний выполняет структурообразующую роль, входит в состав мембран и клеточных стенок
- 3) Магний участвует в создании необходимого ионного равновесия в цитоплазме
- 4) Магний активизирует деятельность большого числа ферментов (около 300), катализирующих различные биохимические реакции. Играет важную роль в обмене азота и фосфора. Участвует в процессах обмена углеводов, органических кислот и жиров, эфирных масел, нуклеиновых кислот и витаминов

Физиологические функции магния

- 1) Катионы магния активируют нитратредуцирующие ферменты, необходимы для формирования полирибосом и синтеза белка
- 2) Магний участвует в передвижении фосфора в растениях
- 3) Магний входит в состав фитина, который накапливается в семенах и служит источником фосфора при их прорастании
- 4) Магний ускоряет отток подвижных углеводов в репродуктивные органы и синтез крахмала
- 5) Магний регулирует направленность окислительно-восстановительных процессов, способствуя накоплению восстановленных соединений – жиров, эфирных масел и т.д.



Структура хлорофилла



Фитин



Признаки недостатка магния на подсолнечнике

Влияние Mg на урожай зерновых, в % (т/га)

Варианты	Прямое действие	Последействие	
	рожь	овес	рожь
НРК	100 (1,64)	100 (1,33)	100 (1,32)
НРК+Mg	162 (2,62)	192 (2,55)	166 (2,19)
НРК+Mg+Ca	177 (2,90)	241 (3,13)	189 (2,49)

Эффективность Mg на супесчаных и песчаных почвах была очень высокой: прибавка урожая превышала 1т на гектар, особенно в сочетании с кальцием. Эти данные показывают какие большие потери могут быть у земледелия страны, если не отрегулировать магниевый режим в почвах— ориентировочно 5-6 млн. тонн в пересчете на зерно

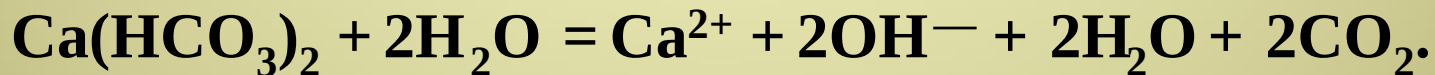
Сегодня в регионах весьма актуальной стала практическая задача по внесению магниевых удобрений, так как из-за потерь с инфильтрационными водами содержание подвижных форм этого элемента достигло критического уровня, а соотношение между кальцием и магнием стало чрезмерно широким, что отрицательно влияет на урожай растений и его качество.

Брусит- минерал на 70% состоящий из магия - $\text{Mg}(\text{OH})_2$

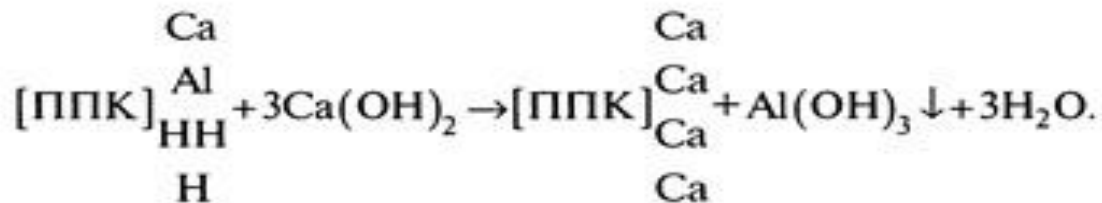


Процессы, происходящие в почве при известковании

Нейтрализующее действие карбонатов кальция и магния заключается в их взаимодействии с раствором углекислого газа (угольной кислотой) почвенного раствора с постепенным образованием растворимых гидрокарбонатов, являющихся гидролитически щелочными солями:

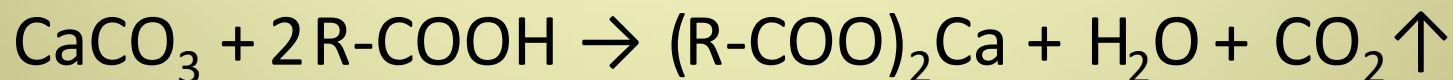
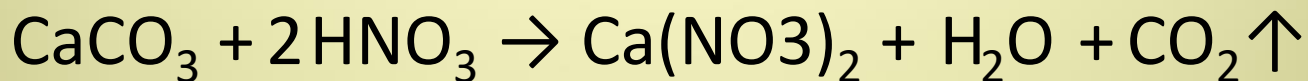


Появление в почвенном растворе катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} приводит к вытеснению из ППК катионы водорода, алюминия, железа, марганца:

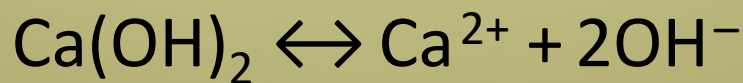
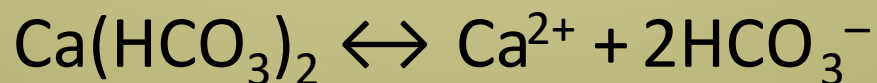
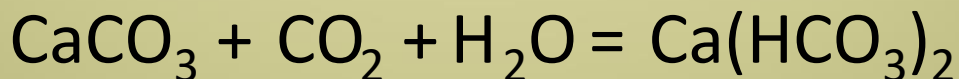


При внесении в кислую почву полной дозы извести устраняется актуальная и обменная кислотность, снижается гидролитическая кислотность, уменьшается содержание подвижных форм токсичных для растений алюминия, железа, марганца и тяжелых металлов меди, свинца, мышьяка.

Взаимодействие извести с кислотами почвенного раствора



Образование и диссоциация бикарбоната и гидроксида кальция



Нуждаемость почв в известковании в зависимости от степени насыщенности почв основаниями

V, %		Степень кислотности	Нуждаемость в известковании
легкого гранулометрического состава	тяжелого гранулометрического состава		
< 40	< 50	сильнокислые	сильная
40-60	50-70	среднекислые	средняя
60-70	70-80	слабокислые	слабая
> 70	> 80	близкие к нейтральным	не нуждаются

Очередность известкования в севооборотах при различной кислотности почв

Севообороты	Кислотность почв			
	Сильная (рН < 4,5)	Средняя (рН 4,6-5,0)	Слабая (рН 5,1 -5,5)	Близкая к нейтральной (рН > 5,5)
1. Полевые с травами и небольшой площадью картофеля (1 поле)	1-я	2-я	3-я	поддерживающее известкование
2. То же, но 2-3 поля картофеля	1-я	3-я	не известкуются	не известкуются
3. Кормовые, овощные и овощекормовые	1-я	1-я	2-я	поддерживающее известкование
4. Культурные пастбища и сенокосы	1-я	1-я	2-я	не известкуются
5. С люцерной, сахарной свёклой	1-я	1-я	1-я	поддерживающее известкование
6. Зернопропашные и зернотравяно-пропашные	1-я	2-я	3-я	То же

Ориентировочные уровни pH_{KCl} для повторного известкования дерново-подзолистых и серых лесных почв

Гранулометрический состав почвы	Тип севооборота				Культурные пастбища и сенокосы	
	полевой с высоким удельным весом льна, картофеля, люпина	полевой с многолетним и травами и небольшими площадями	с сахарной свеклой и люцерной	кормовой и овоще-кормовой	злаковые	бобово-злаковые
Песчаные и супесчаные	4,8	5,1	5,3	5,3	4,8	5,1
Легко- и средне-суглинистые	5,0	5,3	5,6	5,5	5,0	5,3
Тяжелосуглинистые и глинистые	5,2	5,4	5,8	5,7	5,2	5,4
Торфяные	4,4	4,6	5,2	5,0	4,3	4,6

Влияние извести (на 7-й год после внесения) на подвижность фосфора почвы в слое 0-15 см (в мг/кг P_2O_5), (по данным ВИУА)

Удобрения	Фосфор воднорастворимый	Фосфор, растворимый в кислотах	
		2 %-ной уксусной	1 %-ной лимонной
Без удобрений	0,85	10,3	91
Известь	0,15	13,3	116

Свойства почв, используемые для определения доз извести

- 1) pH_{KCl}
- 2) Гидролитическая кислотность (H_T)
- 3) Гранулометрический состав
- 4) Содержание гумуса

Наиболее распространённые методы расчёта доз извести

- 1) Табличный
- 2) На сдвиг pH_{KCl}
- 3) По гидролитической кислотности

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В ИЗВЕСТКОВЫХ УДОБРЕНИЯХ

На основании «Норм расхода известковых материалов для сдвига реакции почвенной среды до оптимального уровня рН на различных типах почв» можно рассчитать потребность в известковых удобрениях (в CaCO_3 или физической массе) для почв различного генезиса и исходного значения рН с учетом содержания активно-действующего вещества в известковом материале.

Потребность в известковых материалах пашни, сенокосов, пастбищ и многолетних насаждений определяется следующим образом

$$П = \frac{\Delta \text{pH} \cdot Н \cdot S}{0,1},$$

где: П – потребность в известковых удобрениях (CaCO_3), т;

ΔpH – разница между $\text{pH}_{\text{опт.}}$ и $\text{pH}_{\text{исх.}}$, ед.;

Н – норма расхода CaCO_3 для сдвига рН на 0,1, т/га;

S – площадь пашни, сенокосов, пастбищ или многолетних насаждений, га;

0,1 – сдвиг рН, ед.

Разработанные оптимальные уровни кислотности почвы и нормы расхода известковых материалов для их достижения позволяют определить потребность в известковых материалах и прогнозировать изменение (заданной или оптимальной) структуры кислотности почв на всех уровнях планирования.

Расчёт доз извести (CaCO_3) по гидролитической кислотности

$$Д, \text{ т / га} = \frac{H_2 \cdot 10 \cdot 50 \cdot 3000000(2500000)}{1000 \cdot 1000 \cdot 1000}, \text{ где}$$

H_2 – гидролитическая кислотность, м -экв на 100 г почвы;

10 – пересчёт на кг почвы;

50 – количество CaCO_3 , необходимое для нейтрализации 1 миллиэквивалента кислотности, мг (1 мэкв CaCO_3);

3000000 (2500000) – масса пахотного слоя почв тяжёлого (лёгкого) гранулометрического состава на 1 га, кг;

1000 – пересчёт мг в г, г в кг, кг в т.

Причины распространения в производстве методов табличного и на сдвиг pH_{KCl}

- 1) Картограммы кислотности составляются по величине pH_{KCl} ;
- 2) При проведении известкования основной задачей является устранение наиболее вредной для растений обменной кислотности;
- 3) Дозы извести, рассчитанные по гидролитической кислотности, значительно выше и экономически менее выгодны

**Дозы извести для дерново-подзолистых почв
Нечернозёмной зоны с содержанием гумуса до 3 %,
т/га (по данным ВНИИА)**

Почвы	pH _{KCl}					
	очень сильно- и сильнокислые		среднекислые		слабокислые	
	4,5 и меньше	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4-5,5
Песчаные, супесчаные, легкосуглинистые	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Среднесуглинистые	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
Тяжелосуглинистые, глинистые	8,0	7,5	6,5	5,5	5,0	4,5

Дозы извести, рекомендуемые для почв Предуралья, т/га CaCO_3

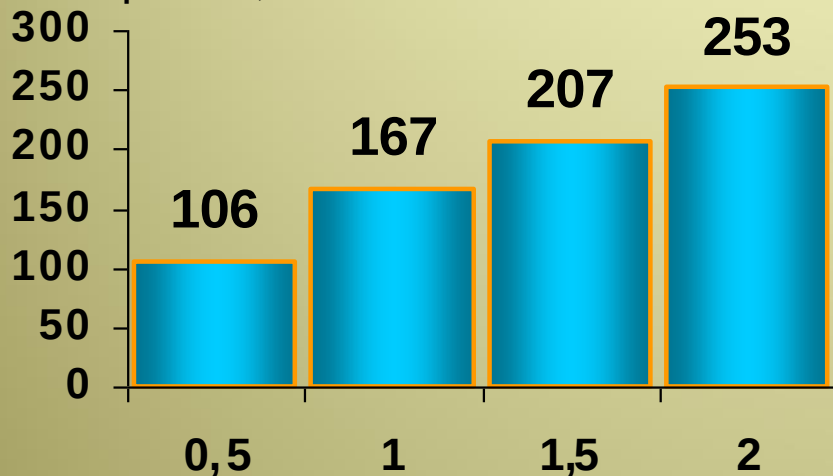
Почвы	Содержан ие гумуса, %	pH_{KCl}									Оптимум pH
		до 4,0	4,1-4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	
Дерново-подзолистые:											
Песчаные и супесчаные	1,0-2,0	4,5-5,0	4,0-4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	—	—	5,6
Легкосуглинистые	1,5-3,0	6,0-7,0	5,0-6,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	—	5,8
Средне-, тяжелосуг- линистые и глинистые	2,0-4,0	7,0-8,0	6,0-7,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,0	6,0
Серые лесные преимущественно тяжёлого грануломет- рического состава:											
Светло-серые	3,5-4,0			5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	6,0
Серые	4,0-6,0			4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	—	5,8
Темно-серые	6,0-8,0			4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	—	5,6
Оподзоленные черноземы	8,0-12,0			3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	—	—	5,6

Ориентировочные дозы извести под овощные культуры на разных почвах, т/га

Почвы	Оптимальное значение pH	Доза извести при кислотности почв (pH _{KCl})				
		< 4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5
Суглинистые и глинистые	6,5	8-12	6-8	4-6	3-5	2-3
Супесчаные и песчаные	6,0	5-6	4-5	3-4	1-3	
Торфяники	5,5	10-15	6-10	2-5		

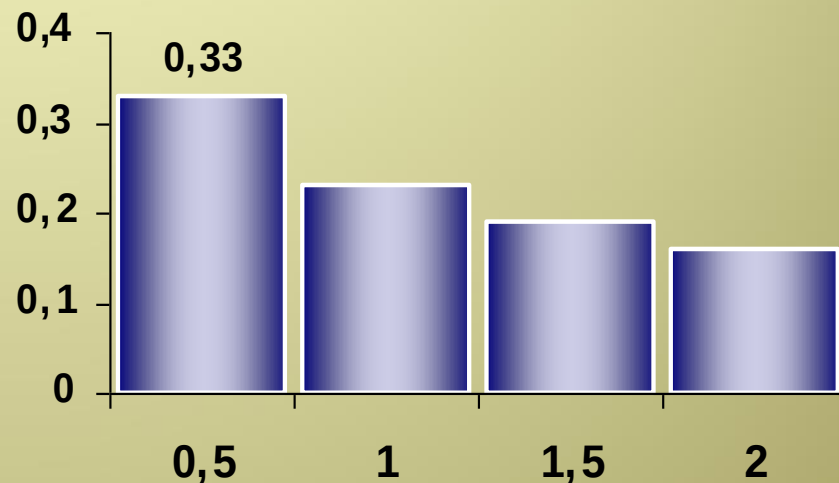
Разработка приемов высокоэффективного, ресурсосберегающего и природоохранного известкования почв в Нечернозёмной зоне

Ежегодные
потери Ca, кг/га



Дозы извести по г.к.

Сдвиг pH от 1 т CaCO_3 , ед.



Дозы извести по г.к.

Влияние доз извести на потери кальция из почвы и ΔpH от 1 тонны CaCO_3

Корреляционная зависимость между урожаем культур и физико-химическими свойствами почвы в нормальные по увлажнению и засушливые годы

Факторы взаимодействия	Ячмень		Клевер	
	Нормальный	Засушливый	Нормальный	Засушливый
Коэффициенты корреляции				
pH и урожай	0,80	0,75	0,82	0,81
Hг и урожай	-0,81	0,78	-0,83	-0,82
V и урожай	0,81	0,77	0,82	0,82

Зависимость урожая ячменя и клевера от физико-химических свойств почвы в засушливый и нормальный по увлажнению годы была идентичной.

Классификация известковых удобрений

- 1) Промышленные – твёрдые известковые породы
 - Известняки
 - Доломиты
 - Мел
- 2) Местные – мягкие (рыхлые) известковые породы
- 3) Отходы промышленности, богатые известью

Классификация твёрдых известковых пород по содержанию CaCO_3 и MgCO_3

Название пород	Содержание, %	
	CaCO_3	MgCO_3
Известняки	98-100	0-2
Доломитизированные известняки	76-98	2-20
Известковистые доломиты	56-76	20-38
Доломиты	54-56	38-43

Доля содержания CaCO_3 в известковых материалах, %

Молотый известняк,
или углекислая известь

75- 100

Доломитовая мука

55- 100

Известковый туф

75- 95

Озерная известь

80- 100

Негашеная известь (CaO)

17- 18

Гашеная известь (Ca(OH)_2)

13- 15

Древесная зола

30- 40

Торфяная зола

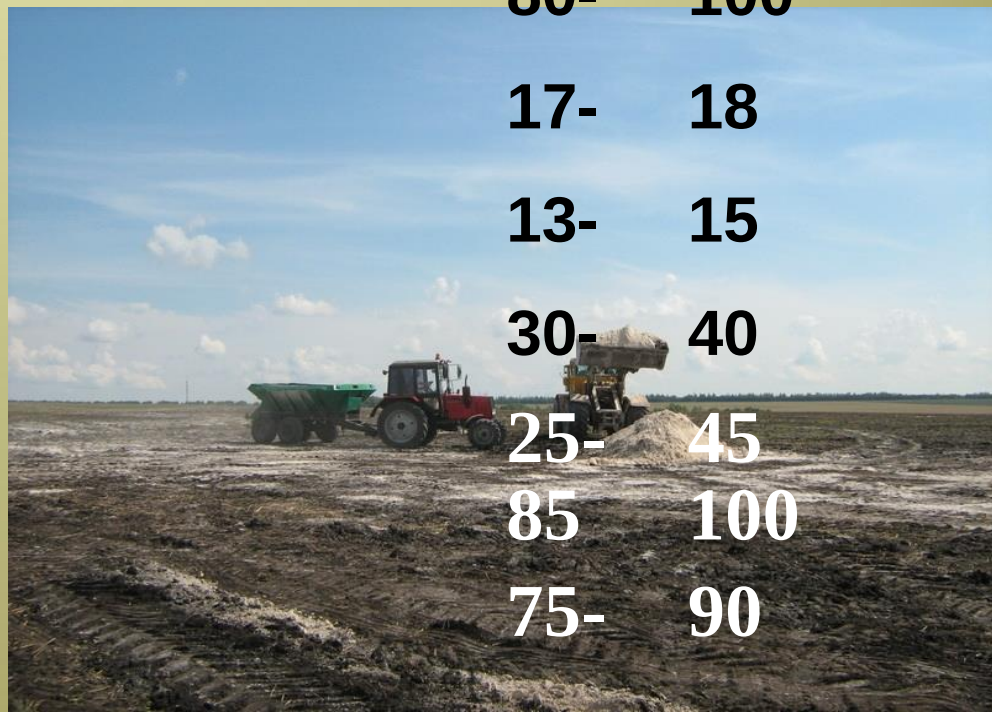
25- 45

Металлургический шлак

85 100

Цементная пыль

75- 90



Расчёт показателя активно действующего вещества (АДВ) в известняковой (доломитовой) муке

$$АДВ, \% = \frac{(100 - H) \cdot (100 - B) \cdot K}{10000}, где$$

H – содержание неактивных фракций, %;

B – массовая доля влаги, %;

K – суммарная массовая доля карбонатов кальция и магния.

Влияние известкования на урожайность сельскохозяйственных культур по зонам Московской области, ц/га

Культура	Прибавка урожая				
	в среднем по области	на дерново -подзолистых почвах			на серых лесных почвах
		Северо- западная зона	Центральная зона		
			Западная	Восточная	Южная зона
Озимая рожь, зерно	1,8	1,7	1,7	2,3	—
Овес, зерно	2,9	—	2,2	3,1	—
Ячмень, зерно	5,8	2,7	3,6	10,0	1,3
Клевер (в среднем за 2 года пользования), сено	16,0	17,9	8,8	18,5	5,2

Влияние известкования на урожайность сена клевера за 2 года пользования, ц/га

Учреждение	Урожайность		Прибавка от известкования
	без извести	по извести	
Белорусский НИИ земледелия	50,9	114,5	63,6
Смоленский НИИСХ	89,0	125,7	36,7
Центральная опытная станция (Барыбино, Московская область)	41,9	84,5	42,6

Действие извести на урожайность семян клевера, кг/га

Место проведения опытов	Без извести	По извести	Прибавка	
			кг/га	%
Пермский НИИСХ	236	369	133	56
Всероссийский НИИ кормов	162	218	56	35
Ленинградский НИСХ- Белогорка	230	308	78	33

***Влияние известкования лугово-черноземной почвы на
формирование продуктивности растений риса
(в среднем за 3 года)***

Показатели	Варианты опыта					НСР ₀₅
	контроль	доза мелиоранта, т/га				
		0,75	1,5	3,0	4,5	
Δ рН	-	0,23	0,35	0,6	0,92	0,12
Высота растений, см	98,0	103,1	104,4	105,8	103,9	2,1
Кустистость, шт./раст.	2,7	3,0	3,2	3,3	3,0	1,06
Число колосков с 10 раст., шт.	1795	1899	2090	2134	2119	67
Урожай зерна, ц/га	60,2	64,7	69,2	69,9	70,3	2,4
Прибавка урожая, ц/га	-	4,5	9,0	9,7	10,1	

Средние ежегодные прибавки урожайности (т/га) зерновых культур на разных по кислотности дерново -подзолистых почвах в зависимости от доз извести

Культура	рН _{KCl}	Доза CaCO ₃ , т/га			
		2-4	4-6	6-8	> 8
Озимая пшеница	< 4,5	0,39	0,46	0,55	0,66
	4,6-5,0	0,27	0,40	0,46	0,50
	5,1-5,5	0,10	0,15	0,20	0,25
Яровая пшеница	< 4,5	0,20	0,24	0,26	0,28
	4,6-5,0	0,10	0,15	0,20	0,20
	5,1-5,5	0,05	0,08	0,08	0,10
Ячмень	< 4,5	0,36	0,40	0,45	0,51
	4,6-5,0	0,30	0,36	0,41	0,44
	5,1-5,5	0,14	0,18	0,20	0,20
Озимая рожь	< 4,5	0,20	0,23	0,34	0,38
	4,6-5,0	0,17	0,20	0,24	0,28
	5,1-5,5	0,05	0,10	0,12	0,12
Овёс	< 4,5	0,20	0,23	0,26	0,29
	4,6-5,0	0,17	0,20	0,22	0,25
	5,1-5,5	0,05	0,10	0,12	0,12

Средние ежегодные прибавки урожайности при разных дозах извести

Ротация севооборота	Доза извести (доля от полной по Н _Г)			
	0,25	0,5	1,0	2,0
Первая	$\frac{1,8}{31}$	$\frac{3,5}{73}$	$\frac{4,8}{100}$	$\frac{6,2}{129}$
Вторая	$\frac{1,3}{23}$	$\frac{2,8}{50}$	$\frac{5,6}{100}$	$\frac{6,5}{116}$

Примечание. В числителе – ц зерн. ед. с 1 га, в знаменателе – % к варианту с дозой извести по 1,0 Н_Г

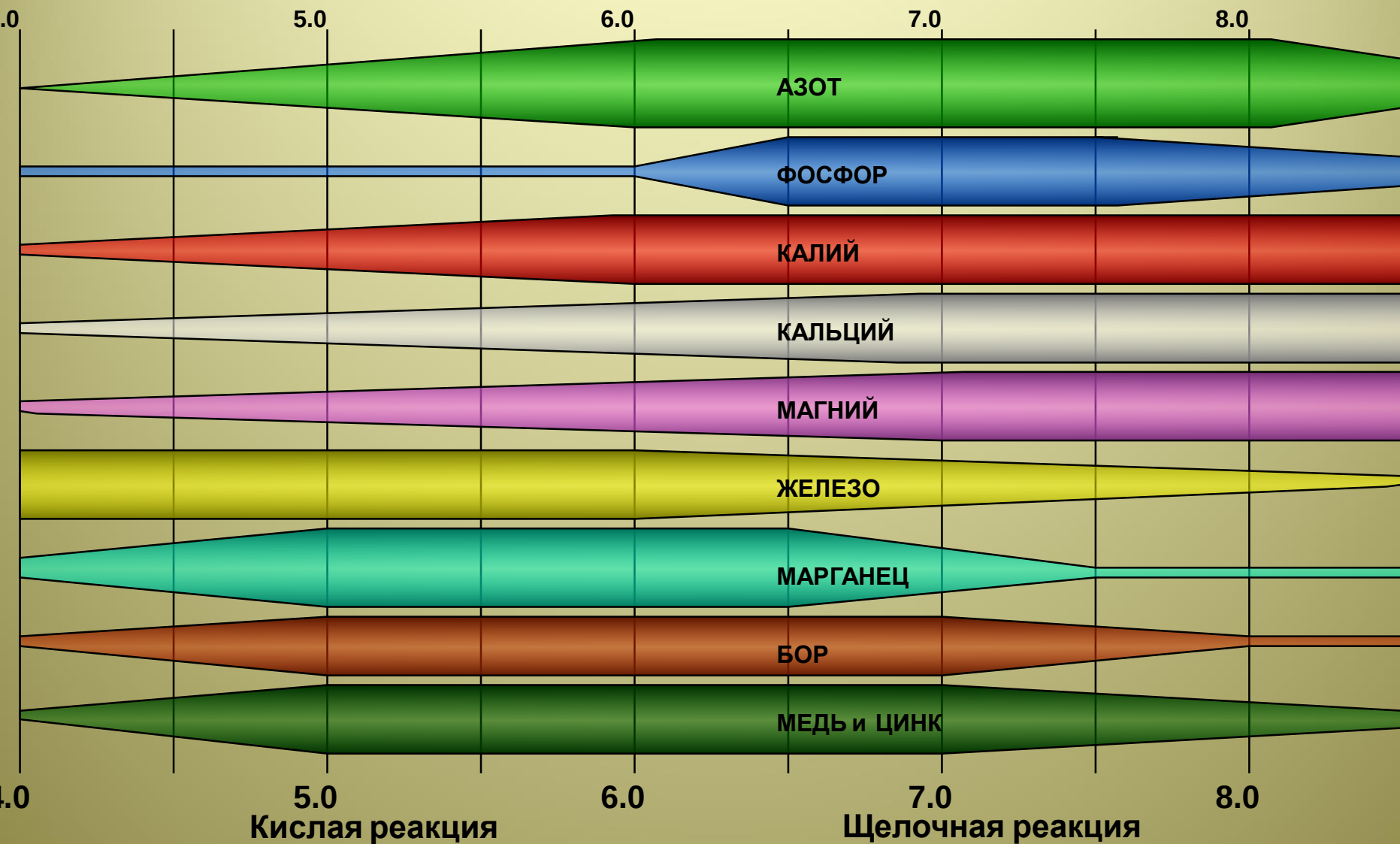
Влияние известкования на ботанический состав сеяного пастбища

Вариант опыта	Ботанический состав через 30 лет после посева трав, % по массе	
	щучка дернистая	мятлик луговой, лисохвост и др.
Без известкования	66	34
Внесено известняковой муки, т/га:		
12	20	80
37	6	94

Отзывчивость яровой пшеницы, ячменя и овса на известкование почвы, ц/га

Вариант опыта	Яровая пшеница		Ячмень		Овёс	
	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка
Без удобрений	24,4	—	13,1	—	16,7	—
Известкование по 1,0 Н _Г	25,1	0,7	26,9	13,8	24,9	8,2
НРК	20,2	—	14,1	—	28,5	—
НРК + известкование по 1,0 Н _Г	29,4	9,2	31,7	17,6	31,8	3,3

Влияние кислотности (pH) на усвояемость культурами элементов питания



Средняя прибавка валового сбора зерна пшеницы, сои, рапса, подсолнечника, сахарной свеклы от эффекта известкования, тонн/га

	Средняя прибавка урожая, ц/га				
	пшеницы	сои	рапса	подсолнечника	сахарной свеклы
2019 г.	2,5	1,1	1,1	1,5	28,1
2020 г.	2,5	1,0	1,1	1,5	28,1
2021 г.	4,0	2,1	2,1	3,0	56,2
2022 г.	4,0	2,1	2,1	3,0	56,2
2023 г.	4,0	2,1	2,1	3,0	56,2
2024 г.	4,0	2,1	2,1	3,0	56,2
ИТОГО	21,0	10,6	10,6	15,0	281,0



Окупаемость минеральных удобрений в сочетании с известкованием сельхозпродукцией в зависимости от применяемой системы удобрения

Культура		Доза удобрений		Урожай, ц/га	Окупаемость, кг/га
		СаСО ₃	NPK		
Озимая пшеница	Max	1,0	N90P90K90	39,3	7,7
	Opt	0,5	N45P45K45	38,2	14,6
Ячмень	Max	1,0	N135P90K135	35,6	6,3
	Opt	0,5	N45P30K45	31,0	14,9
Озимая рожь	Max	2,0	N90P90K90	41,0	9,9
	Opt	0,5	N30P30K30	32,5	20,2
Картофель	Max	0,5	N135P135K180	194	20,7
	Opt	0,5	N45P45K60	182	54,0
Севооборот	Max	1,0	N99P96K123	32,5	5,7
	Opt	0,5	N33P32K41	29,7	14,4

дозы минеральных удобрений среднегодовые; урожай указан в з.ед.

**Влияние кислотности почв на окупаемость минеральных удобрений
(N 60-90 P 60-90 K 60-90) зерном озимой пшеницы в Нечерноземной зоне**

Градация рН	Число опытов	Урожайность, ц/га	Прирост зерна ц/га на 0,1 ед. рН	Окупаемость кг зерна/кг NPK
Суглинистые почвы				
< 4.0	16	5,7	-	-
4.1-4.5	15	12,0	1,26	2,6
4.6-5.0	44	24,5	2,50	8,4
5.1-5.5	51	31,1	1,32	11,3
5.6-6.0	86	33,5	0,48	12,4
6.1-6.5	46	35,9	0,48	13,0
Супесчаные почвы				
4.1-4.5	1	8,0	-	-
4.6-5.0	6	21,1	2,62	7,2
5.1-5.5	26	29,5	1,68	11,9
5.6-6.0	12	30,8	0,26	12,7
6.1-6.5	29	33,2	0,48	14,0

Изменение некоторых свойств почвы с течением времени

от нескольких минут
или часов

- температура
- влажность
- содержание воздуха

от нескольких
месяцев или лет

- pH
- агрегатный состав
- плотность сложения
- содержание органического вещества
- содержание элементов питания
- почвенная флора и фауна

от нескольких
столетий до
тысячелетий

- минералогический состав
- размер элементарных почвенных частиц
- плотность почвенных частиц
- почвенный горизонт

Спасибо всем!

