

## 4 – Лекция

### МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ РОСТА. ФИТОГОРМОНЫ

### МЕХАНИЗМ ПОГЛОЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

#### Основные фразы:

Минеральные элементы, всасывание, механизм, транспорт, радиальный, ксилемный сок, клеточная мембрана, клеточная мембрана, диффузия, липофильные, гидрофильные, ионные каналы, активные транспортеры, насосы, экзоцитоз, эндоцитоз, активный, медленный, транспорты, апопласт, симпласт, антогонизм, синергизм, сбалансированные растворы, почвенное, нейтральное, кислотное, щелочное, механическое, физическое, физико-химическое, биологическое поглощение. Онтогенез, биологические свойства, физиологические, кислые, щелочные, нейтральные, нитраты, аммоний, суперфосфаты, калийные удобрения, микроудобрения, соли, методы, фосфобактерин, азот, азот, навоз, минеральный состав, отводки, нормы, методы, сроки, виды растений.

**Учебная литература:** 1. Бекназаров Б.О. Физиология растений. Страницы 160-168

2. Ходжаев Дж. Физиология растений. Страницы 149-157

**Учебная литература:** 1. Бекназаров Б.О. Физиология растений. Страницы 154-159

2. Ходжаев Дж. Физиология растений. Страницы 141-148

Уже давно в науке поступление минеральных веществ из почвы в корни растений напрямую связано с транспирацией, то есть движением воды к корням растений и далее через организм к листьям под влиянием транспирации происходит мнение, что в ходе процесса даже очень жидкий почвенный раствор поступает в корни растений почти в неизменном виде. Исследования последующих лет показали, что этот процесс более сложен и пропорционален количеству минеральных веществ, поступающих в растение и накапливающихся в нем.

Таким образом, было установлено, что представление о пассивном поступлении минеральных солей в корни растений с непрерывно поглощаемой водой является необоснованным. Однако это не означает, что транспирационный поток не имеет значения в усвоении минеральных солей. Потому что минеральные вещества, прошедшие через клетки корня в трахеи и трубки, в случае сока ксилемы распределяются по другим органам растения посредством транспирации.

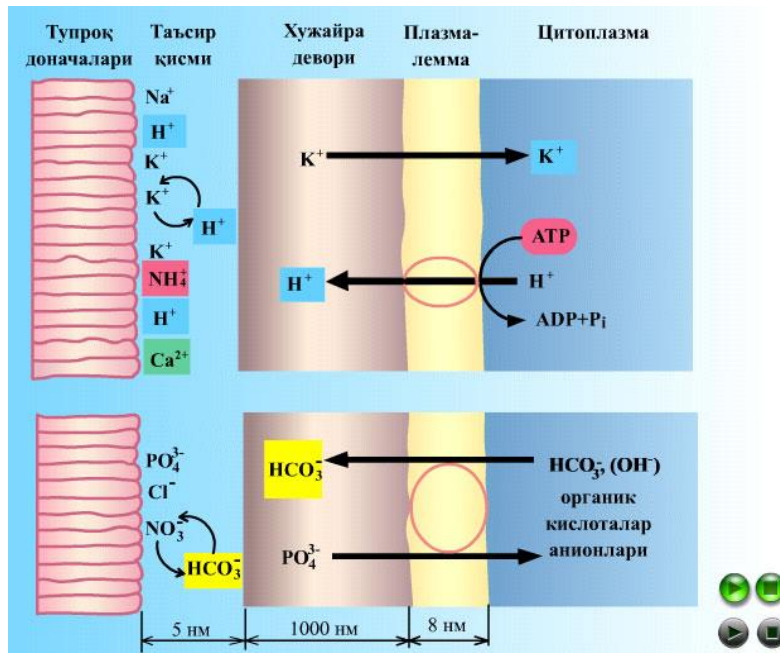
Волоски, являющиеся основной впитывающей частью корней, впитывают воду и минеральные элементы из почвы. Хотя эти два процесса родственны друг другу, механизм их проникновения в корни различен. Потому что минеральное питание растений очень сложное. Он включает биофизические, биохимические и физиологические процессы и протекает преимущественно в две стадии:

- 1) радиальный транспорт
- 2) транспорт ксилемного сока.

Радиальный транспорт начинается с поглощения минеральных веществ с поверхности корневых волосков и заканчивается заполнением минеральными веществами трахеид и ксилемных трубок в результате определенных взаимоотношений с частями клеток и тканями. Сок в ксилемных трубках поднимается и за счет силы транспирации и корневого давления распространяется по другим частям растения.

Количество питательных веществ, накопленных в тканях растений, в несколько раз превышает количество в условиях, в которых они растут (т. е. в почве). Это указывает на то, что в растительной клетке существуют особые механизмы, способные избирательно поглощать необходимые элементы и накапливать их.

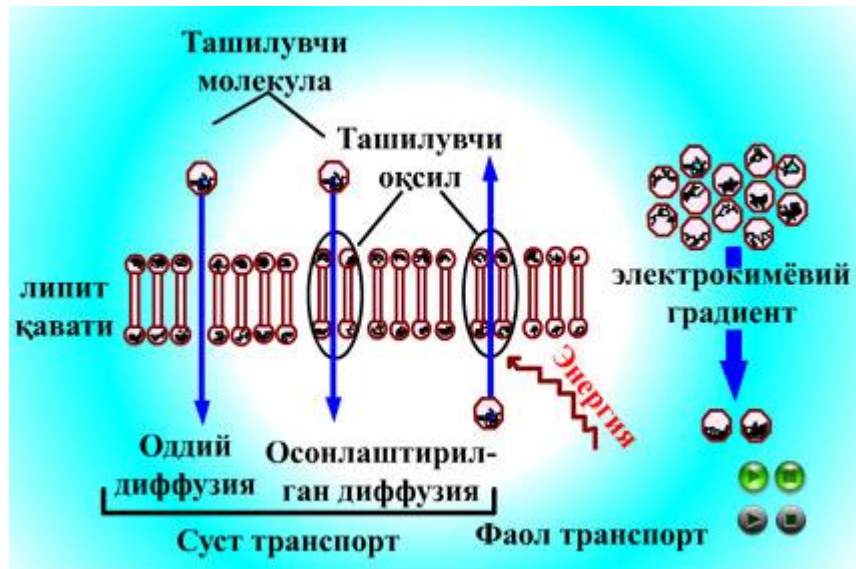
Всасывание минеральных элементов в клетку сначала начинается на клеточной мембране, а затем продолжается через мембрану. Целлюлоза в основном состоит из целлюлозы, гемицеллюлозы и пектина. Пектин содержит карбоксильные группы и обладает катионообменными свойствами. Это создает условия для накопления положительно заряженных веществ. В результате ионы диффундируют из почвенного раствора к клеточной мембране. Процесс диффузии продолжается до тех пор, пока свободные пространства кожи не заполнятся и концентрация ионов не сравняется с концентрацией внешнего раствора. Свободные пространства в клеточной мембране имеют средний объем 5-10 и состоят из суммы межмолекулярного, плазмолемного и межмембранного пространств в мембране. Заполнение свободных пространств минеральными ионами основано на простой диффузии. Его концентрация зависит от концентрации внешнего раствора. Изменение концентрации почвенного раствора также влияет на количество элементов в свободном пространстве. Например, если корни поместить в чистую воду, ионы из свободного пространства вернутся в воду. Перенос ионов из свободных пространств кожи в цитоплазму основан на обменной адсорбции, то есть образующиеся при дыхании в цитоплазме катионы  $N^{+}$  и  $HCO_3^{-}$  ( $OH^{-}$ ) или анионы органических кислот обмениваются на анионы минеральные вещества (рис. 1).



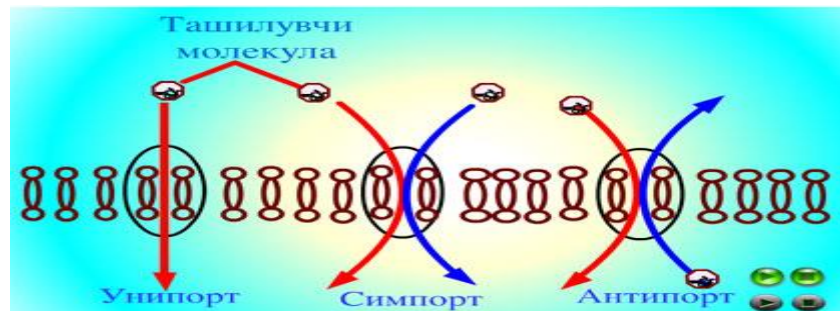
1 - картинка. Схема ионного обмена между частицами почвы и клетками корня (В.В.Полевой, 1989)

Перемещение веществ (или ионов) по градиенту преимущественно за счет простой диффузии или при участии специальных белков, выступающих в роли переносчиков, называется медленным транспортом (транспортом). Возникает, когда концентрация ионов во внешних условиях превышает их количество в клетке. Активный транспорт. В этом случае транспорт веществ через мембрану происходит против градиента. То есть транспорт ионов через мембрану продолжается даже тогда, когда концентрация веществ в клетке в несколько раз превышает, чем во внешних условиях. Этот процесс связан с расходом энергии (АТФ). Активный транспорт:  $\text{N}^+$ -АТФаза,  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ -АТФаза,  $\text{Ca}^+$ -АТФаза, анионная АТФаза являются примерами ионных насосов.

Когда белки-переносчики перемещают одно растворенное вещество через мембрану, это называется ункпорт. Перенос первого растворенного вещества также может зависеть от переноса второго растворенного вещества. То есть оба они могут быть перенесены в одну сторону (симпорт) или в противоположную сторону (антипорт) (рис. 4). Радиальный транспорт минеральных элементов происходит двумя путями: 1) апопластным, 2) симпластным.



3 – картинка. Медленный и активный транспорт, происходящий в мембранном слое клетки.



4 – картинка. Схема активности транспортных белков

Апопластическое движение. Ионы, собранные путем диффузии и обменной адсорбции на клеточной мембране, движутся по градиенту раствора, и это движение ускоряется водой. Поглощение ионов путем межклеточной адсорбции продолжается до внутреннего слоя энтодермы корня и перемещается в цитоплазму через симпласт. Потому что толстый слой суберинового вещества, называемый поясом Каспари, в энтодерме не пропускает питательные вещества. Даже если этот путь короткий, он многократно увеличивает уровень контакта корней с внешней средой.

Движение симпластов является основным путем транспорта минеральных веществ. То есть вещества, перенесенные в цитоплазму, переходят из клетки в клетку по движению цитоплазмы и каналов цитоплазматической сети - в клетку с помощью плазмодесм. На эту

скорость движения также может влиять градиент концентрации веществ. Как уже говорилось выше, в слое энтодермы к нему присоединяются ионы, транспортируемые апопластом, и продолжается единый симпластный путь. В результате этого движения питательные вещества передаются в трахеидные и ксилемные трубки. Тля в этих трубках распространяется на другие части растения в зависимости от силы транспирации и корневого давления.

## ИЗ ПРИРОДНОЙ ПОЧВЫ РАСТЕНИЙ

### ПИТАНИЕ

Подкормить растения минеральными веществами в естественной почве гораздо сложнее, чем в искусственных условиях. Потому что растение находится в условиях, в которых в естественной почве различные элементы тесно взаимодействуют друг с другом. Лишь небольшая часть минеральных солей в почве растворяется в воде и образует почвенный раствор, усваиваемый растением. Многие соли адсорбируются почвенными коллоидами. Определенная часть состоит из органических веществ и нерастворимых в воде минералов. Кроме того, минеральное питание растений во многом зависит от реакции почвенного раствора.

Питательные вещества, необходимые растениям, находятся в почве в четырех различных формах:

1) растворены в воде - хорошо усваиваются растениями, но могут вымываться; 2) адсорбируются на поверхности почвенных коллоидов, не вымываются, растения поглощают их посредством ионного обмена; 3) трудноусвояемые неорганические соли, сульфаты, фосфаты, карбонаты). Способность почвы адсорбировать и удерживать растворенные вещества называется абсорбцией. Коллоидная часть, формирующая эту способность, называется поглотительным комплексом почвы. К.К.Гедройс, тщательно изучив эти процессы, делит поглотительную способность почвы на пять видов: 1) механическую, 2) физическую, 3) физико-химическую, 4) химическую, 5) биологическую.

Механическая поглотительная способность заключается в удержании мелких частиц во взвешенном состоянии при фильтрации мутной воды через почву. Физическое мастерство. При этом трение происходит на уровне твердой фазы почвы и почвенного раствора. Такая ситуация приводит к увеличению концентрации растворенных веществ на поверхности частиц почвы, то есть происходит процесс адсорбции.

Образование столь концентрированной концентрации на поверхности почвенных частиц обусловлено главным образом растворенными в почвенной влаге электролитами. Но ионы некоторых веществ не притягиваются, а отталкиваются частицами почвы. В качестве примера можно использовать некоторые анионы ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ). Они не могут быть поглощены частицами почвы. Физико-химическая поглотительная способность имеет

большое значение для минерального питания растений. При этом часть элементов адсорбируется на поверхности частиц почвы, а остальная часть находится в виде ионов в почвенном растворе. Между этими ионами происходит постоянный процесс обмена.

Химическая абсорбционная способность. Химические вещества, вносимые в почву, вступают в реакцию с веществами почвенного раствора и превращаются в водонерастворимые соединения. Растения не могут усваивать такие соединения. Например, при внесении в почву солей фосфора, богатых кальцием, образуется нерастворимый в воде фосфат кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

Биологическая абсорбционная способность. Живущие в почве микроорганизмы (бактерии, грибы и др.) поглощают минеральные элементы из почвы и собирают их в своем организме. Всасывание минеральных веществ через корни растений также входит в биологическое всасывание.

Способность почвы поглощать минеральные элементы, особенно физико-химическая и физическая поглотительная способность, имеет большое значение для минерального питания растений. Потому что внесенные в почву калийные, фосфорные и азотные удобрения не вымываются. Плодородие почвы повышается, при этом удобрения остаются в усвояемой растениями форме. Они усваиваются растениями путем обменной адсорбции.

Реакция почвы также имеет большое значение в процессе минерального питания растений. Количество кислот и оснований в почвенном растворе создает реакцию раствора. Реакцию почвенного раствора определяют исходя из соотношения ионов  $\text{N}^+$  и  $\text{NA}^-$ . Реакция почвы представлена рН, то есть водородным индексом, который показывает отрицательный логарифм концентрации ионов водорода в растворе. Реакция почвы в основном включает три группы: 1) кислая реакция - рН менее 7, 2) нейтральная реакция - рН 7, 3) щелочная реакция - рН 7,5 и более. В природных условиях эти реакции формируются под влиянием климата, материнских пород, минерального и органического состава почвы, рельефа места и т. д. Например, при недостатке извести почва будет иметь кислую реакцию (рН 3-4 на болотах, 5-6 на подзолистых почвах и т. д.).

Многие почвы, содержащие  $\text{CaSO}_3$ , имеют преимущественно щелочную реакцию. Кислые почвы, как правило, содержат меньше веществ, пригодных для питания растений — азота, фосфора, калия, серы, магния, кальция, молибдена и др. Микроорганизмы, участвующие в процессах нитрификации и азотофиксации, не могут нормально развиваться, в результате чего затрудняется процесс питания растений.

кислотой, нейтрализующей  $\text{CaSO}_3$ , имеют нейтральную или слабощелочную реакцию (рН - 7,0 - 7,5). Нейтральная реакция почвы является благоприятным состоянием для почвенных микроорганизмов. Такие почвы очень благоприятны для оптимального роста и развития растений. Увеличение количества кальция в почве повышает щелочность

почвы. Помимо минеральных питательных веществ в почве имеется также большое количество органических веществ, являющиеся продуктами гумификации и преждевременного разложения растительных и животных остатков. Гумус играет важную роль в формировании плодородия почвы. Помимо основных питательных веществ, в нем содержится много микроэлементов. Они переходят к растениям, повышают активность ферментов и участвуют в других физиологических процессах. Органическая часть почвы содержит биологически активные вещества витамины В<sub>6</sub> и В<sub>12</sub>, тиамин, рибофлавин, биотин, гетероауксин, гиббереллины и др. В основном гумус присутствует в почве. Обилие веществ создает благоприятные условия для минерального питания.

## **МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ В ОНТОГЕНЕЗЕ РАСТЕНИЙ И**

Поглощение минеральных веществ в онтогенезе растений зависит от их биологических свойств. У большинства растений основные элементы усваиваются в период до цветения. В первые 1,5 месяца онтогенеза ярового зерна наиболее активно усваиваются азот, фосфор и калий. За это время зелень накапливает 70% общего количества калия и 58% кальция. Марганец усваивается равномерно в течение онтогенеза. Растения гороха также равномерно поглощают все жизненно необходимые элементы в онтогенезе. Некоторые растения основную часть минеральных элементов получают во второй половине онтогенеза, т. е. в период цветения и образования семян. В целом урожаи короткие и длинные можно разделить на две части. Большие группы, которые кормятся в течение этого периода. Хлопок – одна из многолетних продовольственных культур. Питательные вещества он забирает из почвы с момента появления из-под земли и до конца вегетационного периода. Но в ходе онтогенеза меняется и потребность в видах минеральных веществ. Например, по данным П. В. Протасова, установлено, что хлопчатник требует больше фосфора с момента появления из земли до периода появления первых настоящих листьев. Потребность в азоте возникает позже, после появления первого листа, и увеличивается до фазы цветения. Вот почему рекомендуется вносить азотные удобрения до начала цветения и плодоношения. Поздняя азотная подкормка хлопчатника приводит к активации органов роста. Из-за этого урожай бывает поздним и небольшим.

Удобрения, являющиеся средством снабжения растений питательными веществами, являются одним из важнейших факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. В настоящее время из опыта известно, что за счет применения удобрений в сельскохозяйственных культурах можно в несколько раз повысить урожайность. Потому что каждый год сельскохозяйственные культуры забирают из почвы самые необходимые минеральные элементы за счет своего урожая. По этой причине снижается количество некоторых питательных веществ. Количество веществ, выносимых из почвы ежегодно, зависит от видов растений, количества урожая и природно-климатических условий. Овощи, картофель, многолетние травянистые растения извлекают питательных веществ больше, чем зерновые. Например, с одной тонны

сельскохозяйственных культур, зерновых - 10 kg, картофеля и свеклы 30 - 40 kgi капусты - 60 kgудаляют из почвы кальций. Поскольку этот процесс повторяется из года в год, плодородие почвы резко снижается. Рекомендуется удобрять почву, чтобы поддерживать ее на высоком уровне и получить как можно больше от урожая. Для постоянного получения высокого урожая без снижения продуктивности рекомендуется химизировать земледелие.Для этого большое значение имеет развитие системы удобрений. Система удобрений – это программа внесения удобрений, разработанная с учетом плодородия почвы, климата, биологических особенностей растений, сортов, состава и особенностей удобрений.

Для эффективного использования удобрений важно учитывать потребность в минеральных элементах питания в онтогенезе растений. На самой ранней стадии своего развития растение поглощает запас минеральных веществ преимущественно из семян, поэтому дополнительная потребность невелика. Но по мере увеличения общей массы растения увеличивается и потребность в питательных веществах. Потребность в минеральных элементах также наиболее высока в период цветения и плодоношения большинства растений. К моменту созревания зерен или начала созревания плодов эта потребность резко снижается.

Полное удобрение земли перед посадкой не очень желательно, поскольку коэффициент использования удобрений будет очень низким. Растение поглощает 1-1 часть внесенного в землю удобрения , остальная часть остается в почве и превращается в водонерастворимые минералы или вымывается. Особенно быстрорастворимые азотные удобрения. Именно поэтому повысить урожайность можно, внося в почву удобрения по мере необходимости перед посадкой и в период вегетации растения. В этом случае готовят раствор удобрений низкой концентрации и опрыскивают растущие растения с помощью самолетов или тракторов. В результате удобрение попадает преимущественно на листья растения, а не на почву, а листья поглощают его и переносят в другие органы растения. Удобство этого метода в том, что удобрений используется меньше, поэтому особое значение имеют микроэлементы, которые нужно вносить меньше. Кроме того, важна подкормка растений этим методом, особенно в периоды снижения активности корневой системы (низкая температура почвы, болезни корней и другое кратковременное снижение активности).Внекорневую подкормку растений можно проводить совместно с борьба с вредителями и болезнями..В целом значение валовой химизации в получении высоких урожаев велико. Все удобрения делятся на минеральные и органические. К минеральным удобрениям относятся: азотные, фосфорные, калийные и микроудобрения, к органическим – навоз, отходы животноводства, торф и др. Удобрения могут быть простыми и сложными. Удобрение, содержащее только один элемент, необходимый для питания растений, называется простым удобрением. Например, азотные, фосфорные, калийные и другие удобрения. Удобрения, содержащие два и более питательных веществ,



называются комплексными или комплексными удобрениями. Например, калийно-натриевая соль -  $\text{KNO}_3$ , аммофос  $\text{NH}_4\text{N}_2\text{RO}_4$  и другие.

Соли, используемые в качестве удобрений, делятся на три группы по особенностям реакции в почвенном растворе: 1) физиологически кислые, 2) физиологически щелочные, 3) физиологически нейтральные.

Различные соли, их анионы и катионы усваиваются растениями неодинаково. В результате быстрого поглощения катионов одних солей и анионов других солей оставшийся ион накапливается в растворе и вызывает определенную реакцию. Например, катион  $(\text{NH}_4^+)$  соли сульфата аммония -  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  быстро усваивается, а его анион  $(\text{SO}_4^{2-})$  накапливается в почве и изменяет реакцию раствора на кислотность. Почему такие соли физиологические, называются кислыми солями. Анион  $(\text{NO}_3^-)$  натриевой соли  $\text{NaNO}_3$  быстро усваивается, а катион  $(\text{Na}^+)$  накапливается в почве, изменяя реакцию раствора в щелочную сторону. Поэтому такие соли называют физиологическими щелочными солями. Катион  $(\text{NH}_4^+)$  и анион  $\text{NO}_3^-$  - соли аммония -  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  всасываются практически одинаково. Такие соли называются физиологически нейтральными.

Для повышения эффективности удобрений важно учитывать реакции солей и взаимосвязь между уровнем pH почвы и уровнем pH сельскохозяйственных культур.

**АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ.** Все азотные удобрения делятся на четыре группы: 1) нитратные, 2) аммонийные, 3) аммиачно-нитратные, 4) карбамидные.

Нитратные удобрения содержат азот в виде нитрат-аниона  $(\text{NO}_3^-)$ . Важнейшие соли —  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  обладают физиологической щелочной реакцией, высокой эффективностью в кислых почвах. Азотные удобрения в нитратной форме быстро распространяются по слою почвы. Поэтому рекомендуется при зяблевой вспашке вносить в почву широко используемое удобрение аммиачной селитры. Потому что оно быстро смывается. Водорастворимые формы азота, такие как цианамид кальция, можно использовать для зяблевой вспашки. При использовании азотных удобрений особенно важно учитывать их потери. Эффективность быстрорастворимых нитратных солей азота высока при использовании в период вегетации сельскохозяйственных культур.

Аммонийные и аммиачные удобрения содержат азот преимущественно в виде катионов  $(\text{NH}_4^+)$ ,  $(\text{NH}_3^+)$ . Важнейшими удобрениями являются сульфат аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  жидкий, аммиак безводный (содержащий 82,2 % азота) и аммиачная вода  $(\text{NH}_4\text{OH} - 25\% \text{ водный раствор аммиака})$ . Обладают слабощелочной реакцией за счет физиологической кислой реакции, обладают высокой эффективностью в почвах. При необходимости внесения на кислые почвы, то требуется и дополнительное известкование.

Растения способны усваивать катионы и анионы из состава аммиачно-нитратных удобрений. Главный ее представитель – аммиачная селитра –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , содержащая 34 % азота. Хорошие результаты это удобрение дает на почвах с нейтральной или слабощелочной

реакцией. Аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) является наиболее широко используемым азотным удобрением в Узбекистане. Но перед вспашкой вносить это удобрение не рекомендуется. Потому что он очень быстро растворяется.

Карбамид (мочевина)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  – содержит около 46% азота, имеет слабощелочную реакцию.

Азотные удобрения недолго сохраняют свое действие в почве и мало накапливаются. Поскольку они быстро растворяются, они попадают в глубокие слои почвы или вымываются. Кроме того, определенное их количество подвергается денитрификации, то есть превращается почвенными микроорганизмами в молекулярный азот и улетает в воздух. Именно поэтому эффективность азотных удобрений возрастает при добавлении к ним ингибиторов нитрификации.

**ФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ.** Фосфорные удобрения делятся на три группы:

- 1) растворим, 2) нерастворим в воде, растворим в слабых кислотах,
- 3) нерастворим в воде и плохо растворим в слабых кислотах.

Наиболее широко используемой группой фосфорных удобрений являются растворимые простые  $\text{Na}(\text{N}_2\text{RO}_4)$  и двойные  $\text{Na}_2(\text{N}_2\text{RO}_4)_2 \cdot \text{N}_2\text{O}$  суперфосфаты. Фосфор в суперфосфате менее подвижен и накапливается в почве. Именно поэтому их эффективность может сохраняться до 2-3 лет. Обычный суперфосфат содержит мало усваиваемого фосфора, обычно не более 14%. Суперфосфат, полученный из апатитов, содержит 18-20% фосфора, усваиваемого растениями. Двойные суперфосфаты содержат более 30% чистого фосфора. В настоящее время двойной суперфосфат для улучшения его свойств изготавливают гранулированным или аммонизированным. Потому что эта форма суперфосфата обладает высокой эффективностью. Аммиак соединяется с фосфором, образуя аммофос. Аммофос – комплексное удобрение. Потому что в нем содержится фосфор (48-60%) и азот (11%).

К группе фосфора, растворяющегося в слабых кислотах и не растворяющегося в воде, относятся - осадок (двойная кальциевая соль фосфорной кислоты) и другие. Также они содержат фосфор, который хорошо усваивается растениями. В осадке содержится 25-38% фосфора, усваиваемого растениями.

К удобрениям, содержащим фосфор, нерастворимый в воде и плохо растворимый в слабых кислотах, относятся фосфорит и костная мука.

Эффективность фосфорных удобрений зависит от многих факторов, в том числе от количества фосфора в почве, соотношения других питательных веществ и т. д. При увеличении фосфора в почве эффективность фосфорных удобрений снижается.

**КАЛИЙНЫЕ УДОБРЕНИЯ.** Растения усваивают калий из почвы гораздо лучше, чем другие элементы золы. Вот почему так важны калийные удобрения. В основном калий в качестве калийного удобрения.

(K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) используется. Он содержит 52% чистого калия и хорошо растворим в воде. Эту соль можно использовать на всех почвах и для всех видов растений. Среди солей, используемых в качестве калийных удобрений, - сернокислый калий (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) содержит 48-52% чистого вещества (K<sub>2</sub>O) и хорошо растворяется в воде. Калийная селитра (KNO<sub>3</sub>) содержит 45-46 % чистого вещества (K<sub>2</sub>O) и 13 % азота. Он хорошо растворяется в воде.

Все калийные удобрения представляют собой физиологически кислые соли. Поэтому при использовании этих солей на кислых почвах дополнительное известкование повышает эффективность. Калийные удобрения более эффективны при совместном использовании с азотными и фосфорными удобрениями.

**МИКРОУДОБРЕНИЯ.** Помимо доступных незаменимых элементов (NPK), растениям также необходимы микроудобрения, которых для роста и развития требуется совсем немного. В настоящее время значительно лучше изучена потребность растений в таких элементах, как бор, марганец, медь, цинк и молибден. Когда у растений достаточно этих элементов, активизируется рост и развитие, повышается устойчивость к болезням и воздействию неблагоприятных внешних факторов. Поэтому, когда этих элементов в почве недостаточно, применение их удобрений повышает общую эффективность. В качестве удобрений можно использовать водорастворимые соли этих элементов или их отходы, содержащие легкоусвояемые микроэлементы. Во многих странах эти элементы добавляют в основные удобрения.

В основном широко используются три метода применения микроудобрений:

- 1) измельчение
- 2) опрыскивание разбавленным раствором растений,
- 3) внесение микроудобрений перед посадкой семян.

Первый – основной способ, который широко применяется при малом количестве тех или иных элементов в почве. Количество вносимых удобрений зависит от вида микроэлемента, его количества в почве, вида растения и т. д. Например, в качестве борного удобрения 0,5-2 кг/га кислоты N<sub>3</sub>VO<sub>3</sub>, в качестве марганцевого удобрения 10-18 кг/га соли MnSO<sub>4</sub>, в качестве цинкового удобрения 5 кг/га соли ZnSO<sub>4</sub>. Было обнаружено, что урожайность значительно увеличивается при внесении в почву -10 кг/га.

Опрыскивание растений разбавленными растворами микроэлементов является одним из дополнительных методов и имеет ряд преимуществ: микроудобрения используются значительно реже, применяются в самое необходимое время, быстро усваиваются и экологически безопасны. Например, при опрыскивании хлопка 0,01-0,02%-ными растворами борной кислоты (N<sub>3</sub>VO<sub>3</sub>) и 0,02-0,05%-ными растворами сернокислого цинка

( $\text{ZnSO}_4$ ) активизируется процесс опыления цветков, устойчивость растений к засухе и тепло увеличивается.

Дополнительные методы включают внесение микроудобрений перед посевом. Этот метод особенно удобен для удобрений, которые высевают рано. Например, при посадке семян в 0,001-0,005%-ный раствор соли медного купороса ( $\text{CuSO}_4$ ) вместо чистой воды установлено, что всхожесть семян увеличивается, а молодые побеги становятся устойчивыми к кратковременному временное снижение весенней температуры.

**БАКТЕРИАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ.** Эти удобрения предназначены для поддержания биологической активности почвы и основаны на следующих микроорганизмах:

- 1) фосфобактерин,
- 2) азотистый,
- 3) нитрагин и другие.

Фосфобактерин – препарат бактерий, расщепляющий органические соединения фосфора в почве. Эти микроорганизмы расщепляют органические соединения, выделяют из них фосфорную кислоту и увеличивают количество фосфора, которое растения могут усвоить в почве. Этот препарат готовят путем размножения микроорганизмов на заводах. В каждом грамме качественного препарата содержится не менее 200 миллионов жизнеспособных бактерий. На один гектар посевной площади вносят 250 г препарата. Чтобы использовать этот препарат, его смешивают с водой и опрыскивают семена перед посадкой. Этот препарат имеет физиологически нейтральную или слабощелочную реакцию и хорошо себя чувствует на богатых гумусом почвах.

Азотоген или азотобактерин – препарат, изготовленный из азотобактера. Азотобактерин производится на заводах по производству бактериальных удобрений. Для его использования семена, предназначенные для посадки, высыпают в тень и чистую землю. Один килограмм семян замачивают в 1 стакане воды и смешивают с препаратом. Подготовленное таким образом семя высевают. В результате деятельности этих бактерий происходит фиксация молекулярного азота и, как следствие, увеличение доступного азота в почве. Один гектар земли накапливает 50 азота.60 kg

Нитрагин – препарат от бактериальных инфекций. Эти бактерии участвуют в молекулярной фиксации азота. Его также готовят путем выращивания бактерий в искусственном корме. В одном грамме препарата содержится до 100 миллионов бактерий. Препарат высевают в смеси с семенами. Хорошие результаты дает на почвах с нейтральной реакцией. Один гектар земли может накапливать до 300 тонн азота в год .500 kg

**МЕСТНЫЕ УДОБРЕНИЯ.** Среди местных удобрений основное место занимает навоз.

занимает Он содержит азот, фосфор, калий, кальций, серу, магний и все микроэлементы, считающиеся необходимыми для растений .

Помимо обеспечения питательными веществами сельскохозяйственных культур, навоз улучшает структуру почвы и повышает ее плодородие. В унавоженных землях увеличивается пористость почвы, улучшается водопроницаемость, она долго сохраняет влагу. Особенно велика роль навоза в увеличении его объема, улучшении водного и воздушного режима, микробиологических процессов на землях с низким содержанием органического вещества и тяжелой почвой. В почвах легкого механического состава улучшается ее вязкость (Э.Т.Шайхов и др., 1990).

Навоз также является важным фактором повышения эффективности внесенных в землю минеральных удобрений. Поэтому рекомендуется смешивать минеральные удобрения с органическими. В частности, он повышает растворимость фосфорных удобрений, которые медленно растворяются в почве, благодаря чему они легко усваиваются растением.

Навоз разбрасывают специальными машинами перед осенней вспашкой. Рекомендуется вносить 20-25 тонн на гектар земли.

Птичий помет, отходы тутового шелкопряда и губки считаются самыми сильными удобрениями, поэтому в период роста хлопчатника их рекомендуется смешивать с минеральными удобрениями.

**ЗЕЛЕННЫЕ УДОБРЕНИЯ.** В результате выращивания одного и того же растения на одном и том же месте в течение нескольких лет в почве уменьшаются гумусовые вещества, ухудшаются ее физические свойства, и это растение вызывает снижение урожая. Например, урожайность хлопка резко снизится через 4-5 лет на землях, выросших из сорняков. В таких случаях для повышения плодородия почвы

Наряду с увеличением нормы органических и минеральных удобрений наилучшие результаты дает применение зеленых удобрений. Сидераты обогащают почву гумусом, улучшают ее физические свойства.

В качестве сидератов высевают зернобобовые культуры, такие как зеленый горошек, нут, горох, маш, красный и т. д., например перко.

Если эти культуры подкармливать осенью и ранней весной, они накапливают большое количество зеленой массы. В частности, немобовые культуры необходимо скамливать в достаточном количестве. В условиях Узбекистана посеянные на сидераты культуры вспахивают и перемешивают с почвой в начале апреля, а после того, как почва немного успокоится, высевают семена. Посевы, посаженные на сидераты, можно скамливать скоту, а затем вспахивать, а накопленная в почве органика окажет положительное влияние на рост и развитие хлопчатника и урожайность хлопчатника (Э.Т.Шайхов и др., 1990).

## **СПОСОБЫ И ВРЕМЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

При определении срока и способов внесения удобрений учитывают особенности удобрений, изменения в почве, потребность растений в питательных веществах, способность корневой системы усваивать питательные вещества и т. д.

Норму внесения удобрений обычно определяют в зависимости от урожайности. Например, 80 кг для выращивания 1 тонны хлопка используется 30 азота, 10 20 кг фосфора и 40 калия. 70 кг

Важно вносить удобрения перед посадкой, во время посадки и в период вегетации растений.

Внесение удобрений при вспашке. При осенней или весенней вспашке земли примерно  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{4}$  общего количества удобрений рассыпают в почву и заделывают вспашкой. Этим методом вносят органические, фосфорные, частично азотистые и калийные удобрения. Известь вносят и на почвы с кислой реакцией.

Внесение удобрений при посадке. Удобрения также вносят вместе с посадкой. Цель удобрения почвы при посадке – подпитка молодых саженцев минеральными элементами. Поскольку внесенные перед вспашкой земли удобрения попадают в глубокий слой почвы, молодое растение не может их использовать. В этот период применяют небольшое количество хорошо растворимых и легкоусвояемых удобрений. Опыты с хлопчатником показывают, что удобрения вносят на глубину 12-15 см от поверхности почвы и на расстоянии 5-7 см от места падения семени в специальной сеялке с разбрасывателем удобрений. Одновременно с посадкой семян 20 кг вносят 10- фосфор и 5- азот на гектар 10 кг 3,5 - 4 часа на гектар. доступен дополнительный хлопок.

Подкормки в период роста растений проводят с целью повышения минерального питания в наиболее важные фазы роста и развития. На этих этапах важно, чтобы питательные вещества попали к растению как можно быстрее и полностью усвоились. Корни молодого растения недостаточно развиты, но им необходима высокая концентрация питательных веществ, поэтому они будут лучше развиваться, если их удобрять.

Подкормка озимых азотом ранней весной повышает содержание белка в зерне на 0,5 - 1%. На таких полях фосфорные и калийные удобрения можно вносить один раз в 2-3 года сразу в 2-3 дозы. Но в хлопководстве этого сделать невозможно. По результатам экспериментов внесение удобрений будет иметь высокую эффективность с учетом потребности в элементах в хлопковых фазах.

Если удобрений вносить сверх потребностей растения, урожайность не увеличится, а наоборот, снизится и даже может ухудшиться качество. Поэтому важно следить за тем, чтобы количество нитратов в овощах не превышало следующую норму: 86 мг/кг сырой массы в картофеле, 150 мг/кг в капусте, огурцах и томатах.

В целом минеральные удобрения являются одним из важных определяющих факторов повышения урожайности растений и качества урожая. По оценкам, 50% общего урожая обеспечивается удобрениями. Но их неправильное использование (превышение потребности, неправильное применение и т. д.) может снизить плодородие почвы, вызвать засыхание растений и вызвать загрязнение природы.

Растительные гормоны или фитогормоны — активные вещества, вырабатываемые в очень небольших количествах (10<sup>-13</sup> — 10<sup>-5</sup> моль/л) в организме растения и участвующие в управлении физиологическими процессами. С помощью этих веществ осуществляется взаимодействие между клетками, тканями и органами и регулируется процесс роста растений.

Учение о фитогормонах было создано Н. Г. Холодным и В. В. Вентом в 30-е годы XX века. Они предложили гормональную теорию роста растений.

В последующие годы были открыты ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизины, этилен и др. Бойзен-Йенсен в 1938 г. и Э. Синнотт в 1963 г. предложили называть фитогормоны «веществами роста». В последующие годы их стали называть «гормонами растений», «фитогормонами».

Эти соединения образуются в молодых листьях растений, растущих частях стеблей и корнях, а затем передаются в активные зоны ростовых процессов. Они оказывают свое воздействие в очень малых количествах. То есть участвует в нескольких реакциях в растительном организме и контролирует их.

**АУКСИНЫ.** Ауксины — группа веществ, образующихся в верхушечной части стебля и корня растения. В основном это химические вещества индольной природы. О существовании таких веществ впервые задумался Ч. Дарвин в 1880 г.

Для изучения механизма движения растений (тропизмов) этилированные газоны подвергают освещению с одной стороны (рис. 1).

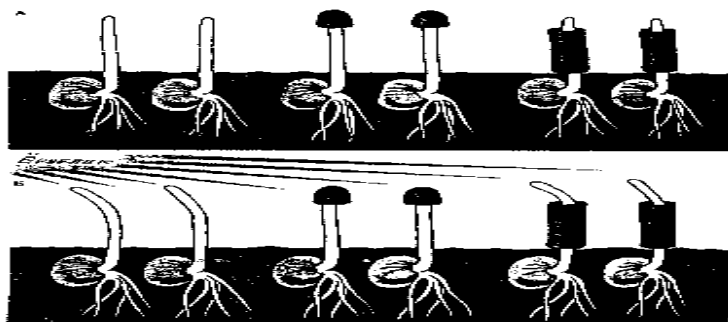


Рисунок 1. Опыт Ч. Дарвина

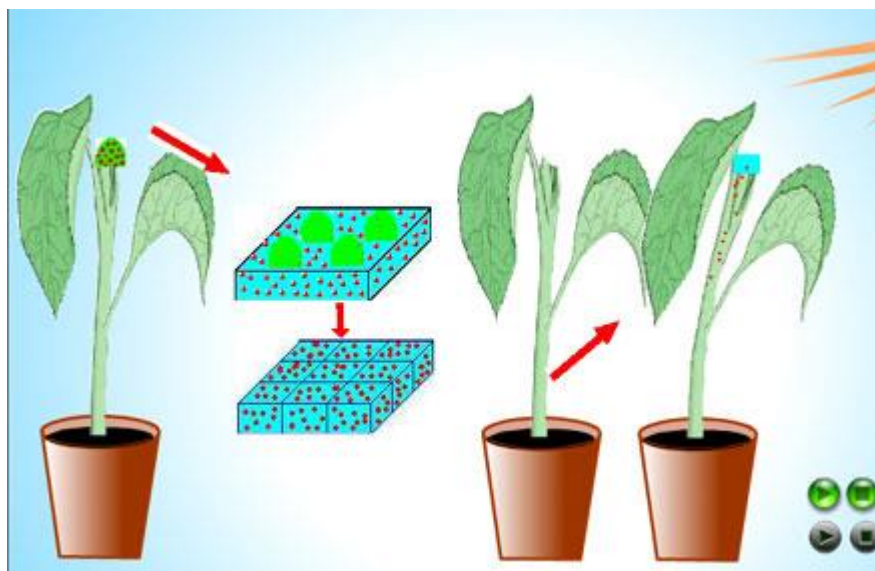
А-трава росла в темноте, Б-свет воздействовал с одной стороны.

Кончик стебля травы наклоняется к свету. Когда кончик стебля (3- 4 mm) обернут черной непрозрачной бумагой, трава не сгибается и начинает расти прямо. Даже когда кончики трав оставлены открытыми, а остальное покрыто черной бумагой, они наклоняются к свету. Поэтому Ч. Дарвин пришел к выводу, что кончики трав активно воспринимают свет и выполняют сенсорную функцию, так как некоторые вещества образуются в точках роста растений и на них воздействует свет.

В начале 20 века голландский ученый В.В.Вент в наглядном эксперименте доказал образование ростовых веществ в точках роста растений ( рис. 2) . Видно, что рост восстановился. Поскольку ростовые вещества на срезе пропитываются агаровой пластинкой, а когда пластинку помещают на основной стебель, эти вещества передаются живым клеткам.

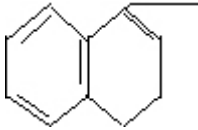
В 1935 Ф. Кегель установил, что (общим) веществом в этих растениях является индолил-3-уксусная кислота, и назвал соединения этой группы ауксинами.

Ауксин происходит от греческого слова «αἰχμη», что означает рост. Соединение часто называют гетероауксином ( $C_{10}H_9O_2$ ). Оно влияет на рост стебля растения и содержит только кислые свободные ауксины. Физиологическая природа связанных ауксинов не определена.





CH<sub>2</sub>



COOH вырабатывается в растущих кончиках корней и может транспортироваться в другие органы.

Ауксины участвуют в важных физиологических процессах растений. Они активируют процессы деления и удлинения клеток, дыхания, синтеза белков, углеводов и нуклеиновых кислот. В целом ауксины усиливают функциональную активность клетки (рис. 3). Органы растений, накапливающие ауксины, обладают такими свойствами, как поглощение питательных веществ (из других органов), задержка процессов старения, влияние на активность мембран и в целом повышение поглотительной способности клеток.

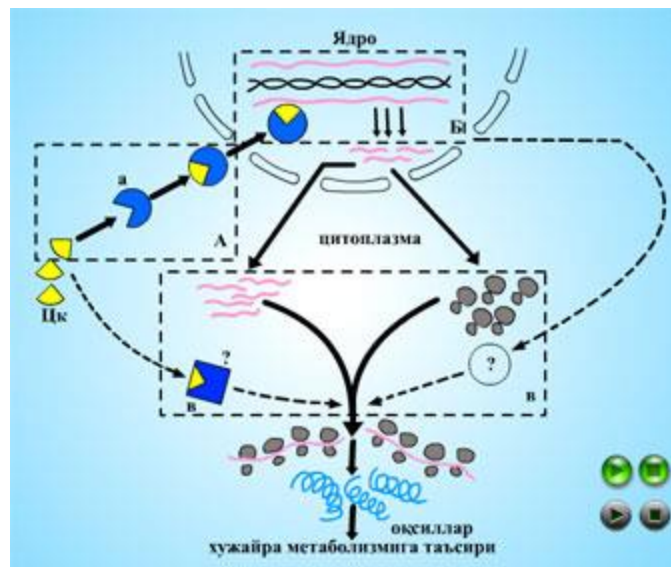


Рис. 3. Схематическое изображение влияния ауксинов на активность клеток (В.В.Полевой, 1986).

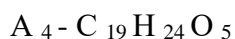
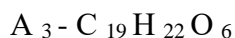
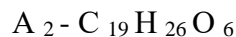
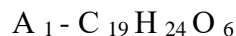
В точках роста ауксины активируют рост стеблей, корней и листьев. Поэтому в настоящее время гетероауксин применяют в сельском хозяйстве для ускорения укоренения черенков тех же растений.

**ГИББЕРЕЛЛИНЫ.** Эти соединения также обладают высокой биологической активностью и играют важную роль в росте растений.

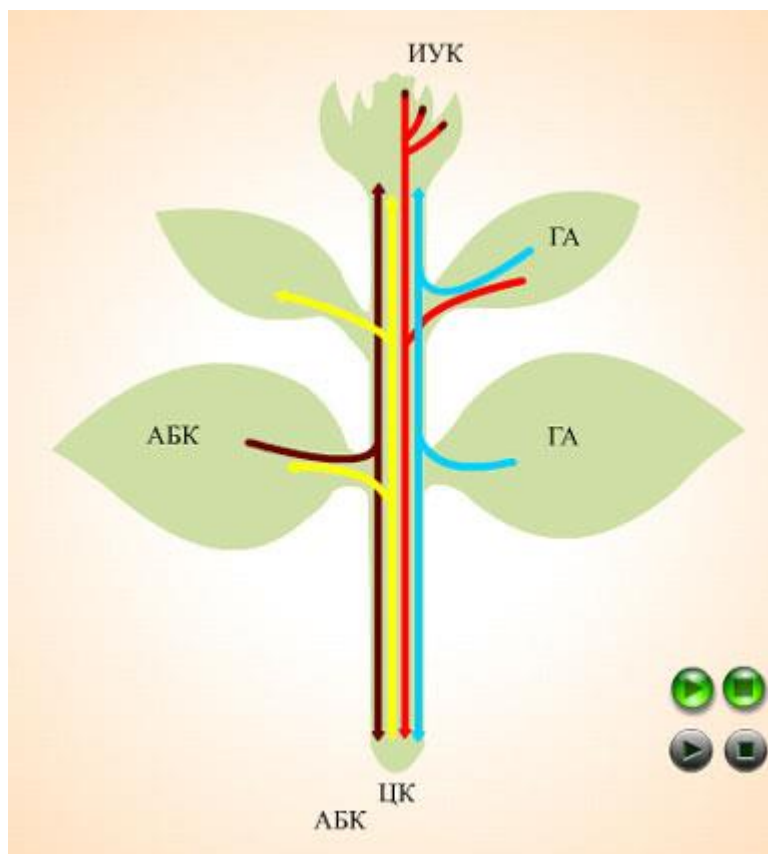
В 1926 японский учёный Е. Куросава установил, что чрезмерный рост риса вызван веществами, выделяемыми из тела гриба гиббереллы, живущего в рисе как паразит.

В 1938 г. Т. Ябута и Сумики впервые выделили гиббереллин в чистой кристаллической форме из гриба гиббереллы и назвали его гиббереллином (ГА).

Структурную формулу гиббереллиновой кислоты определил английский ученый Б. Кросс в 1954 г.: С этого года гиббереллины стали использовать в сельском хозяйстве сначала в США и Англии, а затем и в других странах. В настоящее время идентифицировано более 60 типов гиббереллинов. Среди них наиболее изученными являются:



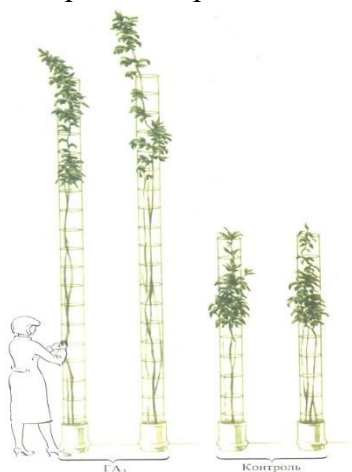
3- гиббереллиновая кислота используется чаще, поскольку она обладает активным свойством по сравнению с другими. Гиббереллины синтезируются преимущественно в листьях (рис. 4).



4 – картинка. Основные места образования фитогормонов в организме растения

Свет усиливает процесс их синтеза. Образовавшиеся гиббереллины распространяются по другим частям тела растения током флоэмы и ксилемы. Они собираются преимущественно в меристематических клетках надземной части растений и активно участвуют в фазах клеточного деления и удлинения. Гиббереллины особенно ускоряют рост стеблей растений (в том числе коротких форм), процессы цветения и плодоношения (рис. 5). Но на рост корней это почти не влияет.

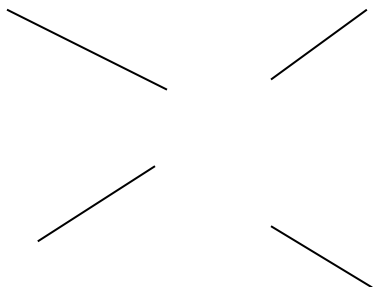
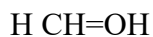
Влияние гиббереллинов на рост и развитие растений в их растительном организме.



5 – картинка. Влияние гиббереллинов на рост каннабиса

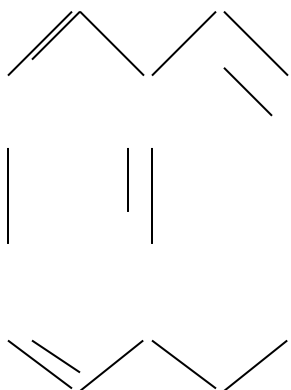
влиянием на обмен веществ. Благодаря их влиянию ускоряется процесс фотосинтеза. Активируется синтез нуклеиновых кислот, белков и фосфолипидов, входящих в состав мембран, а также повышается активность ферментов, участвующих в этих процессах. В целом гиббереллины представляют собой соединения с сильной физиологической активностью.

**ЦИТОКИНИНЫ.** Фитогормоны этой группы преимущественно активируют деление клеток. Вот почему их называют цитокининами. Впервые они были выделены из спермы сельди К. Миллером и Ф. Скугом в 1955 г. После выделения этих соединений в кристаллической форме ими оказался 6-фурфуриламинопурин (кетин) ( $C_{10}H_9N_5O$ ). Позднее было установлено, что кинетин не относится к группе природных цитонинов. В 1964 году Летам выделил природный цитокинин-зеатин из сырых зерен кукурузы:





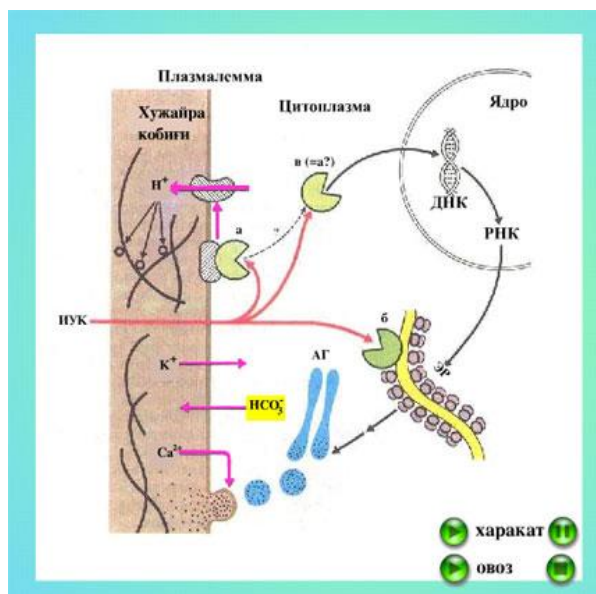
НН



Н НХ

зеатин

Естественные цитокинины образуются в корне (рис. 83) и поднимаются вверх с током сока ксилемы растения. Цитокинины активно участвуют в других процессах, а также в ускорении деления растительных клеток. Они активизируют обменные процессы в остановившихся в росте и старых листьях, то есть препятствуют быстрому старению, обладают свойством снова превращать желтые листья в зеленые (А.Л.Курсанов, О.Н.Кулаева). Благодаря этим воздействиям в листьях увеличивается количество белка, нуклеиновых кислот и хлорофилла. По данным О. Н. Кулаевой (1982), синтез всех форм РНК ускоряется под влиянием цитокинина. В частности, активность РНК-полимераз и хроматина в ядре повышается за счет действия комплекса, образуемого цитокинином со специфическими белками (белками-рецепторами) (рис. 6).

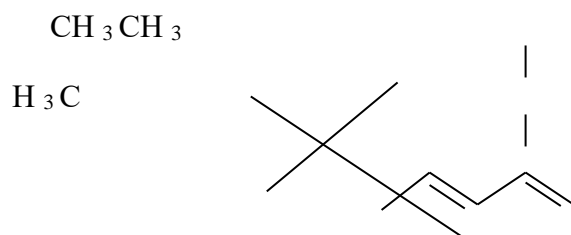


6 – картинка. Влияние цитокинина на клеточный метаболизм

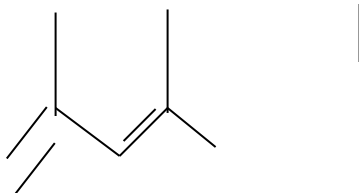
Ускоряется поступление органических веществ из других органов к местам накопления кинетина в растении. Эффект цитокининов усиливается при сочетании с другими фитогормонами. Например, в присутствии цитокининов дифференцированные клетки могут снова делиться. Также имеются сведения, что цитокинины активируют транспорт ионов  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  и  $N^{+}$ .

**АБСКИЗИНЫ.** Эти соединения были впервые выделены в виде кристаллов из спелых коробочек хлопка У. Лю и Х. Карнесом в 1961 году. Они назвали его абсцизином (англ. — abscisyon — разделение, осыпание), потому что эти вещества ускоряют опадение листьев.

В 1963 году существование абсцизинов было полностью подтверждено на Международной конференции по средствам роста растений, проходившей во Франции, и в том же году была определена молекулярная структура абсцизовой кислоты (АБК):



ой  
COOH



O CH<sub>3</sub>

Абсцизовая кислота (АБК) — это природное соединение, которое подавляет рост и вырабатывается в растениях подобно другим фитогормонам, регулирующим рост (ауксины, гиббереллины и цитокинины) (рис. 80).

мало влияет. Именно поэтому абсцизовую кислоту называют гормоном остановки роста (C<sub>15</sub>H<sub>20</sub>O<sub>4</sub>). Абсцизины эффективны даже в очень слабых концентрациях по сравнению с фенольными ингибиторами. Они участвуют в замедлении роста растения, остановке прорастания семян, осыпании сырых плодов и листьев, позднем образовании цветков. Абсцизины накапливаются в больших количествах, особенно в стареющих органах растений (листья, плоды, семена). Они замедляют синтез нуклеиновых кислот, особенно ДНК, белков, хлорофилла.

Ускоряет созревание плодов и старение листьев. При воздействии на растения неблагоприятных условий (особенно при недостатке воды) АБК быстро накапливается и закрывает устьица, вызывая снижение скорости транспирации. В целом эти гормоны (АБК) являются антагонистами ростовых веществ (ауксинов, цитокинов и гиббереллинов).

**ЭТИЛЕН.** Этилен также является природным соединением, вырабатываемым растениями. Физиологическое действие этилена (CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>) впервые было написано Д. Н. Нелюбовым в 1901 году. Позднее Ю. В. Ракитин всесторонне изучил физиологическое значение природного этилена в растениях и выдвинул мнение, что это гормон, участвующий в созревании плодов. Он замедляет фазы деления и удлинения клеток, ускоряет процесс старения в целом. Потому что он в основном синтезируется в стареющих листьях и плодах.

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ИСКУССТВЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА

Использование искусственных форм физиологически активных веществ в сельском хозяйстве с каждым годом увеличивается. В основном их применяют в нескольких направлениях: 1) для ускорения роста и развития, 2) для остановки роста и ускорения созревания, 3) для борьбы с сорняками. Среди веществ, применяемых в процессе ускорения роста и развития, является гетероауксин (C<sub>10</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>N). Повышает укореняемость черенков. Замачивание

саженцев плодовых деревьев в растворе гетероауксина низкой концентрации на несколько часов повышает их жизнеспособность. Такая рассада быстро приживается и начинает активно расти. Для этого морфологическую нижнюю часть черенков или саженцев посаженных плодовых деревьев погружают в 0,005-0,02% раствор гетероауксина на 12-24 часа.

Гиббереллины в основном применяют в сельском хозяйстве в виде 0,0001-0,1% растворов. Поскольку они плохо растворяются в воде, их сначала растворяют в этиловом спирте, а затем смешивают с водой. Затем его опрыскивают растения.

В 70-х годах нашего столетия в Институте цитологии и генетики Сибирского отделения АН СССР была разработана новая комбинация гиббереллинов, получившая название «гибберсиб». Состав этого соединения довольно сложен и включает в себя все природные гиббереллины. Она активнее и дешевле гиббереллиновой кислоты ( $A_3$ ). Ускоряет рост и развитие растений. Его эффективность выше, чем у гиббереллиновой кислоты. Например, при опрыскивании томатов 0,005-0,0075 раствором гиббереллина в начале фазы цветения урожайность увеличивается в 15-20 раз.

Особенно высока эффективность гиббереллинов в бессемянных плодах, винограде, конопле, табаке, томатах и др.

Мелкие черепицы винограда, подвергшиеся воздействию гиббереллиновой кислоты, становятся очень крупными. Происходит это главным образом в результате активизации роста мелких плодов.

При воздействии на собранные сейчас клубни картофеля раствором гиббереллиновой кислоты низкой концентрации (1-2 мг/л) их рост ускоряется. Важно использовать этот метод в южных регионах, где картофель сажают второй раз.

Физиологически активные искусственные вещества применяют также против опадания молодых плодовых узлов и сырых плодов в овощеводстве и плодоводстве.

Этилен можно использовать для остановки роста и ускорения созревания сырых плодов. Против разрастания растений (в результате они полегают) применяют ретарданты (хлорид хлорхолина, виды и др.). Основной механизм их действия – снижение активности веществ, ускоряющих рост. Замедлители чаще применяют против полегания зерна и роста овощей.

### **Обзор вопросов**

1. Фитогормоны и их значение в жизни растений?
2. Гиббереллины и их значение в жизни растений?
3. Ауксины и их значение в жизни растений?
4. Цитокинины и их значение в жизни растений?



Абсент и их значение в жизни растений?