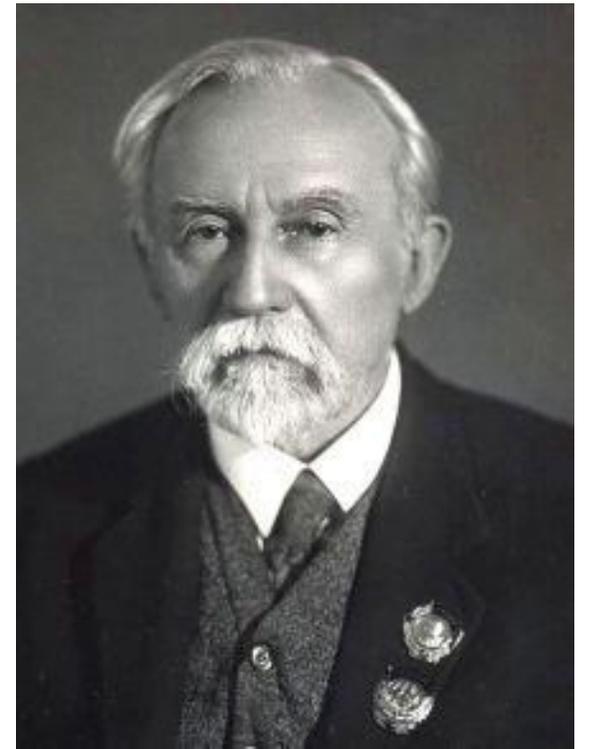

АГРОХИМИЯ

**Агрохимия - наука об оптимизации
питания растений,
применения удобрений и плодородия почвы
с учетом
биоклиматического потенциала для
получения высокого урожая и
качества продукции.**

- **Д.Н. Прянишников - основоположник отечественной агрохимической школы - считал, что задачей агрохимии является изучение круговорота веществ в земледелии и выявление тех мер воздействия на химические процессы, протекающие в почве и растениях, которые могут повышать урожай или изменять его качество.**
- Читал курсы «Учение об удобрении» и «Частное земледелие».
- Одновременно в 1891—1931 годах читал курсы по агрономической химии и по химии растений в Московском университете на кафедре агрономической химии.
- В 1896 году защитил магистерскую диссертацию «О распадении белковых веществ при прорастании», а в 1900 в Московском университете — докторскую «Белковые вещества и их распадение в связи с дыханием и ассимиляцией»

Дми́трий Никола́евич
Пря́нишников
(1865-1948)



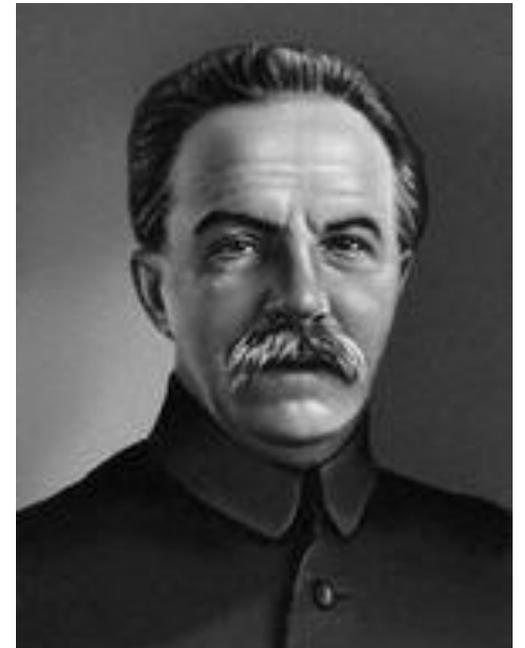
- Удобрения создают оптимальный режим питания растений макро- и микроэлементами, направленно регулируют обмен органических и минеральных соединений, что позволяет реализовать потенциальную продуктивность растений по количеству и качеству урожая. Но и сами удобрения подвергаются воздействию растений: труднорастворимые их формы растения переводят в доступные соединения, а обладая избирательной поглотительной способностью по отношению к отдельным элементам, создают физиологическую кислотность или щелочность минеральных удобрений.
- Агрохимические средства существенно влияют на химические и физические свойства почвы, а также на активность и направленность микробиологических процессов, но одновременно и сами изменяются под влиянием свойств почвы. Например, в кислых почвах фосфоритная мука разлагается и фосфор переходит в доступную для растений форму. То же происходит и с карбонатами известковых удобрений. На этом принципе основана химическая мелиорация (известкование) кислых почв, вызывающая нейтрализацию почвенного раствора.

• Д.Н. Прянишников выразил взаимосвязь между тремя взаимодействующими факторами: почвой, растением и удобрением отражающей сущность предмета агрохимии. Задача агрохимии состоит в том, чтобы применением удобрений создать оптимальные условия для питания растений. Такой же подход к оценке системы удобрений должен быть и в отношении почвы. Только удовлетворяя биологические требования растений, можно реализовать потенциальную продуктивность растений, заложенную в генотипе новых сортов.

Известный русский ученый К.К. Гедройц отмечал, что урожайность зависит от трех факторов: климата, почвы и самого возделываемого растения. Климат же трудно поддается изменениям, но смягчить его действие можно путем улучшения свойств почв, находящихся в данном регионе. Изменяя свойства почвы, человек может в определенной мере регулировать в желательном направлении эффект климатических условий на растения.

Гедройц открыл «[почвенный поглощающий комплекс](#)» — совокупность [высокодисперсных](#) минеральных, органоминеральных и органических частиц, обладающих ионнообменной способностью.

Гедройц, Константин
Каэтанович
(1872-1932)



- В дальнейшем географическая сеть опытов с удобрениями и многочисленные эксперименты в зональном аспекте по унифицированным схемам и методам позволяют в определенной степени учесть важнейший фактор - климат - в системе климат- почва-удобрения-растения. Поэтому в определение «агрохимия» Государственным стандартом в 1983 г. был введен климат, и оно приобрело в те годы следующую формулировку: **«Агрохимия - наука о взаимодействии удобрений, почвы, растений и климата, круговороте веществ в земледелии и рациональном применении удобрений»** (Постановление Государственного комитета СССР по стандартам от 13 июля 1983 г. № 3110).
- Недооценка климатических особенностей конкретного земледельческого района может привести к серьезным погрешностям в определении значения минеральных удобрений в создании урожая и объективной оценке их эффективности. Поэтому учет погодно-климатических условий - неотъемлемая часть полевого агрохимического опыта.

- Анализ достижений агрохимии и смежных наук позволяет в обобщенном виде сформулировать следующие основные задачи агрохимии на современном этапе развития этой отрасли науки: изучение свойств и химического состава различных видов органических и минеральных удобрений и их влияния на:
 - 1) *круговорот и баланс питательных веществ в земледелии;*
 - 2) *свойства почв и воспроизводство их плодородия;*
 - 3) *питание растений и обмен в них органических и минеральных веществ в процессе вегетации;*
 - 4) *биологическую активность почвы и ее биоразнообразие;*
 - 5) *формирование количества и качества продукции;*
 - 6) *агроэкологические функции агрохимии в системе почва-растение;*
 - 7) *экономико-энергетические показатели эффективности использования агрохимических средств*

- **Агрохимия изучает сложные процессы взаимосвязи факторов роста и развития растений в конкретных почвенно-климатических условиях. Вскрыв закономерности этих процессов, можно определить пути оптимизации питания растений с помощью макро- и микроудобрений, регулировать обмен веществ в растении в процессе вегетации в целях получения высокого урожая возделываемой культуры и улучшения качества продукции.**

- **Питание растений - сложный процесс поступления отдельных биогенных элементов из воздуха и поглощения основной массы доступных минеральных солей через корневую систему из раствора и твердой фазы почвы. Сложность регулирования и оптимизации процесса питания растений и обмена веществ заключается в том, что он находится в тесной взаимосвязи с погодно-климатическими условиями, которые мы не всегда можем регулировать. От этих же условий в значительной мере зависит и содержание в почве питательных веществ в доступной для поглощения растениями форме.**

- На сложные процессы, определяющие рост и развитие растений, активное и сильное влияние оказывают минеральные и органические удобрения. Они изменяют концентрацию солей в почве, интенсивность и направленность химических, физико-химических и биологических процессов, реакцию и буферность почвы, ее поглотительную способность. Исследуя эти процессы в динамике и во взаимосвязи, агрохимия вскрывает сущность явлений, закономерности в обмене веществ и формировании урожая и использует их для направленного регулирования роста растений и реализации их потенциальной продуктивности. Самым сильным и быстродействующим средством агрохимии при направленном регулировании этих процессов, как и при ее вмешательстве в круговорот веществ в земледелии, является удобрение почв. Без него невозможно оптимизировать питание растений, регулировать величину и качество урожая, влиять на воспроизводство плодородия почвы.

*Удобрение - это вещество для
питания растений и повышения
плодородия почвы.*



• Методы исследования в агрохимии:

• **1. лабораторные:**

- химические, физико-химические методы анализа растений, почв и удобрений.

-

- фотометрия, хроматография, спектроскопия, атомно-абсорбционная спектрофотометрия, рентгенофлуоресцентный, нейтронно-активационный, масс-спектрометрия и др.

- стабильных и радиоактивных изотопов

- комплексная почвенно-растительная диагностика питания растений и применения удобрений

- **2. физиолого-агрохимические:**

- вегетационные (эксперименты проводятся в специальных сосудах, размещаемых в вегетационных павильонах-домиках, теплицах)
- лизиметрические методы (исследования проводятся в больших сосудах, с изолированными по вертикале стенками в условиях близких к естественным)

- **3. методов агрохимических исследований - полевые опыты.**

- Полевой опыт с удобрениями - это опыт, проводимый в полевых условиях для определения действия удобрений на урожай сельскохозяйственных культур, его качество, а также на плодородие почвы.

- **мелкоделяночные опыты** проводятся для более глубоких, чаще поисковых, экспериментов. Они часто сочетаются с вегетационными и лизиметрическими опытами, но в условиях, идентичных или близких к естественным. Мелкоделяночные опыты с удобрениями проводятся в полевых условиях на делянках площадью не более 10 м.
- **в краткосрочных полевых опытах** действие удобрений на урожай и качество сельскохозяйственных культур изучается не менее трех лет в определенных почвенных условиях. Данные этих опытов широко используются для определения потребности в различных видах и формах минеральных удобрений в зональном аспекте или административном (район, область, республика), а также при определении перспективной потребности страны в различных видах и формах удобрений. Результаты этих опытов вводятся в банк данных, а затем с помощью ЭВМ по соответствующей программе выдается необходимая информация.
-
- *Мелкоделяночные и краткосрочные полевые опыты широко используются и для совершенствования методов комплексной почвенной и растительной диагностики оптимизации питания растений и применения удобрений.*

- Стационарный опыт с удобрениями - это полевой опыт с систематическим внесением удобрений, проводимый на одном участке, в севообороте, в звене севооборота или при бессменной культуре.
- **длительный полевой опыт с удобрениями** - это стационарный опыт, проводимый более одной ротации севооборота. Дают ценную информацию по оценке сравнительной эффективности различных систем удобрений в севооборотах, т. е. органических, минеральных, их сочетаний; уровня насыщенности севооборотов удобрениями; оптимального распределения органических и минеральных удобрений по культурам севооборота, а также форм удобрений.
- Эти опыты являются основной базой для разработки статических моделей плодородия почв, исследования закономерностей изменения плодородия почв и качества продукции при длительном применении удобрений, проведения балансовых исследований, миграции питательных элементов по профилю почвы и накопления балластных токсических элементов.

- **Производственные опыты** с удобрениями проводятся в производственных условиях для проверки рекомендаций и экономической оценки действия удобрений на урожай и его качество. Результаты производственных опытов играют большую роль при внедрении и обосновании эффективности одного или комплекса приемов химизации земледелия при подготовке практических рекомендаций.

- **ЗАРОЖДЕНИЕ УЧЕНИЯ О ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ,
ПЛОДОРОДИИ ПОЧВ И УДОБРЕНИИ ЗЕМЕЛЬ**

- Наиболее правильный взгляд на почву как на источник минеральных веществ, необходимых для растения, высказал французский естествоиспытатель Б. Палисси. Еще в 1563 г. он писал, что «соль есть основа жизни и роста всех посевов». Если засеять поле несколько лет подряд, не унавоживая, то посевы извлекут из земли соль, необходимую для своего роста; земля, таким образом, обедняется солями и перестает давать урожаи. Его представления о причинах истощения почвы, о необходимости возврата зольных веществ в виде удобрений лишь 300 лет спустя доказаны точными опытами.
- В 1656 г. И.Р. Глаубер выдвинул гипотезу, что главным фактором урожайности является селитра, внесение которой в почву вызывает значительный рост урожая. Удобрительное действие навоза он связывал с образованием селитры. Но взгляды Б. Палисси, И.Р. Глаубера в свое время не были оценены по достоинству и не оказали существенного влияния на земледелие.

- Большую роль в изучении вопроса об источниках азота для питания растений сыграл Ж.Б. Буссенго (1802-1887). С 1836 г., будучи профессором Лионского университета, он изучал баланс прихода и расхода питательных веществ за севооборот и установил важную роль бобовых в обогащении почвы азотом. Ряд основных работ Буссенго по изучению круговорота веществ в земледелии явились фундаментом для создания новой отрасли знания - агрохимии. Синтез либиховского положения о роли зольных элементов и тезис Буссенго о значении азота в удобрениях сыграли большую роль в дальнейшем развитии теории корневого питания растений. Буссенго развивал азотную теорию удобрения, противопоставив ее гумусовой теории Тэера. Истощение плодородия почв он связывал с выносом азота с урожаем. В то же время он установил, что некоторые культуры, например клевер и люцерна, не истощают, а обогащают почву азотом. Причем Буссенго это доказал точными агрохимическими исследованиями в полевых экспериментах в севооборотах. Тот факт, что азотный дефицит в севообороте покрывается за счет клевера и люцерны, был установлен им в течение 1836—1838 гг.

- РОЛЬ РУССКИХ УЧЕНЫХ В РАЗВИТИИ УЧЕНИЯ
- О ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ И НАУКИ АГРОХИМИИ

- Развитие агрохимии в России неразрывно связано с историей и совершенствованием земледелия, формированием взглядов на питание растений, созданием научной методики химических и биологических исследований, введением количественных методов изучения превращения веществ. В XIV-XVI вв. в земледельческих хозяйствах получает все большее применение парово-зерновая система с трехпольным севооборотом, распространяется практика удобрения навозом и т.п. Все это ведет к совершенствованию сельского хозяйства, а следовательно, и к обогащению знаний о природных явлениях.
- Попытки «рационального» сельского хозяйства вызывали интерес к некоторым агробιοлогическим и агрохимическим мерам и методам. Огородная и садовая культура в дворянских поместьях и в городских купеческих владениях, которая с XV-XVI вв. становилась заметной, фиксировала совершенствование представлений о природе в области ботаники и химии.

- **Михаил Васильевич Ломоносов** (1711-1765) был родоначальником естествознания в России. В 1753 г. в работе «Слово о явлениях воздушных» он писал: «Преизобильное ращение тучных дерев, которые на бесплодном песку корень свой утвердили, ясно изъявляет, что жирными листьями жирный тук из воздуха впитывают». Ломоносов первым высказал научные предположения о происхождении гумуса, чернозема. В книге «О слоях земных» он дал правильное объяснение происхождению гумуса почвы: «Нет сомнения, что чернозем не первообразная и не первозданная материя, но произошел от согнития животных и растущих тел со временем». Он считал, что в естественных условиях при образовании гумуса происходят те же процессы, что и в культурных почвах при разложении в них навоза и образовании пахотных земель.

- **Андрей Тимофеевич Болотов (1738-1833)** - выдающийся ученый-агроном, активный пропагандист сельскохозяйственных знаний, автор серии важных статей по удобрению полей, плодородию почв. Много внимания уделял местным удобрениям - навозу, навозной жиже, золе и извести. Он писал, что земли во многих местах без навоза не могут дать хороших урожаев, а навоза в хозяйстве мало, так как мало скота из-за недостатка кормов, а чтобы иметь их больше, надо иметь удобрения.
- **Иван Михайлович Комов (1750-1792)** в 1789 г. опубликовал книгу «О земледелии», которая в тот период имела исключительное значение. В ней он изложил научные основы земледелия. По его мнению, прежде чем «давать правила, как каждую землю удобрять и как какое растение сеять, надобно показать начала и источники, откуда оные правила истекают».
- **Матвей Иванович Афонин (1739-1810)** был первым русским профессором, читавшим курс агрономии, когда еще в 1770 г. в Московском университете началось ее преподавание. В 1771 г. на торжественном собрании Московского университета он произнес речь, посвященную органическому веществу почвы и его значению в земледелии. Таким образом, вторую половину XVIII в. можно считать периодом возникновения русской агрономической науки.

- **Михаил Григорьевич Павлов (1793-1840)**, профессор Московского университета, был выдающимся деятелем русской агрономической школы. В 1818 г. он был командирован за границу, где изучал
- агрономию и работал у А. Тэера, автора гумусовой теории питания растений.
- **Дмитрий Иванович Менделеев (1834-1907)** известен как великий ученый-химик, но он интересовался и сельским хозяйством, проводил исследования по агрохимии. В 1869 г. на съезде русских естествоиспытателей в Москве он выступил с докладом об агрохимических опытах. Его многие мысли о производстве и применении удобрений, обработке почвы не потеряли актуальности и до настоящего времени.
- **Анастасий Егорович Зайкевич (1842-1931)**, профессор Харьковского университета, первый установил, что черноземы, несмотря на высокое содержание в них гумуса, прекрасно отзываются на минеральные удобрения.

- **Павел Андреевич Костычев (1845-1895)** - блестящий педагог, популяризатор и организатор, выдающийся исследователь и знаток черноземных почв России. В классическом труде «Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства» он развил учение о факторах образования чернозема. Большое значение имели работы П.А. Костычева по изучению фосфатного режима почв и применения фосфорных удобрений. В работе «На каких почвах фосфоритная мука увеличивает урожаи. Исследование подзола и причины улучшения его фосфоритной мукой» он отмечал, что в подзолистых почвах содержится большое количество органических фосфатов.
- **Климент Аркадьевич Тимирязев (1843-1920)** своими трудами оказал влияние на развитие не только физиологии растений, но и всей нашей агрономической науки. Он высоко ценил вклад Либиха в развитие идей рационального земледелия. Его положения о возврате в почву уносимых с урожаем недостающих в ней питательных веществ и о зависимости урожая от питательного вещества, находящегося в минимуме, К.А. Тимирязев считал основным законом. Главные пути повышения продуктивности земледелия он видел в клеверосеянии и применении минеральных удобрений.

• **Петр Симеонович Коссович (1862-1915)** - выдающийся исследователь и общественный деятель - отличался широтой и разнообразием изучавшихся им вопросов, их практической направленностью. Он подтвердил вывод Д.Н. Прянишникова о возможности питания растений аммиачным азотом путем проведения прямых опытов в стерильных условиях, исключающих процесс нитрификации аммонийного азота. Это имело большое практическое значение, так как открывало перспективы развития производства и широкого использования аммиачных удобрений.

• **Дмитрий Николаевич Прянишников (1865-1948)** - основоположник советской агрохимии - обосновал теорию аммиачного и нитратного питания растений и дал исчерпывающие рекомендации по производству и применению аммиачных удобрений. Им выполнены классические работы по теории азотного обмена. Д.Н. Прянишникову принадлежит заслуга глубокого обоснования условий эффективного применения фосфоритов на кислых почвах, положения о возрастающем плодородии почв, об использовании азота атмосферы биологическим путем в сочетании с азотом минеральных удобрений.

• АГРОХИМИЯ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ

- **Плодородие почвы** - способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности.
- Важным показателем высокого плодородия почв является наличие достаточного запаса необходимых растениям биогенных элементов, которые находятся в доступной для сельскохозяйственных культур форме вследствие мобилизации элементов, составляющих потенциальное плодородие, и применения удобрений.
- **Важное свойство почвы** - ее **поглотительная способность**, под которой понимают способность почвы поглощать и удерживать твердые, жидкие и газообразные вещества. Благодаря поглотительной способности почв питательные элементы, сохраняя доступность корням растений, удерживаются от вымывания.
- Важным свойством плодородных почв является их биологическая активность, которая характеризует интенсивность биологических процессов, протекающих в почве. Полезная микрофауна почвы не только принимает участие в биологическом круговороте питательных элементов, но и выделяет ферменты, антибиотики, стимуляторы роста и другие органические вещества, благотворно влияющие на культурные растения.

- Создание оптимальных условий для роста и развития растений в значительной мере связано с изменением физических, химических и биологических свойств почвы; наличием в ней достаточного количества усвояемых для растений питательных веществ; интенсивностью процессов перехода элементов питания из труднодоступной для растений формы в легкодоступную и наоборот, т.е. процессов мобилизации их и иммобилизации. Все это определяет потребность культурных растений в удобрениях, а также в применении комплекса агротехнических и мелиоративных мероприятий. Иначе говоря, между растениями, почвой и удобрениями существует постоянная взаимосвязь.
-
- Внесенное в почву удобрение в результате взаимодействия с почвой и воздействия почвенных микроорганизмов подвергается различным превращениям, влияющим на его способность к передвижению в почве, растворимость содержащихся в нем элементов пищи и их доступность растениям. Эти превращения зависят от свойств почв и удобрений. Например, на песчаных почвах скорость разложения поступивших органических удобрений при равенстве остальных факторов выше, чем на суглинистых и глинистых.

- Наибольший эффект от удобрений получается в таких условиях, когда растения наилучшим образом обеспечены всеми необходимыми для них условиями жизни - пищей, водой, воздухом, теплом, светом, когда почва чиста от сорняков, когда растения не поражаются вредителями, болезнями и т.д.
- Для более полного понимания влияния агрохимии на плодородие и свойства почвы необходимо рассмотреть следующие вопросы:
 - - состав и свойства минеральной и органической частей почвы;
 - - поглотительная способность и свойства почвы;
 - - изменение и оптимизация плодородия и свойств почвы при длительном применении удобрений;
 - - биологический круговорот и баланс биогенных элементов и гумуса в агроценозе.

• СОСТАВ И СВОЙСТВА МИНЕРАЛЬНОЙ • И ОРГАНИЧЕСКОЙ ЧАСТЕЙ ПОЧВЫ

- **Почва** - самостоятельное естественно-историческое органоминеральное природное тело, возникшее на поверхности Земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия.
- Почва состоит из трех фаз: твердой, жидкой (почвенный раствор) и газообразной (почвенный воздух), которые находятся в постоянном контакте и взаимодействии.
- **Газообразную фазу почвы** составляет почвенный воздух, который играет важную роль в жизни растений, их корней и аэробных микроорганизмов. Почвенный воздух находится в некапиллярных порах (больших промежутках в почве), так как в капиллярах большей частью находится вода. При заполнении водой всех пор почвенный воздух вытесняется из почвы. Если почва сухая, то воздух заполняет все поры (капиллярные и некапиллярные). В том и в другом случае нарушается питание растений и они гибнут.
- При плохой аэрации почвы (избыточной влажности, сильном уплотнении) в почве создается избыток CO_2 и недостаток кислорода, подавляются микробиологические процессы, а анаэробные восстановительные - активируются. В результате ухудшаются дыхание и рост корней, замедляется рост растений. Поэтому важно создавать условия для хорошей аэрации почвы, что будет благоприятно влиять на ее биологическую активность, на питание и рост растений.

- **Жидкая фаза почвы.** Никакая жизнь, в том числе и жизнь в почве, и никакие химические процессы немыслимы без воды, без растворов. Все превращения веществ совершаются в почвенных растворах или на границе коллоидных частиц и раствора (жидкой фазы). В.И. Вернадский отмечал, что в природе нет ни одного твердого тела, которое бы в своем составе не заключало воды. Почвы в среднем содержат около 20% воды от всей массы, т.е. одна пятая часть почвы - вода, ее жидкая часть. Однако в зависимости от погодных условий содержание воды в почве разное. Питание растений различными веществами происходит через раствор. Не случайно поэтому растение может испытывать голод даже при полном наборе всех питательных веществ, если в почве не хватает влаги. Следовательно, удобрения могут сыграть свою положительную роль только при достаточном количестве влаги в почве. Водный режим почвы, а следовательно, и эффективность удобрений во многом зависят от ее влагоемкости и водопроницаемости. **Влагоемкость** - способность почв удерживать воду под влиянием сорбционных и капиллярных сил. **Водопроницаемость** - это способность почвы воспринимать и пропускать через себя воду.

- **Твердая фаза почвы** состоит из минеральной части (90-99% массы твердой фазы) и органической. В минеральной части почвы содержатся все зольные химические элементы, 1-3% азота от общего количества, он практически полностью находится в органической части почвы. А такие элементы, как углерод, водород, кислород, фосфор и сера, находятся в минеральной и органической частях почвы.

• МИНЕРАЛЬНАЯ ЧАСТЬ ПОЧВЫ

- **Минеральная часть почвы возникла** в результате выветривания горных пород и минералов верхних слоев литосферы и их превращений в процессе почвообразования. Это подтверждается сходством химического состава литосферы и почв. Под совокупным влиянием на минеральную природу физических и химических факторов, в особенности живых организмов (растений и микроорганизмов), произошли глубокие изменения, которые и привели к образованию на поверхности земной коры почвенного покрова. Таким образом, «строителями» почвы являются растения и микроорганизмы, а также микро- и макрофауна, обитающая в почве, строительным же материалом - горные (материнские) породы и окружающая их атмосфера и гидросфера, а энергетическим источником почвообразования - солнечная энергия.
- В преобладающей части почв минеральную основу ее твердой фазы составляют кремнекислородные соединения. Самый распространенный минерал в почве - кварц (окись кремния). Алюминий и железо большей частью входят в состав алюмосиликатных и ферро- силикатных минералов. Атомы кремния в соединении с кислородом образуют прочносвязанные группы SiO_4 , в которых кремний окружен в тетраэдрической координации четырьмя атомами кислорода.

- В почвах встречаются первичные и вторичные минералы. К первичным относятся минералы, перешедшие из земной коры в почву в неизменном или почти неизменном виде. К ним можно отнести минералы почвенного скелета: кварц и его разновидности, полевые шпаты, в том числе плагиоклазы, слюды, роговые обманки, авгит, турмалин, магнетит, кальцит, доломит и др. Первичные минералы входят в состав материнских почвообразующих пород, возникших в результате выветривания и разрушения горных пород, из которых слагается оболочка земной коры. В почвах эти минералы присутствуют в основном в виде частиц песчаной размерности (от 0,05 до 1,0 мм) и пылеватых частиц (от 0,001 до 0,05 мм). В незначительном количестве некоторые из них присутствуют в виде илистых (<0,001 мм) и коллоидных (<0,25 мкм) частиц.

• ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВЫ

- **Органическое вещество почвы** - это совокупность всех органических веществ, находящихся в форме гумуса и остатков животных и растений, т.е. важная составная часть почвы, представляющая сложный химический комплекс органических веществ биогенного происхождения, разделяемых на две группы:
 - 1. Гумусовые, или перегнойные, вещества специфической природы.
 - 2. Негумифицированные вещества растительного и животного происхождения (остатки растений, червей, насекомых, тела микроорганизмов). Эта часть органического вещества составляет 10-15% от общего запаса его в почве; она легко разлагается и является источником питательных веществ для растения.
- **Гумус** - часть органического вещества почвы, представленная совокупностью специфических и неспецифических органических веществ почвы за исключением соединений, входящих в состав живых организмов и их остатков. Гумус представляет собой высокомолекулярные азотсодержащие соединения специфической природы. **Гумус (перегной)** возникает в результате биохимических процессов разложения растительных остатков и в силу этого имеет весьма сложное строение. Гумусовые вещества представляют собой особую систему азотсодержащих органических соединений циклического строения и кислотной природы.

- **ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ И СВОЙСТВ ПОЧВЫ**
- **ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ**

- Основные направления агрохимических исследований в длительных стационарных опытах следующие:

- 1) сравнительная оценка доз, видов и форм минеральных удобрений, внесенных по эквивалентному количеству питательных веществ;

- 2) оценка эффективности минеральной, органической и органоминеральной систем удобрений в севооборотах различной специализации;

- 3) установление оптимального распределения удобрений среди культур севооборота в целях получения наибольшей их окупаемости;

- 4) достижение максимальной эффективности при сочетании различных систем удобрения с химической мелиорацией почв и их влияние на свойства почвы и продуктивность севооборотов;

- 5) возможность периодического внесения фосфорных и калийных удобрений; 6) оптимизация плодородия и свойств почвы;

- 7) регулирование биологического круговорота и баланса биогенных элементов в агроценозе;

- 8) экологические функции агрохимических средств.

•

- От длительного применения минеральных удобрений свойства почв ухудшаются. Это объясняется поглощением почвой катионов, входящих в состав удобрений, и подкислением реакции почвенного раствора в результате вытеснения из поглощающего комплекса водорода и алюминия, а также физиологической кислотностью азотных и калийных удобрений. При правильном применении удобрений (на фоне навоза или известкования, внесении добавок для нейтрализации физиологической кислотности удобрений) кислотность почв не только не увеличивается, но в ряде случаев происходит даже ее снижение. На нейтральных и близких к нейтральным черноземах некоторое подкисление в результате применения удобрений можно считать даже положительным, так как многие соединения при этом становятся более подвижными и доступными для растений.
- Следовательно, характер и оценка действия удобрений на физико-химические свойства почв, как и все другие показатели плодородия, зависят от почвенно-климатических условий и форм применяемых удобрений.

• ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

- **Питание растений** - процесс поглощения из внешней среды и преобразования питательных веществ в соединения, необходимые для жизнедеятельности растения, передвижение первично поглощенных питательных веществ и их преобразование и локализация в местах последующего использования.
- **Питание растений** - один из важнейших факторов их жизни. В процессе питания происходит обмен веществ между растениями и окружающей средой. Неорганические вещества почвы, атмосферы и воды поступают в растение, где используются в синтезе сложных органических соединений, а ряд веществ выводится из растительного организма в окружающую среду.

• ТИПЫ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

- Существует **автотрофный** и **симбиотрофный** (микотрофный и бактериотрофный) типы питания растений.
- В большинстве случаев у растений преобладает **автотрофный тип питания** (греч. «троф» - «пища»), т.е. самостоятельное обеспечение неорганическими элементами и азотом почвы и углекислым газом, из которых синтезируются органические вещества. Кроме зеленых фотосинтезирующих растений к автотрофным организмам относятся некоторые бактерии, осуществляющие углеродное питание путем фотосинтеза или хемосинтеза.
- Автотрофные организмы не нуждаются в поступлении извне готовых органических веществ, а в процессе углеродного питания (фотосинтеза) из углерода CO_2 воздуха осуществляют их первичный синтез, т.е. заново создают органические соединения.

- При **симбиотрофном** типе питания высшее растение тесно сожительствует с другими организмами (симбионтами). Симбиоз выработался в процессе исторического развития организмов как полезная для них форма отношений. При симбиотрофном типе питания наблюдается взаимное использование продуктов обмена веществ для питания. Границы симбиоза не всегда определены, поэтому часто трудно определить пользу, приносимую одним организмом другому.
- При создании хороших условий питания растений недооценка того или иного фактора развития растений неминуемо приводит к неудаче. Для растения все факторы важны, поэтому в каждом конкретном случае необходимо знать, какого из них не хватает.
- Эти два вида питания растений тесно взаимосвязаны. Например, недостаток питательных веществ в почве задерживает образование органических соединений в листьях, что в свою очередь тормозит рост растений, снижает их продуктивность.

• МИНЕРАЛЬНОЕ (КОРНЕВОЕ) ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

- Поглощение воды и питательных веществ через корни, т. е. корневое питание, тесно связано с углеродным питанием растений через листья. В состав растения входят почти все элементы периодической системы Д.И. Менделеева. Однако физиолого-биохимическая роль некоторых из них еще недостаточно изучена. В наибольшем количестве растения поглощают азот, фосфор, калий, кальций, магний, серу. Эти элементы называют **макроэлементами**. Их содержание в растениях исчисляется целыми процентами или десятыми долями их. При сжигании органического вещества все элементы, кроме азота, остаются в золе, поэтому их часто называют зольными элементами. С водой в растение поступают кислород и водород.
- Растениям необходимы также элементы, потребляемые ими в небольших количествах, но играющие важную роль в различных процессах обмена веществ. Это железо, бор, цинк, марганец, медь, молибден, кобальт, йод и др. Их называют **микроэлементами**. Содержание их в растении исчисляется сотыми и тысячными долями процента.
- В растениях встречаются также элементы в ничтожно малых количествах, которые называют **ультрамикроэлементами**. К ним можно отнести серебро, золото, радий, уран, торий, актиний и др. Значение этих элементов в жизни растений очень мало изучено, хотя, несомненно, они играют определенную роль в биохимических процессах. Кроме перечисленных элементов растения поглощают и другие вещества, находящиеся в почве, которые хотя и не являются необходимыми, но могут в одних случаях действовать на растения положительно, а в других - отрицательно.

• ЗНАЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

• В ПИТАНИИ РАСТЕНИИ

• *МАКРОЭЛЕМЕНТЫ*

• АЗОТ

- Азот - важнейший питательный элемент всех растений. В среднем его в растении содержится 1-3% от массы сухого вещества. Он входит в состав таких важных органических веществ, как белки, нуклеиновые кислоты, нуклеопротеиды, хлорофилл, алкалоиды, фосфатиды и др. В среднем содержание его в белках составляет 16- 18% от массы.
- Азот входит в органические соединения, в том числе в важнейшие из них аминокислоты белков. Азот, фосфор и сера вместе с углеродом, кислородом и водородом являются строительным материалом для образования органических веществ и, в конечном счете, живой ткани.

- Содержание азота в растениях существенно изменяется в зависимости от вида растений, их возраста, почвенно-климатических условий выращивания культуры, приемов агротехники и т.д. Например, в семенах зерновых культур азота содержится 2-3%, бобовых - 4-5%. Наибольшее содержание азота отмечается в вегетативных органах молодых растений. По мере их старения азотистые вещества передвигаются во вновь появившиеся листья и побеги. При этом в первой половине вегетации, когда формируется надземная масса, в вегетативных органах синтезируются азотсодержащие органические вещества, идет процесс новообразования белков и рост растений. В дальнейшем у пшеницы, например, после цветения происходят более интенсивный гидролиз азотсодержащих органических веществ в вегетативных частях растений и передвижение продуктов гидролиза в репродуктивные органы, где они расходуются на образование белков зерна.

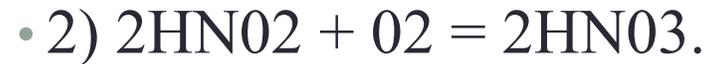
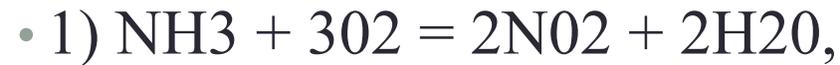
- Доступные растениям азотистые соединения образуются главным образом из органического вещества почвы в результате его разложения. Количество органического вещества зависит от вида угодья. Интенсивное использование пашни путем введения паропропашных севооборотов приводит к систематическому уменьшению содержания органического вещества в почве. С введением бобовых трав в севообороты, с посевом сидератов или внесением навоза содержание органических веществ в почве возрастает. Большие запасы азота в органическом веществе находятся в почве под лугами и сенокосами; при распашке же происходит интенсивная их минерализация.
- В гумусе содержится около 5% азота. Этот азот является основным источником питания растений: в минеральной форме азота содержится небольшое количество - 1-3%. Верхние слои почвы более обогащены гумусом, и основная часть азота при минерализации перегноя именно из этих слоев используется на питание растений.
- Запасы азота в почве пополняются в основном в результате азотфиксирующей способности свободноживущих и клубеньковых микроорганизмов и поступления его с атмосферными осадками.

- Наиболее значительное количество азота накапливается в почве благодаря жизнедеятельности клубеньковых бактерий бобовых растений. На 1 га ежегодное накопление азота может достигать при возделывании клевера 150-160 кг, люпина - 160-170, люцерны - 250- 300, сои - 100, вики, гороха, фасоли - 70-80 кг. Размеры фиксации зависят от вида бобового растения, урожая, реакции почвы и других факторов.
- В природе существуют многочисленные пути потерь азота. Основные из них следующие:
 - 1) иммобилизация, т.е. потребление азота почвенной микрофлорой;
 - 2) выщелачивание (прежде всего нитратных форм азота) в грунтовые воды;
 - 3) улетучивание аммиака, окислов азота и молекулярного азота в воздух;
 - 4) фиксация аммония в почве, или необменное его поглощение.

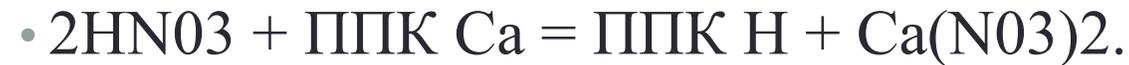
- Содержание азота в почве зависит от ее гранулометрического состава, окультуренности и т.д. Общий запас азота в пахотном слое одного гектара колеблется от 1,5 т в супесчаной дерново-подзолистой почве до 15 т в мощном черноземе. Однако оптимальные условия азотного питания растений определяются прежде всего наличием в почве минеральных соединений азота, так как именно эта форма азота доступна растениям. Лишь незначительная часть азота в виде растворимых в воде амидов и аминокислот может усваиваться растением. Основная же часть азота содержится в органических соединениях, недоступных для питания растений. В минеральных соединениях находится 1-3% азота, но именно этот азот имеет большое значение в питании растений.
- Разложение органического вещества в почве происходит по схеме:
 - белки, гуминовые —> аминокислоты -> амиды —> аммиак -> нитриты —> нитраты, вещества

- Процесс превращения азота органического вещества до аммиачных соединений называется аммонификацией. Микроорганизмы под действием ферментов расщепляют белки до аминокислот. Последние под действием ферментов микробных клеток: дезаминазы и дезамидазы - подвергаются дальнейшим процессам разложения (дезаминирование, дезамидирование) с отщеплением аммиака, который может связываться различными кислотами, образуя соли ((ЖЦ⁺СО₃⁻, NH₄NO₃), а также поглощаться почвенными коллоидами. Аммонификация осуществляется аэробными и анаэробными микроорганизмами (бактерии, актиномицеты, плесневые грибы). Наиболее типичные представители бактерий *Bac. vulgare*, *Bac. subtilis*, *Bac. mesenteriesis*, *Bac. micoides*, плесневых грибов - *Aspergillius*, *Penicillium*, *Trichoderma*.
- Аммиак образуется во всех почвах при разной реакции среды в присутствии воздуха и без него, но в анаэробных условиях при сильноокислой и щелочной реакции аммонификация сильно замедляется. На скорость аммонификации оказывают действие также температура почвы, влажность и другие факторы. В аэробных условиях соли аммония окисляются до нитратов.

- Процесс окисления аммиака до нитратов носит название нитрификации. Этот процесс осуществляется аэробными бактериями нитрозомонас, нитрозоцистис и нитрозоспира до азотистой кислоты (первая фаза), а завершение процесса окисления до азотной кислоты - бактериями нитробактер (вторая фаза):



- Образовавшаяся азотная кислота нейтрализуется бикарбонатом кальция или магния или поглощенными основаниями:



- Процесс нитрификации требует определенных условий: доступа воздуха, влажности (лучшая - 60% от капиллярной влагоемкости), температуры (оптимальная - 25-30°C) и реакции среды (нейтральная или слабокислая). Нитрификация является показателем культурного состояния почвы, а нитрификационная способность почвы - важным признаком ее плодородия.

• ФОСФОР

- Влияние фосфора на жизнь растений весьма многосторонне. При нормальном фосфорном питании значительно повышается урожай и улучшается его качество. У хлебных культур возрастает доля зерна в общем урожае, улучшается его выполненность. В овощах, плодах, корнеплодах увеличивается содержание Сахаров, а в клубнях картофеля - крахмала, у льна и конопли повышается качество волокна - увеличивается его длина и прочность, волокно становится более тонким, с прекрасным жирным блеском. Фосфор повышает зимостойкость растений, ускоряет их развитие и созревание. Например, созревание зерновых культур ускоряется на 5-6 дней, что особенно важно для районов, где они не вызревают до наступления низких температур.

- Оптимальное фосфорное питание способствует развитию корневой системы растений - она сильнее ветвится и глубже проникает в почву. Это улучшает снабжение растений питательными веществами и влагой, что особенно важно для засушливых условий. Без фосфора, как и без азота, жизнь невозможна. Он входит в состав различных органоидов и ядра клеток. В растениях фосфор находится в нуклеопротеидах, нуклеиновых кислотах, которые наряду с белками играют важную роль в самом проявлении сущности жизни - синтезе белка, росте и размножении, передаче наследственных свойств. В растениях содержание нуклеиновых кислот составляет от 0,1 до 1%. Фосфор содержится также в фосфатидах, сахарофосфатах, фитине, липоидах и в минеральных соединениях, входит в состав ферментов и витаминов.
- **Фосфопротеиды** - соединения белковых веществ с фосфорной кислотой, которые катализируют течение биохимических реакций.
- **Фосфатиды** (или фосфолипиды) - сложные эфиры глицерина, высокомолекулярных жирных кислот и фосфорной кислоты. Они образуют белково-липидные мембраны, которые регулируют проницаемость клеточных органелл и плазмолеммы для различных веществ. Следовательно, они играют очень важную биологическую роль в жизни растений.

- **Фитин** - производное циклического соединения шестиатомного спирта инозита и является кальциево-магниевой солью инозитфосфорной кислоты. Это запасное вещество. Фосфор фитина используется при прорастании развивающимся зародышем.
- **Сахарофосфаты** - фосфорные эфиры Сахаров. Они играют важную роль в процессах фотосинтеза, дыхания, биосинтеза сложных углеводов и т.д. Благодаря фосфорной кислоте сахарофосфаты обладают высокой лабильностью и большой реакционной способностью.
- Кроме этого, фосфорная кислота является носителем энергии благодаря образованию макроэргических связей. Основная роль среди макроэргических соединений принадлежит аденозинтрифосфорной кислоте (АТФ). АТФ принимает участие в процессах фотосинтеза, дыхания, в биосинтезе белков, жиров, крахмала, сахарозы, аминокислот и многих других соединений.

- Фосфор ослабляет вредное действие подвижных форм алюминия на кислых дерново-подзолистых почвах. Подвижные формы алюминия отрицательно влияют на обмен веществ у растений, тормозят процессы превращения моносахаридов в сахарозу и более сложные органические соединения, задерживают процесс образования белков, в связи с чем накопление небелковых форм азота в растениях заметно возрастает. Подвижные формы алюминия подавляют образование фосфатидов и нуклеопротеидов. Фосфор же связывает алюминий почвы, фиксирует его в корневой системе, благодаря чему улучшается углеводный, азотистый и фосфорный обмен в растениях.
- Фосфор находится в тесном взаимодействии с азотом и белковыми соединениями, является их спутником. Распределение фосфора в различных органах растения аналогично распределению азота. В репродуктивных органах (семенах) фосфора содержится в 3- 6 раз больше, чем в вегетативных.
- Естественных источников пополнения запасов фосфора в природе нет, поэтому нарушение баланса его в биологическом круговороте веществ может наступить раньше, чем азота. В разных почвах содержится неодинаковое количество фосфора - от 0,01% P_2O_5 в бедных песчаных до 0,20% в мощных высоко- гумусных почвах. Верхние слои почвы обычно содержат значительно больше P_2O_5 , что связано с накоплением фосфора в зоне отмирания главной массы корней. Почвы северной лесостепи европейской части России беднее фосфором, чем почвы южной зоны. К северу и югу от мощных черноземов относительное количество органических фосфатов в почве уменьшается, а минеральных - возрастает.

• Содержание и формы соединений фосфора в почвах

- Около 95% фосфатов в земной коре представлено фторапатитом ($\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$), а 5% - фосфатами полуторных окислов и другими соединениями. В результате жизнедеятельности высших растений и микроорганизмов в почвах накапливаются также органические фосфорные соединения. Среднее содержание фосфорной кислоты в почве от 0,05 до 0,20% P_2O_5 от массы почвы (зависит от наличия гумуса, гранулометрического состава, внесения удобрений). Верхний слой почвы содержит больше P_2O_5 , чем нижележащие слои. В гумусе ее 1- 2%. Основная доля фосфорной кислоты почвы находится в форме соединений, малодоступных для растений. Поэтому валовое содержание фосфорной кислоты в почве не может быть показателем обеспеченности растений фосфором, но оно характеризует потенциальное ее плодородие. Содержание P_2O_5 в почвенном растворе достигает 1-2 мг/л. Фосфор из раствора поглощается растениями, микроорганизмами, а также почвой вследствие вторичного образования малорастворимых соединений P_2O_5 с кальцием, магнием и полуторными окислами. Чрезмерно высокая концентрация P_2O_5 в растворах почвы также нежелательна. Так, в водной культуре проростки овса выделяли наружу ранее поступивший фосфор, если содержание его в растворе почвы превышало 5 мг/л.

- Фосфор входит в состав органического вещества почвы, а также в пожнивные остатки и навоз. При их разложении в почве высвобождающийся фосфор может использоваться растениями. Регулирование цикла фосфора в биологическом круговороте путем применения фосфорсодержащих удобрений весьма важно, так как естественные источники пополнения его запасов в экосистемах отсутствуют.

• КАЛИЙ

- Физиологические функции калия разнообразны. Его больше в молодых растущих частях растений. Калий играет существенную роль в жизни растений, воздействуя на физико-химические свойства биокolloидов, находящихся в протоплазме и стенках растительных клеток. Катион калия в отличие от катиона кальция и магния способствует набуханию биокolloидов, переводу их в устойчивое состояние золя, т.е. калий повышает степень дисперсности биокolloидов и усиливает их гидратацию, в то время как кальций, наоборот, коагулирует и обезвоживает коллоиды. Поэтому калий увеличивает гидрофильность коллоидов протоплазмы, что поддерживает организм в активном состоянии. Старение коллоидов протоплазмы клеток связано с уменьшением обводненности, с переходом коллоидов из золя в гель. Поэтому при достаточном обеспечении калием растения лучше удерживают воду, легче переносят кратковременные засухи. Физико-химический процесс старения обуславливается уменьшением количества калия и увеличением количества кальция в клетках растений. Не случайно поэтому в молодых тканях больше калия, а в стареющих - кальция.

- Калий усиливает устойчивость биокolloидов клетки и улучшает весь ход обмена веществ, повышает жизненность организма. Он улучшает также поступление воды в клетки, повышает осмотическое давление и тургор, понижает процесс испарения, растения становятся более устойчивыми к засухе. Калий участвует в углеводном и белковом обмене. Под его влиянием усиливаются образование Сахаров в листьях и передвижение их в другие органы растений. Особенно это заметно на урожае овощных культур, клубнеплодов и корнеплодов, плодовых и ягодных культур, которые при оптимальном калийном питании накапливают больше углеводов. Калийные удобрения повышают качество волокна льна, конопли и других прядильных культур, а также усиливают устойчивость культур к легким заморозкам. Это происходит вследствие повышения осмотического давления клеточного сока, понижения температуры его замерзания. При хорошем калийном питании озимые культуры и многолетние бобовые травы лучше перезимовывают, повышается их устойчивость к различным заболеваниям. Калий повышает интенсивность окислительных процессов, что приводит к увеличению содержания органических кислот в растительных тканях, оказывает сильное влияние на образование белков. При недостатке калия задерживается синтез белка и накапливается небелковый азот. Более того, при калийном голодании усиливается распад белка, что создает благоприятные условия для развития в тканях различных патогенных грибов и бактерий. Например, при недостатке калия может появиться мучнистая роса у зерновых хлебов.

- Роль калия усиливается при аммиачном питании растений. В этом случае лучше усваивается азот, больше образуется белков. Калий способствует лучшему использованию железа при синтезе хлорофилла. Это особенно заметно при недостатке усвояемого железа в питательной среде. Калий стимулирует процесс фотосинтеза, усиливает отток углеводов из пластинки листа в другие органы. Он активизирует работу многих ферментов, с участием которых синтезируются некоторые пептидные связи, что повышает биосинтез белков из аминокислот, и другие процессы
- Калий улучшает качество сельскохозяйственной продукции: повышается накопление Сахаров в сахарной свекле и крахмала в клубнях картофеля. В последнем случае более эффективен сернокислый калий. У льна и конопли увеличиваются выход и качество волокна, у зерновых культур повышается натуральный вес зерна, увеличивается масса 1000 зерен. При калийном голодании снижается устойчивость картофеля, овощей и сахарной свеклы к грибным заболеваниям как в период роста, так и во время хранения в свежем виде. При недостатке калия у злаковых культур соломина становится менее прочной, хлеба полегают, а это приводит к снижению урожая, ухудшает выполненность зерна. Внесение калийных удобрений повышает содержание водорастворимых форм калия в почве, подавляет развитие корневой гнили (*Helminthosporium sativum*) и снижает инфекционный потенциал почвы.
- .

- При разработке системы удобрений важно учитывать возможные потери калия из почвы в результате вымывания. Принято считать, что калий почвы хорошо адсорбируется в пахотном слое, слабо мигрирует по профилю почвы. Поэтому потери калия из внесенных удобрений незначительны. Однако при длительном внесении калийных удобрений хорошая их растворимость и глубокое промачивание дерново-подзолистых почв могут приводить к вымыванию солей калия не только из пахотного, но и за пределы корне-обитаемого слоя почвы. На черноземах в связи с ограниченным количеством осадков и неглубоким промыванием вымывание калия из пахотного слоя не происходит. Вымывание калия бывает наибольшим, когда вносят хлориды или нитраты, меньшим - при внесении сульфатов калия и наименьшим - при внесении фосфатов калия. Значительное его вымывание происходит на песчаных почвах. Потери при осеннем внесении удобрений бывают большими, чем при весеннем. Наибольшие потери калия отмечаются на сильнокислых почвах, что объясняется насыщением их поглощающего комплекса менее подвижными ионами водорода и алюминия, которые не могут вытесняться ионами калия. Поэтому поглощается калий такими почвами меньше и вымывается его больше. При правильном применении калийных удобрений в комплексе с другими агротехническими приемами можно значительно уменьшить потери калия от вымывания.

• КАЛЬЦИЙ

- Кальций оказывает многостороннее положительное действие на растение. В природе растения редко испытывают недостаток в этом элементе. Он необходим на сильнокислых и солонцеватых почвах, что объясняется насыщенностью поглощающего комплекса в первом случае водородом, во втором - натрием.
- Кальций содержится во всех растительных органах; больше его в стареющих клетках в виде щавелевокислого кальция, а иногда в форме солей пектиновой, фосфорной и серной кислот. В растениях 20-65% соединений кальция растворимы в воде, остальное количество может быть извлечено слабыми растворами уксусной и соляной кислот.
- Недостаток кальция прежде всего сказывается на развитии корневой системы. На корнях перестают образовываться корневые волоски, через которые в растение из почвы поступает основная масса питательных веществ и воды. При отсутствии кальция корни ослизняются и загнивают, наружные клетки их разрушаются, так как пропитывающие клеточные стенки пектиновые вещества и липоиды без кальция растворяются, ткань превращается в слизистую бесструктурную массу. Это может быть и при недостатке кальция и при преобладании в питательном растворе одновалентных катионов (водорода, натрия, калия), что приводит к нарушению физиологической уравновешенности питательного раствора. Введение в питательный раствор кальция восстанавливает физиологическую уравновешенность раствора.

- Кальций усиливает обмен веществ в растениях, играет важную роль в передвижении углеводов, оказывает влияние на превращение азотистых веществ, ускоряет расход запасных белков семени при прорастании. Одной из важных функций этого элемента является его влияние на физико-химическое состояние протоплазмы - ее вязкость, проницаемость и другие свойства, от которых зависит нормальное протекание биохимических процессов. Соединения кальция с пектиновыми веществами склеивают между собой стенки отдельных клеток.
- Кальций влияет и на активность ферментов. Например, под влиянием извести усиливалась активность инвертазы в растениях овса и возрастала активность каталазы. Влияние извести на активность ферментов проявляется не только в прямом действии, но и, по-видимому, благодаря улучшению физико-химических свойств почвы, ее питательного режима. Известкование почвы существенно влияет на биосинтез витаминов.

- Растения с урожаем выносят различное количество кальция. Так, зерновые культуры при урожае 20 ц/га выносят около 20 кг СаО с 1 га, клевер при урожае 60 ц/га - около 140, подсолнечник при урожае семян 13 ц/га - 135, капуста при урожае 500 ц/га - до 300, горох, вика, фасоль с урожаем 20-30 ц/га зерна - 40-60, картофель и сахарная свекла с урожаем 200-300 ц/га корне- и клубнеплодов - 60- 120 кг с 1 га. Больше всего кальция потребляют капуста, люцерна, клевер, которые отличаются высокой чувствительностью к повышенной кислотности почвы.
- Убыль кальция из почвы происходит не столько в результате выноса его с урожаем сельскохозяйственных культур, сколько вследствие выщелачивания из почвы. Эти потери нередко достигают значительных величин. По данным И.А. Шильникова (1984), соотношение между потерями кальция с инфильтрационными водами и выносом с урожаем растений в среднем составило 4:1. Потери же кальция из почв различного генетического типа и гранулометрического состава были следующими (кг/га): из дерново-подзолистой суглинистой почвы - 151-162, из супесчаной - 198-207, из серой лесной - 161- 170, из торфяной - 196. При известковании миграция этого элемента за пределы пахотного слоя возрастала на 5-7%. Внесение удобрений ускоряет потерю кальция из почвы. Например, аммоний удобрений вытесняет кальций из поглощающего комплекса, который теряется с просачивающимися водами. Внесение 1 ц сульфата аммония влечет за собой потерю кальция, эквивалентную примерно 1 ц карбоната кальция.

• МАГНИЙ

- Магний входит в состав хлорофилла, фитина, пектиновых веществ; содержится он в растениях и в минеральной форме. В хлорофилле сосредоточено 15-30% всего магния, усвояемого растениями. Больше его в семенах и молодых растущих частях растений, а в зерне он локализуется главным образом в зародыше. Исключением являются корне- и клубнеплоды, большая часть бобовых культур, у которых магния больше в листьях. Магний играет важную физиологическую роль в процессе фотосинтеза. Он влияет также на окислительно-восстановительные процессы в растениях.
- При недостатке магния увеличивается активность пероксидазы, усиливаются процессы окисления в растениях, а содержание аскорбиновой кислоты и инвертного сахара снижается. Визуальные признаки магниевое голодания некоторых растений показаны на цветных иллюстрациях 21-27. Хорошее же обеспечение растений магнием способствует усилению в них восстановительных процессов и приводит к большему накоплению восстановленных органических соединений - эфирных масел, жиров и др. Магний активизирует многие ферментативные процессы, особенно фосфорилирование и регулирование коллоидно-химического состояния протоплазмы клеток.

- Недостаток магния тормозит синтез азотсодержащих соединений, особенно хлорофилла. Внешним признаком недостаточности этого элемента является хлороз листьев. У хлебных злаков недостаток магния вызывает мраморность и полосчатость листьев, у двудольных растений желтеют участки листа между жилками. Постепенно пожелтевшая часть листьев буреет и отмирает. Признаки магниевое голодания проявляются прежде всего на старых листьях растений. Среднее валовое содержание магния в различных типах почв России следующее (в % на сухое вещество): в подзолистых - 0,5, лесостепных - 0,7, в черноземах - 0,9, сероземах - 1,45. Представлен он обычно в форме карбонатов. При определении потребности в магниевых удобрениях необходимо учитывать наличие магния в почвенно-поглощающем комплексе в обменном состоянии.
- Вынос магния с урожаем зависит от культуры, урожая, типа почвы и других условий. При высоких урожаях сельскохозяйственными культурами выносятся 10-70 кг MgO с 1 га. Наибольшее количество магния поглощают картофель, сахарная и кормовая свекла, табак, зернобобовые и бобовые травы. Чувствительны к недостатку этого элемента конопля, просо, сорго, кукуруза.

- Потери магния из почвы в результате вымывания составляют примерно 10-20 кг MgO с 1 га. Более высокими они бывают во влажные годы и на легких почвах, а также при внесении сопутствующих минеральных удобрений. Например, при внесении хлористого калия усиливаются потери магния с дренажными водами. Несколько меньше теряется его при внесении сульфата калия и простого суперфосфата. Резко уменьшается вымывание магния при замене простого суперфосфата двойным, что связано с отсутствием в последнем гипса.
- Для поддержания положительного баланса магния в почве требуется ежегодное его внесение в количестве 30-40 кг MgO на 1 га. Магний вносят в почву с известковыми материалами, калийными удобрениями, содержащими этот элемент, с навозом и т.д. В 30 т полуперепревшего навоза содержится 30-40 кг MgO.

• ЖЕЛЕЗО

- В растениях содержится небольшое количество железа - сотые доли процента (в зерне пшеницы - 0,02, в соломе - 0,03%). С урожаем с 1 га выносятся 1-10 кг железа. Поэтому его часто относят к группе микроэлементов. Содержание железа в общей массе урожая зерновых культур составляет около 1,5 кг/га, зернобобовых - до 2,2, сахарной свеклы и картофеля - до 12 кг/га. Больше железа содержится в нетоварной части урожая. Например, на корневую систему кукурузы приходится почти половина (44,1%) содержания его в растении, на зерно - только 15,7%, остальное - в листьях, стеблях и обертках початков. Следовательно, с урожаем железа удаляется мало.
- Железо участвует в образовании хлорофилла, являясь составной частью ферментов, катализирующих синтез зеленого пигмента. Оно регулирует процессы окисления и восстановления сложных органических соединений в растениях, играет важную роль в дыхании растений, так как входит в состав дыхательных ферментов. Железосодержащий белок ферредоксин участвует в фотосинтезе и превращении азотсодержащих веществ в растениях. В клубеньках бобовых растений обнаружен железосодержащий белок - гемоглобин. При недостатке железа в растениях задерживается синтез ростовых веществ (ауксинов), листья становятся светло-желтыми, затем почти белыми. Наиболее чувствительны к недостатку железа плодовые культуры, люпин, капуста, томаты, картофель, кукуруза. Содержание железа в почве колеблется в среднем в пределах 2- 3% от ее массы.

- Однако в доступной для растений форме его немного. Это зависит от окислительно-восстановительного потенциала и реакции почвы. Например, начиная с рН 3 окисное железо выпадает в осадок в виде гидроокиси. Следовательно, с усилением кислотности растворимость железа снижается, поэтому известкование почвы, устраняя ее кислотность, способствует переходу железа в более доступное для растений состояние. Недостаток железа чаще всего наблюдается на карбонатных почвах, а также на почвах с высоким содержанием усвояемых фосфатов, что можно объяснить переводом железа в малодоступное состояние.
- Дерново-подзолистые почвы отличаются избыточным количеством железа. На слабо аэрируемых кислых почвах часто содержится большое количество закисных соединений железа, которые оказывают отрицательное влияние на рост растений. Устранить это можно известкованием почвы. Для борьбы с хлорозом растения опрыскивают раствором железного купороса с концентрацией около 0,05%. Иногда 16. Агротехники используют слабые растворы хлорного или лимоннокислого железа. В почву соединения железа не вносят, так как оно быстро переходит в неусвояемую форму. Можно применять комплексные органические соединения железа - хелаты. Железо в них не закрепляется почвой и бывает доступно растениям. Хелаты применяют не только для внесения в почву, но и для опрыскивания растений 0,1%-м раствором.

• МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

- Существенное значение в питании растений, формировании урожая и его качества имеют бор, марганец, молибден, медь, цинк, кобальт, йод. Содержание большинства этих элементов в растениях колеблется от тысячных до сотысячных долей процента. Поэтому они получили название микроэлементов.
- Микроэлементы принимают участие во многих физиологических и биохимических процессах у растений. Они - обязательная составная часть многих ферментов, витаминов, ростовых веществ, играющих роль биологических ускорителей и регуляторов сложнейших биохимических процессов. Если ферменты - катализаторы, то микроэлементы можно назвать катализаторами катализаторов. Микробиологические процессы также протекают при участии энзимов, в состав которых входят микроэлементы.
- Растениям микроэлементы необходимы в ничтожно малых количествах. Однако недостаток их, как и избыток, нарушает деятельность ферментативного аппарата; а следовательно, и обмен веществ у растений. При недостатке микроэлементов растения заболевают: сахарная свекла, например, гнилью сердечка, лен - бактериозом, злаковые культуры на торфянистых и осушенных болотах - пусто- зернистостью и т.д.

- Микроэлементы ускоряют развитие растений, процессы оплодотворения и плодообразования, синтез и передвижение углеводов, белковый и жировой обмен веществ и т.д. Поэтому необходимо внимательно изучать потребность растений в каждом микроэлементе и оптимально ее удовлетворять. Следует помнить, что с усилением химизации земледелия значительно повышаются урожаи, а следовательно, и вынос микроэлементов из почвы.
- Потребность в микроэлементах в значительной мере удовлетворяется при внесении навоза, а также некоторых минеральных удобрений, особенно сырых калийных солей, фосфоритной муки, томасшлака, золы и др.
- В минеральных удобрениях 70-75% валового содержания микроэлементов находится в подвижной форме, т.е. усвояемой для растений, Подвижность микроэлементов в навозе значительно меньше, чем в минеральных удобрениях, и составляет не более 25%. Однако однократное за ротацию внесение навоза в дозе 40 т/га полностью компенсирует вынос меди, марганца, молибдена четырьмя или пятью обычными культурами и почти полностью восполняет вынос цинка.

- **Бор** играет важную роль в опылении и оплодотворении цветков растений. Недостаток его приводит к большому количеству неоплодотворенных цветков, которые опадают, что в свою очередь резко снижает семенную продуктивность растений. Бор стимулирует образование клубеньков на корнях бобовых растений. При недостатке его снижается фиксация азота атмосферы этими растениями. Борное голодание растений отрицательно влияет на углеводный и белковый обмен в растениях, сахар и крахмал накапливаются в листьях, отток их в корнеплоды и другие места отложения задерживается.
- Недостаток бора приводит к нарушению анатомического строения растений: наблюдаются задержка в развитии меристемы и дегенерация камбия. Бор не может реутилизироваться, так как он не поступает из старых органов растения в молодые. Признаки борного голодания появляются прежде всего на молодых частях растений. Симптомы борного голодания для отдельных сельскохозяйственных растений следующие: сахарная свекла заболевает гнилью сердечка, у льна отмирает точка роста вследствие поражения его бактериозом, а у картофеля отмечается повышенная заболеваемость клубней паршой.

- Растения содержат различное количество бора. В зерне хлебных злаков его содержится от 4,7 (кукуруза) до 8,1 (пшеница) мг/кг сухого вещества, в бобовых - от 9,5 (чечевица) до 29 (соя), в семенах льна - 14,2, гречихи-18,7, в клубнях картофеля - до 13, в корнях свеклы - до 32 мг/кг. Вынос бора с хорошими урожаями сельскохозяйственных культур составляет 30-270 г/га. Больше его выносят технические и бобовые культуры, меньше – злаковые.
- **Марганец** принимает участие в окислительно-восстановительных процессах: фотосинтезе, дыхании, в усвоении молекулярного и нитратного азота, а также в образовании хлорофилла. Все эти процессы протекают под влиянием различных ферментов, а марганец - составная часть ферментов и их активаторов.
- При недостатке марганца в почве растения заболевают серой пятнистостью, которая может вызвать гибель растений, а при менее остром недостатке этого элемента резко снижается урожай сельскохозяйственных культур. Типичные признаки недостатка марганца прежде всего проявляются на овсе: на старых листьях появляются желтые и желто-серые пятна и полосы (отсюда и название болезни - серая пятнистость). В опытах с внесением марганца под злаковые травы, клевер, люцерну на бедной этим элементом болотной почве получены прибавки урожая от 5 до 20%. При недостатке марганца угнетается рост корней.

- На усвоение марганца растениями в значительной мере влияет реакция почвы. Обычно недостаток его обнаруживается при рН 5,8 и больше. Марганцевая недостаточность наблюдается чаще всего на карбонатных почвах. На кислых же переувлажненных почвах часто наблюдается избыток подвижного марганца, который резко снижает урожай сельскохозяйственных культур. При избытке подвижного марганца в растениях нарушается углеводный, белковый и фосфатный обмен веществ, нарушаются процессы закладки генеративных органов, оплодотворения и налива зерна. Особенно вреден избыток марганца в почве для озимых культур, клевера и люцерны.
- **Медь** необходима для жизни растений в небольших количествах. Однако без меди погибают даже всходы. Она участвует в процессах окисления, входит в состав окислительных ферментов, например полифенолоксидазы, усиливает интенсивность дыхательных процессов, что сказывается на характере углеводного и белкового обмена веществ, придает хлорофиллу большую устойчивость, усиливает фотосинтетическую деятельность зеленых растений. Без меди затрудняется синтез белка. В листьях бобовых содержится медьсодержащий белок - пластоцианин. Он входит в состав хлоропластов и, как полагают, необходим для фотосинтеза. О большой роли меди в процессах фотосинтеза свидетельствует тот факт, что почти 100% ее содержится в пластидах. Важную роль она играет в водном балансе растений.

- Симптом медной недостаточности проявляется прежде всего у злаковых культур. Листья растений на концах становятся белыми и скручиваются, растения кустятся, но дают мало колосьев. В зависимости от степени недостаточности меди колосья или метелки частично или совсем бывают пустыми. Урожай зерна бывает небольшим, зерна - щуплыми, озерненность колоса - неполная. Следовательно, недостаток меди сильнее всего влияет на формирование генеративных органов. Болезнь растений, вызываемую недостаточностью меди, называют белоколосицей, или «белой чумой». Иногда ее называют «болезнью вновь освоенных торфяных почв», так как чаще всего растения испытывают недостаток этого элемента при освоении заболоченных и торфяных почв. Не все растения одинаково чувствительны к недостатку меди. Например, ячмень, яровая и озимая пшеница более чувствительны, чем озимая рожь.
- **Цинк** участвует во многих физиолого-биохимических процессах растений. Главным образом он является катализатором и активатором многих процессов. Цинк окисляется в ферменте карбо-ангидразе, расщепляющей угольную кислоту на углекислый газ и воду, активирует каталазу, пероксидазу, липазу, протеазу и инвертазу. Он принимает участие в белковом, липоидном, углеводном, фосфорном обмене веществ, в биосинтезе витаминов (аскорбиновой кислоты и тиамина) и ростовых веществ - ауксинов.

- Цинк улучшает водо- удерживающую способность растений, повышает количество прочно связанной воды. Недостаток цинка приводит к нарушению обмена веществ у растений. Происходит распад белков под действием фермента рибо- нуклеазы, деятельность которого подавляется при достаточном содержании этого микроэлемента в растении. Цинковое голодание нарушает также углеводный обмен у растений: задерживается образование сахарозы и крахмала, больше накапливается редуцирующих Сахаров. При нарушении фосфорного обмена в растениях больше накапливается минерального фосфора и уменьшается количество фосфорорганических соединений. При резком недостатке цинка нарушается процесс образования хлорофилла, в результате чего проявляется пятнистый хлороз, позже пятна приобретают красновато- бронзовую окраску.
- Одним из признаков недостатка этого микроэлемента является образование на концах ветвей плодовых деревьев побегов с укороченными междоузлиями и мелкими листьями. Эта болезнь получила название розеточности. При этом ослабляется закладка плодовых почек, плоды бывают уродливые и мелкие. На однолетних культурах недостаток цинка обнаруживается очень редко. Наиболее чувствительны к его недостатку плодовые деревья, бобы, кукуруза, соя, фасоль, хмель и лен, менее - картофель, томаты, лук, люцерна, просо, свекла и красный клевер; совсем не реагируют овес, пшеница, горох, спаржа, горчица и морковь.

- Йод также представляет интерес с точки зрения недостатка его для животных, так как он стимулирует деятельность гормона тироксина. Убедительных опытных данных о необходимости его для растений пока нет. Однако установлено благоприятное действие йода для разных культур при концентрациях его от 0,025 до 0,02 мг/л. В водных и песчаных культурах при содержании его свыше 1 мг/л воды и 1 кг почвы отмечалось отрицательное его влияние на томаты. Йод может поглощаться листьями растений из атмосферы. Он входит в состав свободных аминокислот и соответственно в белки.
- Вынос его с урожаем около 10 г/га. Среднее содержание в почвах следующее (в %): в черноземах и каштановых - $5,3 \cdot 10^{-4}$, в лесостепных - $2,6 \cdot 10^{-4}$, в сероземах - $2,5 \cdot 10^{-4}$, в дерново-подзолистых - $2,5 \cdot 10^{-4}$, в торфянистых - $1,2 \cdot 10^{-4}$, в красноземах - 10^{-3} . В течение года йода с осадками попадает в почву от 9 до 50 г/га. Некоторое количество йода вносится в почву с сырыми калийными солями.
- Недостаток йода в воде и пище вызывает заболевание щитовидной железы, особенно в горных районах, где меньше содержится йода. С профилактической целью применяют поваренную соль, обогащенную этим элементом.

- **ВИДЫ УДОБРЕНИЙ, ИХ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ**
 - **И СВОЙСТВА, УСЛОВИЯ ПОВЫШЕНИЯ**
- **ЭФФЕКТИВНОСТИ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ**
 - **ДОЗ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**