**ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ НА ПОГЛОЩЕНИЕ И УСВОЕНИЕ РАСТЕНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

1 Влияние внешних условий на поглощение и усвоение растением питательных веществ

2 Микориза и ее роль в минеральном питании древесных растений

3 Физиологические основы применения удобрений

4 Беспочвенные методы выращивания растений

**1 Влияние внешних условий на поглощение и усвоение растением питательных веществ. *Почва и ее свойства.*** Как правило, корни растения находятся в разбавленных растворах, в которых концентрация многих ионов низка. В некоторых условиях поглощение ионов лимитируется скоростью потока питательных веществ к поверхности корня независимо от метаболической активности растения. Объясняется это тем, что почвенный раствор представляет собой неперемешиваемую среду, в которой часто возникают градиенты концентрации ионов. Ионы движутся к корням либо в процессе диффузии, либо вместе с водой, поступающей в растение из почвы.

Если содержание данного иона в почвенном растворе невелико и диффузия его происходит медленно, а растение поглощает его интенсивно, то концентрация иона у поверхности корня может упасть до нуля в течение нескольких часов. Сказанное относится, в первую очередь, к фосфату, однако так же может обстоять дело с калием и нитратами, особенно в невозделываемых почвах.

Массовый ток как механизм движения в почвах возможен для всех ионов, но его значение для питания растений очень сильно зависит от соотношения между скоростями доставки иона к поверхности корня и его поглощения. Поскольку скорость доставки в свою очередь зависит от концентрации данного иона в почвенном растворе, массовый ток должен играть весьма важную роль в перемещении таких ионов, как кальций, магний и нитрат (в возделываемых почвах); есть данные, что от массового тока зависит доставка растениям калия в хорошо удобренных почвах.

Почвенный воздух, заполняющий поры, необходим для дыхания корней и, следовательно, для нормального протекания в них всех физиологических процессов. Количество воздуха в почве определяется особенностями ее структуры – наличием пор, скважин, а также ее водным режимом. В сухой почве все скважины заняты воздухом. По мере ее увлажнения, воздух вытесняется водой, а часть составляющих его газов растворяется в почвенной влаге. Для нормального существования растений почва должна содержать и воду (в мелких и средних порах), и воздух (в крупных порах).

Почвенный воздух отличается от атмосферного повышенным содержанием углекислого газа, образующегося в результате дыхания корней и почвенных микроорганизмов, и пониженным содержанием кислорода. В зоне корней недостаток кислорода встречается чаще. Уже в самых верхних слоях почвы (на глубине нескольких дециметров) концентрация кислорода быстро снижается, а на большой глубине может быть в два раза ниже, чем в атмосферном воздухе. Корни растений при гипоксии (недостатке кислорода) растут к лучше аэрируемым участкам почвы (положительный аэротропизм. Так как поглощение ионов зависит от интенсивности дыхания корневой системы, то на плохо аэрируемых почвах растения часто испытывают недостаток минеральных элементов.

Плотность почвы влияет также на строение и распространение корней. Уплотнение почвы вызывает деформацию не только эпиблемы и корневых волосков, но даже клеток коры. На плотных почвах корневая система может плохо развиваться, в результате корни занимают меньший объем почвы, что отрицательно влияет на снабжение растений питательными веществами и водой.

***Зависимость скорости поглощения ионов от их концентрации в среде.*** Скорость поглощения ионов из раствора зависит от их концентрации так же, как и скорость ферментативной реакции от концентрации субстрата.

В присутствии другого иона с зарядом того же знака происходит снижение скорости поглощения данного иона так же, как снижается скорость ферментативной реакции в присутствии конкурентного ингибитора. Подавление поглощения иона при наличии других ионов может быть конкурентным и неконкурентным.

***рН.*** Минеральное питание растений, а также особенности почвы во многом зависят от кислотности среды. При нейтральной и щелочной реакциях быстрее поглощаются катионы, при кислой – анионы.

Доступность для растений макро- и микроэлементов зависит от растворимости соединений, в состав которых они входят. Растворимость солей зависит от кислотности почвенного раствора. Некоторые элементы более доступны в кислых почвах, причем их растворимость может быть столь высокой, что они становятся токсичными. Например, соединения алюминия, железа, марганца легче растворяются при pH менее 5. Так же ведут себя соединения бора, меди, цинка. При щелочной реакции среды понижается растворимость солей меди, кальция, магния, марганца, цинка, а железо не растворяется и выпадает в осадок. В щелочных почвах эти элементы становятся менее доступными и даже могут появиться признаки голодания по этим элементам. Последнее особенно относится к железу. В очень кислых почвах слишком много Аl3+, а содержание доступных Са2+, Mg2+, К+, РO43-. МоO2- понижено. В более щелочных почвах, напротив, ионы Fe3+, Мn2+, РO43- и некоторые микроэлементы связаны в труднорастворимых соединениях, поэтому растения хуже ими обеспечиваются.

Отрицательное влияние кислой реакции почвы на растение усиливается с уменьшением в ней питательных веществ. В кислых почвах уже при незначительном содержании подвижных форм алюминия и марганца проявляется их отрицательное действие. Растворимый алюминий в основном влияет на корни: они становятся короче и у них образуется меньше корневых волосков. Алюминий и марганец значительно нарушают углеводный, фосфорный и азотный обмен. Однако прямой корреляции между чувствительностью к алюминию и марганцу, с одной стороны, и кислотностью почвы – с другой, не обнаружено.

Повышенная растворимость алюминия и железа приводит также к связыванию анионов фосфата, в результате чего образуются труднорастворимые соединения, способствующие обеднению почвы легкодоступной фосфорной кислотой, и наблюдается фосфорное голодание.

В зависимости от pH среды могут измениться и поглощающие свойства самого растения. Например, высокая кислотность увеличивает проницаемость мембран, вызывает повреждения переносчиков.

Хотя величина pH почвенного раствора от 4 до 9 считается оптимальной, каждый вид растений приспособлен к определенной кислотности. При усилении кислотности почвы увеличивается проницаемость мембран, подкисляется клеточный сок, ухудшается углеводный и фосфорный обмен, снижается содержание белка и концентрация хлорофилла.

Растение может изменять кислотность питательного раствора. При погружении корневых систем в растворы с низким или высоким pH происходит соответственно выделение ионов из корней или поглощение их из внешней среды. В результате растворы с низким pH подщелачиваются, а с высоким – подкисляются в течение долей часа.

В полевых условиях способность растений регулировать величину pH ограничена из-за большого объема почвы. В связи с этим в земледелии разработаны меры помощи растениям, например известкование. Внося в кислую почву известь, можно увеличить величину pH и таким образом создать более благоприятные условия для поглощения веществ.

Роль ***температуры*** в поглощении солей объясняется прежде всего ее влиянием на интенсивность дыхания корней. От температуры как фактора, координирующего работу ферментов, зависят скорость метаболических процессов, а также транспирации, влияющие на поглощение. При низких температурах транспортные белки в мембране работают медленнее.

Эту зависимость поглощения солей от температуры можно выразить одновершинной кривой с тремя кардинальными точками: минимум, оптимум и максимум, расположение которых зависит от природы самого организма, прежде всего от его холодостойкости. При температурах, близких к нулю, поглощение ионов идет очень медленно. Медленное поглощение солей, особенно азота, на холодных болотных почвах приводит к тому, что там растет много насекомоядных растений, которые восполняют недостаток неорганического азота органическим. С повышением температуры от 5 до 40 °С скорость поглощения увеличивается до максимальной. Дальнейшее повышение температуры приводит к снижению поглощения солей. Это, вероятно, связано с инактивацией белков, участвующих в поглощении и превращении ионов. Кроме того, при высоких температурах, как правило, увеличивается проницаемость мембран, что приводит к пассивному выделению ионов из клетки.

Увеличение температуры на 10 °С в интервале от 5 до 40 °С может вызвать возрастание скорости поглощения ионов в 2 и даже в 3 раза. Однако температурный коэффициент процессов поглощения питательных солей неодинаков для разных веществ.

Связь с дыханием обусловливает влияние ***концентрации кислорода*** на поглощение веществ. При уменьшении содержания кислорода с 21 до 2-3 % интенсивность поглощения солей остается на одном уровне. Дальнейшее снижение концентрации кислорода вызывает падение поглощения примерно в 2 раза. Снижение интенсивности поглощения солей наблюдается при той же концентрации кислорода, при которой уменьшается интенсивность дыхания.

***Свет.*** В темноте поглощение солей замедляется и постепенно прекращается. Световую стимуляцию ионных потоков можно объяснить ускорением работы биологических насосов при включении фотосинтетического транспорта электронов и фотофосфорилирования. Так, при освещении поглощение фосфора усиливается уже через 2-3 мин. Быстрота реакции указывает на прямое действие света.

Свет может оказывать и косвенное влияние. На свету в процессе фотосинтеза образуются углеводы, являющиеся дыхательным субстратом. При длительном выдерживании растений в темноте, после того как запас дыхательного субстрата израсходован, поглощение солей не только прекращается, но может даже наблюдаться усилеиие выделения веществ. Кроме того, в процессе фотосинтеза образуются НАДФН, ФдН2, которые могут участвовать в восстановлении ионов NO3-, SО42-. Известно, что включение ионов в обмен веществ благоприятствует работе транспортных систем и поглощению новых ионов. Через ускорение фотосинтеза свет стимулирует ростовые процессы, что, в свою очередь, увеличивает потребности растений в различных элементах минерального питания. У растений, находящихся в темноте, плохо развиваются корни. На свету усиливается транспирационный ток, о влиянии которого на поглощение ионов уже было сказано.

Поглощение солей зависит от скорости их ассимиляции и продолжительности дня. Выращиваемые на длинном дне растения сахарного тростника быстрее увеличивали сухую массу при внесении азотных удобрений, чем выращиваемые на коротком дне. Сокращение светлого периода суток тормозит не только поглощение и восстановление азота, но и синтез аминокислот. Причиной является уменьшение в условиях короткого дня количества дыхательного субстрата, АТФ, НАДФН и восстановленного ферредоксина.

Достаточное ***водоснабжение*** обеспечивает нормальный ход транспирации, а следовательно, транспорт поглощенных ионов вместе с водой в побеги. В результате создается возможность для поглощения новых порций ионов корневой системой.

В условиях развивающейся засухи верхние слои почвы так пересыхают, что физиологическую активность сохраняют лишь корни, расположенные в нижних горизонтах. В результате ухудшается поглощение солей. В этих условиях стенки клеток паренхимы корней у некоторых растений становятся толще из-за усиления синтеза суберина, что замедляет отток поглощенных ионов в проводящие ткани и косвенно влияет на поглощение новых ионов.

Хотя в условиях засухи интенсивность дыхания сначала увеличивается, но из-за разобщения транспорта электронов и фосфорилирования в дыхательной цепи синтезируется меньше АТФ,. в результате поглощение солей как активный процесс идет хуже.

При избытке воды, прежде всего, нарушается аэрация почвы: замедляется диффузия газов к корням, снижается содержание кислорода, увеличивается концентрация углекислого газа. Недостаток кислорода влияет на дыхание корней и, следовательно, косвенно на поглощение солей, а избыток СО2 повреждает корневые системы. В условиях затопления корни плохо ветвятся и у них образуется мало корневых волосков. Уменьшение поглощения солей в условиях продолжительного избыточного увлажнения, свойственного особенно для тропических районов в период дождей и для прибрежных зон, вызывается, во-первых, снижением интенсивности дыхания и, во-вторых, плохим развитием корневой системы. Из-за недостатка элементов минерального питания в условиях затопления у растений может даже развиться хлороз.

**2 Микориза и ее роль в минеральном питании древесных растений.** Корневая система растений окружена *ризосферой,* т.е. почвой, которая непосредственно соприкасается с корнями. Она обогащена корневыми выделениями, отмершими корневыми волосками и слу­жит питательной средой для микроорганизмов. В ризосфере бактерий в сотни и тысячи раз больше, чем вне ее. Это способствует более интенсивному протеканию здесь почвенных процессов. Ризосферные микроорганизмы находятся в сложных и многообразных взаимоотношениях с корневой системой растения, оказывая большое влияние на ее поглотительную и синтетическую функции. Эта живая масса дышит, выделяя значительные количе­ства диоксида углерода. Многие почвенные микроорганизмы обра­зуют минеральные кислоты – азотную и серную, а также органи­ческие кислоты – уксусную, масляную и другие, ряд ферментов. Это помогает растворению и превращению недоступных растениям соединений в доступные. Кроме того, микроорганизмы выделяют специфические вещества – витамины, регуляторы роста, антибио­тики, оказывающие влияние на рост растений.

Еще большее влияние на усвоение из почвы минеральных и органических веществ оказывает симбиоз корней с почвенными грибами, впервые обнаруженный в 1882 г. Ф.М. Каменским. В 1885 г. Г. Франк, рассматривая симбиоз корня высшего растения с мицелием гриба как вполне сложившийся с морфологической точки зрения орган, дал ему специальное название **микоризы**, что означает грибокорень.

Тесное сожительство корней высших растений и грибов носит название **микоризы.** По анатомо-морфологическим признакам различа­ют микоризы эндотрофные, эктотрофные и эктоэндот­рофные микоризы.

*Эктотрофная микориза* возникает, когда [гифы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D1%84%D0%B0) [гриба](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B8%D0%B1%D1%8B) оплетают корень плотной сетью, образуя или чехол, или микоризные трубки. Гифы гриба проникают сквозь [ризодерму](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0) [корня](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%8C) и распространяются по межклетникам, не проникая в [клетки](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BA%D0%B0). Для такого типа микоризы характерно отсутствие [корневых волосков](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%8C) и редукция корневого чехлика вплоть до одного-двух слоёв клеток. Гифы гриба разделяют корень на зоны (в виде сети гиф – сеть Гартигга).Эктотрофная микориза свойственна большинству древесных растений.

Основное отличие *эндотрофной микоризы* в том, что гифы гриба проникают в клетки коры корня (через поры, не проходя сквозь [плазмалемму](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%BC%D0%B0)). На поверхности корня микориза выражена слабо, то есть вся основная часть гриба находится внутри корня. Кор­невые волоски на поглощающих корнях при этом со­храняются. В клетках корня могут образовываться скопления гиф гриба в виде клубков. Гифы могут разветвляться внутри клетки – эти образования называются [арбускулами](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%80%D0%B1%D1%83%D1%81%D0%BA%D1%83%D0%BB).

Существует несколько различных типов эндомикоризы, причем неко­торые из них сильно отличаются друг от друга. У представителей большого семейства верес­ковых образуется особо­го типа эндомикориза, занимающая в некоторых отношениях промежуточное положение между типичной эктомикоризой лесных деревьев и высоко специализированной эндомикоризой ор­хидных. Гифы проникают у них в клетки коры, образуя в них плотную массу, но в то же время оплетают корни рыхлым чехлом. При этом клубки гиф в клетках коры впоследствии перевариваются растением-хозяином, что вообще характерно для эндомикоризы. С другой сторо­ны, микоризный гриб при соответствующих условиях может, в свою очередь, стать настоя­щим паразитом. В образовании микоризы типа вересковых участвуют оомицеты и зигомицеты.

Наиболее специализированный тип эндомикоризы можно наблюдать у орхидных. В отличие от эктомикоризы и микоризы вересковых у орхидных нет гифовой мантии вокруг корней и мицелий почти целиком находится внутри кор­ня. Гифы гриба проникают из почвы в клетки коры корня, где образуют клубни, которые впо­следствии перевариваются клетками растения-хозяина. В отличие от эктомикоризных грибов грибы, образующие микоризу орхидных, спо­собны разлагать сложные органические веще­ства и снабжать корни продуктами их разложе­ния, что имеет большое значение в сапрофитном питании орхидных.

Эндотрофнаямикоризараспространена в основ­ном среди травянистых растений. У древесных пород эндотрофная микориза встречается редко и не может иметь существенного значения в минеральном пита­нии

*Эктоэндотрофная* микориза характеризуется наличием грибного чехла, гиф гриба между клетками коровой паренхимы (сеть Гартига) и внутри отдельных клеток, отсутствием корневых волосков на поверхнос­ти корневых окончаний.

*Значение симбиотических взаимоотношений между грибом и корнем.* Гифы гриба более чем на порядок тоньше корневых воло­сков, и поэтому способны проникать в тончайшие поры почвен­ных минералов. В 1 см2 почвы, окружающей корни, общая про­тяженность нитей микоризы составляет от 20 до 40 м. Нити грибов постепенно разрушают почвенные минералы, добывая из них минеральные элементы питания растений. Микориза играет существенную роль в снабжении растений фосфором, а также цинком и кобальтом. При этом растение отдает микори­зе от 20 до 30% усвоенного им углерода в виде растворимых ор­ганических соединений.

Помимо снабжения питательными веществами, микориза, переплетаясь под землей, осуществляет связь одного растения с другим путем переноса и обмена органических и минераль­ных соединений. Таким образом, растущие рядом растения – это единое целое, связанное подземной сетью многочисленных тончайших нитей.

После установления симбиоза лесных деревьев с почвенными грибами и открытия микоризы вопрос о природе взаимоотношений, существующих между грибом и растением, непрерывно интересовал ботаников, лесоводов и других ученых, работающих в этой области. Этот вопрос, представляющий большой теоретический интерес и практическое значение для лесоводства, решался по-разному в зависимости от типа микоризы, вида растения и гриба, от условий их роста. Физиологические взаимоотношения между грибом и орхидеей или между грибом и злаком (в случае опьяняющего плевела) при эндотрофной микоризе очень хорошо сбалансированы. Гриб постоянно присутствует в семени злака, передается из поколения в поколение, питается за счет растений, не оказывая на него угнетающего действия. Такое взаимное приспособление двух организмов, при котором оба симбионта извлекают выгоду из жизни в сообществе, обозначают термином мутуалистический симбиоз. Например, гриб получает питательные вещества из орхидеи, а некоторые продукты его обмена веществ стимулируют цветение растения. При эктотрофной микоризе гриб своими разветвлениями мицелия в почве заменяет корню корневые волоски и усиливает усвоение из почвы воды, минеральных солей и азотистых органических веществ. От растений грибы получают углеводы и некоторые ростовые вещества.

В других случаях хорошо сбалансированное равновесие между симбионтами может быть нарушено и грибы начинают вести себя как патогенные организмы. Такого мнения о микоризообразователях, как о настоящих паразитах, придерживались ученые в ранние годы исследования микориз, когда было мало известно о возбудителях корневой гнили дуба и других древесных пород. В настоящее время только незначительное число ученых придерживается мнения о том, что микоризные грибы – настоящие паразиты, большинство же ученых считает грибы-микоризообразователи маловредными и даже безвредными потенциальными паразитами. Существует и такой взгляд на микоризу, по которому высшее растение считается паразитом гриба-микоризообразователя, что отмечается при переваривании мицелия гриба и использовании этих веществ растением в случае эндотрофной микоризы. Например, гастродия японская (*Gastrodia elata*) из семейства орхидных утратила хлорофилл и перешла на питание органическими веществами, которые получает из почвы через микоризный гриб (*Armillaria mellea Quel*). В этом случае высшее растение стало паразитом своего микоризного гриба. Таким образом, во взаимоотношениях двух компонентов микоризы – гриба и растения – существует несколько типов: мутуалистический симбиоз, несколько различных стадий нейтрального симбиоза и паразитизм.

Практическое значение микоризы. Противоречия в теоретических исследованиях взаимоотношений компонентов микоризы послужили поводом для различной оценки роли грибов-микоризообразователей в практике лесного хозяйства и полезащитном лесоразведении. В этом вопросе выявились два противоположных взгляда ученых, занимающихся проблемой микоризы. Одни ученые считают, что грибы, участвующие в образовании микоризы, не имеют никакого значения для жизни древесных пород, растения могут развиваться без микоризы, питаясь совершенно самостоятельно, как и всякие автотрофные растения. Большинство других ученых придерживается иного взгляда и относят микоризообразователи к полезным для древесных пород организмам. Большинство наших древесных пород на своих корнях имеет микоризу и она играет существенную роль в их корневом питании, названном микотрофным питанием. Степень микотрофности и роль микоризы для разных древесных пород не одинакова. В связи с этим все наши деревья и кустарники по их отношению к микоризе разделены на три группы: деревья **высокомикотрофные** (дуб, сосна, ель, лиственница), **слабомикотрофные** (береза, клен, осина, липа и тополь) и **немикоризные** (бересклет, боярышник, бузина). Микориза, как правило, благоприятствует почвенному питанию высших растений, особенно в условиях почв, питательный режим которых для этих районов неблагоприятен. Влияние микоризы выражается в усилении питания растений за счет растворенных грибом труднорастворимых неорганических и органических соединений в почве и увеличения всасывающей поверхности корней. Поглощающая поверхность разветвленных гиф гриба в эктотрофной микоризе в 1000 раз больше поверхности корневых волосков, благодаря чему резко увеличивается извлечение элементов питания, а также воды из почвы. Кроме того, микоризный гриб может снабжать высшее растение некоторыми физиологически активными веществами и ростовыми веществами. Существует точка зрения, что микориза защищает растение от инфекции патогенными микроорганизмами. Многие ученые указывали, что сеянцы древесных пород при отсутствии на их корнях микоризы отличались плохим ростом и развитием или совсем погибали.

Основными *микоризообразователями* являются разные виды шляпочных грибов. Они могут встречаться как на одной древесной породе, так и на многих. Каждый вид древесных растений также обычно способен об­разовывать микоризу совместно с несколькими вида­ми грибов. В настоящее время грибы-микоризообразователи на этих породах известны. Это следующие виды грибов:

**На березе:** подберезовик, белый гриб, волнушка, грузди настоящий и черный, виды сыроежек, мухомор красный.

**На осине:** подосиновик, сыроежки, груздь осиновый.

**На видах ели:** масленок настоящий, белый гриб, рыжик, подгруздь желтый, виды сыроежек и паутинников, мухоморы красный и порфировый.

**На видах сосны:** белый гриб, польский гриб, масленок настоящий, масленок зернистый, желто-бурый моховик, сыроежка ломкая, рыжик, мухомор красный.

**На видах лиственницы:** подлиственничный масленок, настоящий масленок, желто-бурый моховик, рыжик, рядовка, паутинник, красный мухомор.

**На кедре:** маслята, кедровые и сибирские, рыжик.

**На пихте:** рыжик, лисичка пестрая, паутинник.

**3 Физиологические основы применения удобрений**. Рациональное внесение питательных веществ в виде удобрений – мощный фактор повышения урожайности растений. Особое значение это приобретает при развитии интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Однако необходимо учитывать, что завышенные дозы удобрений представляют не только бесполезную их трату, но могут привести к ряду весьма вредных последствий. Прежде всего, это может создать повышенную концентрацию почвенного раствора. Большинство культурных растений чувствительны к этому показателю. Повышение содержания какой-либо питательной соли может оказать непосредственное токсическое действие на растительный организм. Наконец, повышенное содержание солей в растении может ухудшать качество сельскохозяйственной продукции. Для установления обоснованных норм удобрений необходимо учитывать наличие питательных веществ в почве, потребности данного растения и свойства вносимых удобрений.

Основными видами удобрений являются органи­ческие, минеральные и бактериальные.

В качестве *органических удобрений* используют­ся навоз, торф, различные компосты (листовые, коро­вые и др.), ил (озерный, прудовой, речной), а также зеленые удобрения (сидерация) - запашка в почву бобовых растений. Удобрения вносят до посева для улучшения общего агрофона почвы. Норма внесения зависит от вида органического удобрения, физико-хи­мических свойств почвы и выращиваемой культуры. В лесных питомниках органические удобрения вносят на песчаных почвах через 3 - 4 года, на легкосуглини­стых почвах - 4 - 6 лет. Эти удобрения выгодно отли­чаются от многих минеральных более длительным сро­ком действия, более полным набором элементов питания и благоприятным воздействием на почву. Они в первую очередь используются микроорганизмами почвы и лишь потом - растениями.

*Минеральные удобрения* делят по числу вносимых макроэлементов на *односторонне* (хлористый аммоний, хлористый калий и др.), *двухсторонне* (азотнокислый калий и др.) и *многосторонне действующие* (зола). Удобрения вносят в виде суперфосфата, различных се­литр, сульфатных солей, хлористого калия, извести, золы. Из микроудобрений используются медный купо­рос, борная кислота, окись марганца, молибденовокис­лый аммоний, отходы промышленных предприятий, содержащие те или иные микроэлементы.

***Азотные удобрения***. Единственным естественным источником накопления запасов азота в почве является фиксация азота атмосферы микроорганизмами. Азот, вынесенный с урожаем, частично возвращается в почву с навозом. Большое значение имеет применение азотных удобрений, которые дают наибольшие прибавки урожая.

Азотные удобрения делятся на четыре группы:

* Нитратные удобрения (селитры) содержат азот в нитратной форме - NaNO3, Ca(NO3)2. Физиологически щелочные удобрения, эффективные на кислых почвах.
* Аммонийные и аммиачные удобрения - сульфат аммония (NH4)2SO4, жидкий безводный аммиак (содержит 82,2% азота), аммиачная вода (NH4OH - водный 25%-ный раствор аммиака). Эффективны на нейтральных и слабощелочных почвах из-за физиологической кислотности. На кислых почвах одновременно требуется известкование.
* Аммонийно-нитратные удобрения. Основное азотное удобрение - аммиачная селитра NH4NO3 - содержит 34 % азота, удобрение физиологически кислое, но подкисляет почву слабее, чем (NH4)2SO4. На кислых почвах предпочтительнее известковая аммиачная селитра (NH4NO3 + CaCO2).
* Мочевина (карбамид) CO(NH2)2 - содержит около 46% азота, слегка подщелачивает почву при местном внесении.

Для снижения потерь азота мочевины и аммиачных удобрений к ним добавляют ингибиторы нитрификации.

***Фосфорные удобрения***. За вегетационный период растения поглощают из почвы в среднем 60 кг Р2О5 с 1 га. Большая его часть в почву не возвращается. Запасы доступного для растений фосфора восстанавливаются внесением удобрений. Потребность в фосфорных удобрениях возрастает при хорошем обеспечении растений азотом.

Фосфорные удобрения делят на три группы в зависимости от растворимости в воде.

* Водорастворимые - простой суперфосфат - Са(Н2РО4)2 и двойной суперфосфат Са(Н2РО4)2 · Н2О с небольшим количеством свободной фосфорной кислоты. Фосфор суперфосфатов слабо подвижен в почве и концентрируется в месте внесения. Предпочтительнее более глубокое внесение удобрения. Эффект удобрения проявляется в течение 2 - 3 лет.
* Удобрения, фосфор которых нерастворим в воде, но растворим в слабых кислотах, - преципитат, томасшлак и др. Фосфор находится в них в доступной для растения форме.
* Удобрения, нерастворимые в воде и плохо растворимые в слабых кислотах, - фосфоритная мука, костяная мука.

***Калийные удобрения***. Растения поглощают калия больше других зольных элементов. Показателем степени обеспеченности почвы калием служит содержание в ней обменного калия.

Основным калийным удобрением является хлористый калий (КСl). Он применяется на всех почвах и под все культуры. Много калия в навозе. Сульфат калия (K2SO4) особенно важен для культур, чувствительных к хлору (картофель, лен, цитрусовые). Калимагнезия K2SO4 · MgSO4 · 6Н2О - применяется на бедных калием и магнием песчаных и супесчаных почвах.

Калийные удобрения - физиологически кислые, но кислотность их проявляется при длительном применении без известкования; на черноземах и сероземах влияние калийных удобрений на рН почвы не наблюдается. Калийные удобрения дают значительные прибавки урожая при хорошем снабжении растений азотом и фосфором. Калий, так же как и фосфор, слабо мигрирует в пахотном слое почвы, поэтому его следует заделывать на глубину, соответствующую расположению корневой системы.

К ***сложным удобрениям*** относится аммофос - NH4H2PO4 с небольшой добавкой (NH4)2HPO4. Отношение N : Р2О5 в нем равно 1 : 4. Недостаток этого удобрения - меньшее по сравнению с фосфором содержание азота, поэтому требуется его добавка в виде NH4NO3 или мочевины. Медленно действующим сложным удобрением является магний-аммоний-фосфат - MgNH4PO4 · Н2О.

К ***комбинированным удобрениям*** относятся:

* Нитрофосы и нитрофоски - двойные и тройные удобрения. Азот, фосфор и калий находятся в них в растворимых соединениях (NH4NO3, NH4Cl, KNO3, KCl), а фосфор - в виде дикальцийфосфата и фосфата аммония.
* Нитроаммофосы и нитроаммофоски - содержат больше минеральных веществ, чем нитрофосы, и все компоненты (азот, фосфор, калий) находятся в легкорастворимой форме.

***Микроудобрения.*** Недостаток отдельных микроэлементов может послужить одним из лимитирующих факторов роста урожаев сельскохозяйственных культур, несмотря на применение азотных, фосфорных и калийных удобрений. Обычно растения испытывают недостаток в меди на торфяниках, в молибдене - на кислых почвах (дерново-подзолистых и серых лесных), в боре и молибдене - на красноземах, в марганце, железе и цинке - на карбонатных и супесчаных почвах. Поэтому внесение микроудобрений обеспечивает значительное повышение эффективности удобрений, содержащих основные элементы питания растений. Для этой цели обычно применяют комплексные удобрения, которые содержат два, три и более основных элементов питания и микроэлементы. Применение микроудобрений важно также для лучшего использования растениями основных питательных веществ. Так, марганец способствует большей подвижности фосфора в почве, а кобальт усиливает поступление в растения азота. Повышение уровня азотного питания увеличивает поступление не только фосфора, калия и магния, но и меди, железа, цинка, марганца.

*Бактериальные удобрения* используютдля предпо­севной обработки семян, посадочного материала, а также вносят непосредственно в почву. В качестве бактериальных удобрений используют нитрагин (куль­туру клубеньковых бактерий), азотобактерин (культу­ру азотобактера) и некоторые другие. Эти удобрения призваны поддержать биологическую активность почв. Для этой цели используют:

* Препараты бактерий, разлагающих органические соединения фосфора в почве, - фосфобактерин.
* Препарат азотобактера - азотоген, или азотобактерин, обогащающий почву свободноживущими азотфиксаторами.
* Препарат нитрагин, содержащий клубеньковые бактерии, способствующие образованию клубеньков на корнях бобовых, что усиливает фиксацию неорганического азота.
* Препараты силикатных бактерий, обусловливающих разрушение почвенных калийных силикатов и улучшающих калийное питание растений.

Растения резко различаются по содержанию, а следовательно, и по потребности в питательных веществах, по темпам их поступления, по усвояющей способности корневых систем. Растения с растянутым ходом поступления питательных веществ (в течение всего вегетационного периода), как правило, менее требовательны к удобрениям по сравнению с растениями со сжатым периодом поступления. Так, например, растения льна поглощают все необходимые вещества в течение 15 суток. Естественно, именно в этот период лен особенно требователен к содержанию питательных веществ в почве.

Необходимо помнить, что с помощью удобрений можно регулировать не только массу урожая, но и его качество. Так, для получения зерна пшеницы с высоким содержанием белка необходимо прежде всего внесение азотных удобрений, тогда как для получения продуктов с высоким содержанием крахмала (например, зерна пивоваренного ячменя или клубней картофеля) прежде всего надо улучшить питание фосфором и калием.

Важное значение имеет состав корневых выделений. Растения с кислыми корневыми выделениями (такие, как люпин, гречиха, горчица) могут усваивать фосфор из нерастворимой соли Са3(РО4)2. Важное значение в этом отношении имеет и повышенная потребность указанных растений в кальции. Обменивая Са2+ на Н+ эти культуры обладают способностью переводить фосфат в растворимую форму. В этом случае можно применять в качестве удобрения фосфоритную муку. Применение фосфоритной муки возможно также на кислых почвах или в сочетании с физиологически кислыми удобрениями.

Известно, что многие питательные соли вносятся с дополнительным ионом, например KCI содержит не только К+, но и Сl-. Между тем Сl-, хотя и необходим в небольших количествах, однако тормозит синтез крахмала и тем самым ухудшает качество картофеля. Как уже упоминалось, избыточное накопление нитратов в растениях может быть вредно для человека.

Важное значение имеет правильное установление сроков и способов внесения удобрений. Так, с физиологической точки зрения оправдано внесение гранулированных удобрений, создающих местные очаги с повышенной концентрацией питательных веществ. Это, с одной стороны, уменьшает соприкосновение питательных солей с почвой, а с другой – повышает их усвоение растением в результате способности корней расти по направлению питательных веществ (хемотропические изгибы). С физиологической точки зрения весьма существенное значение имеет внесение питательных веществ на протяжении вегетационного периода (подкормки). Это позволяет регулировать соотношение питательных веществ в зависимости от фазы развития растения и условий среды. Известно, что в осенний период для озимых культур не рекомендуется вносить азотные удобрения, так как они усиливают ростовые процессы, снижая устойчивость растений.

В осенний период должно быть усилено фосфорное питание. Вместе с тем весной очень благоприятное влияние оказывает подкормка азотом. В ряде случаев полезны внекорневые подкормки, основанные на способности клеток листьев поглощать минеральные соли. В этом случае можно воздействовать непосредственно на процессы, протекающие в листе. Как показывает практика, с помощью внекорневых фосфорных подкормок, проведенных незадолго до уборки, оказалось возможным усилить отток ассимилятов из листьев сахарной свеклы к корнеплодам и тем самым увеличить ее сахаристость. Ведущими в определении рационального питания растений были и остаются вегетационные и особенно полевые опыты. Именно эти опыты позволяют учесть все составляющие комплекса: почва – растение – удобрения. Поскольку на большинстве почв растения в первую очередь нуждаются в трех элементах питания – азоте, фосфоре, калии, то в простейшем случае опыт может быть заложен по схеме, включающей 5 вариантов: 1) контроль без удобрений; 2) N (внесение азотных удобрений); 3) Р (внесение фосфорных удобрений); 4) К (внесение калийных удобрений); 5) NPK (сочетание всех трех видов удобрения).

Полевые опыты обязательно должны проводиться в определенной повторности и результаты подвергаться статистической обработке.

В настоящее время широко применяется метод программирования урожая. Это требует расчета норм удобрений, исходя из заданного урожая. При этом должно учитываться: 1) вынос питательных веществ данной культурой; 2) использование питательных веществ почвы данным растением; 3) нормы удобрений. Важно подчеркнуть при этом, что при планировании урожая той или иной культуры должны быть учтены возможности снабжения водой (транспирационные коэффициенты), а также уровень фотосинтетической деятельности листового аппарата. Наивысшая эффективность удобрений может быть достигнута при оптимальном течении фотосинтеза и достаточном снабжении водой.

**4 Беспочвенные методы выращивания растений –** это методы при которых питание к растениям поступает не из субстрата, а из питательного раствора. Питательные растворы при беспочвенном выращивании содержат все необходимые для растения питательные вещества в доступной для них форме. Для нормального роста и развития растений им необходим свет, воздух, вода, тепло, питательные вещества. Наличие почвы при этом не обязательно.

уществуют следующие виды беспочвенных методов выращивания: агрегатопоника, гидропоника или водная культура и аэропоника.

*Агрегатопоника* получила наибольшее распространение среди беспочвенных методов выращивания. Это выращивание растений на гранулированных твердых субстратах с небольшое влагоемкость. Питательные вещества в эти субстраты вносятся посредством смачивания субстрата и корней растения питательным раствором. Субстраты для выращивания в такой культуре тщательно подбираются. Они должны быть инертными, долговечными и обладать хорошими тепловыми и водно-воздушными свойствами. Такими свойствами обладают следующие субстраты: гравий (размер частиц 3…5 мм), щебень (размер частиц 5…25 мм), керамзит, перлит, вермикулит или минеральная вата. Также для этих целей можно использовать органические заменители почвы – верхний торф, опилки, кора и т.д. При правильном использовании субстрата срок его службы может быть не ограничен.

Для выращивания растений этим методом используют небольшие отдельные емкости из полиэтилена или пластмассы, в которых растет от 1 до 4-х растений. Питательный раствор в субстрат подается ближе к корням капельно или дождеванием.

*Гидропоника (водная культура)* – беспочвенный метод выращивания растений, при котором питание растения получают непосредственно из воды. Установки для выращивания на водной культуре представляют собой емкость с водой, сверху над которой находиться слой искусственного субстрата на сетчатой основе. Корни растений врастают в искусственный субстрат и прорастают дальше через сетчатую основу к воде, и из воды получают все необходимые питательные вещества.

При использовании этого способа особое внимание следует уделять аэрации корней. Если корни будут полностью погружены в питательный раствор, им не будет хватать кислорода. Для обеспечения дыхания корней между субстратом на сетчатой основе и водой оставляют воздушное пространство (для молодых растений 3 см, для взрослых – 6 см). Важно, что бы влажность воздуха в этом пространстве была повышенной для предотвращения пересыхания корней. Питательный раствор необходимо менять.

В *аэропонике* выращивание растений происходит без субстрата, без воды – просто в воздухе. Питательные вещества при таком способе попадают в растения при их распылении. Тем самым создается воздушно питательная среда. Растение получает питательные вещества из воды, а в перерывах между «кормлением» осуществляет газообмен с воздухом.

Аэропоника имеет ряд преимуществ:

- безопасность и экологическая чистота – возможность вырастить растения без вредителей и болезней, которые обычно водятся в почве;

- возможность полной автоматизации процесса подачи питательного раствора и изменения количественных мер внесения питательных веществ по мере роста растения;

- экономия воды и энергии;

- отсутствие необходимости утилизации использованного раствора;

- обеспечение большего доступа растения к воздуху;

- при возникновении болезни, возможность быстрого изолирования больного растения, а следовательно предотвращения распространения ее на другие растения;

- высокая скорость роста и развития растения.

У растений, выращенных на аэропонике, наблюдается большая скорость роста корней, а это в свою очередь влияет на продуктивность растений, улучшает качество и количество получаемой продукции.