

ТЕМА 11

УСТОЙЧИВОСТЬ И АДАПТАЦИЯ РАСТЕНИЙ

1. Понятие о стрессе, адаптации и устойчивости
2. Холодостойкость растений.
3. Морозостойкость растений.
4. Зимостойкость растений.
5. Засухоустойчивость растений.
6. Влияние избытка влаги на растение.

1. Понятие о стрессе, адаптации и устойчивости

Урожайность сельскохозяйственных культур во многом определяется их устойчивостью к неблагоприятным факторам среды конкретного сельскохозяйственного региона. Приспособленность растений к условиям среды является результатом их эволюционного развития.

Устойчивость – способность растения к саморегуляции, оптимизации, протекающих в нём процессов, приспособление их к стрессовым условиям среды.

Степень устойчивости организма зависит от функционирования его *систем надежности и стабилизации*: механизмы гомеостаза, дублирование структур, множественность структур, механизмы репарации.

Стрессор – неблагоприятный фактор среды, отклоняющийся от нормы. Стрессором может быть любой вид энергии: физическое, химическое или биологическое воздействие. Реакция организма на действие стрессора – **стресс**. Различают три фазы стресса: первичная стрессовая реакция (тревоги); адаптация и истощение систем надежности.

Стрессоустойчивость растения зависит от:

- 1) силы воздействия стрессора;
- 2) продолжительности воздействия стрессора;
- 3) фазы онтогенеза растения
- 4) функционирования систем надежности и репарации (частная устойчивость генотипа).

Механизмы проявления стресса у растений различны на разных уровнях организации. *На клеточном уровне* наблюдается: повышение проницаемости мембран; изменение вязкости и рН цитоплазмы; усиление расхода АТФ; преобладание гидролитических процессов; нарушение обмена веществ; накопление токсинов, свободных радикалов, ядов; активация и синтез стрессовых белков; синтез ингибиторов роста, угнетение стимуляторов. *На организменном уровне*: конкурентные отношения между органами; регенерация и рост пазушных почек; сдвиг от вегетативного к генеративному развитию; переход к покою. *На популяционном уровне*: гибель неприспособленных генотипов; отбор и эволюционные изменения. В результате развивается адаптация к стрессу.

Адаптация (приспособление) – это генетически детерминированный процесс формирования защитных систем, обеспечивающих повышение устойчивости и протекание онтогенеза в ранее неблагоприятных для него условиях.

Различают следующие *стратегии (сценарии) адаптации*:

- 1) эволюционные (филогенетические) – приобретенные в ходе филогенеза, эволюции – они наиболее устойчивы;
- 2) онтогенетические (фенотипические) – не связаны с генетическими мутациями и не передаются по наследству
- 3) срочная адаптация – функционирование шоковых защитных систем – кратковременные выживания.

Адаптация может происходить несколькими путями: *активная адаптация* – формирование защитных механизмов (анатомо-морфологические и физиолого-биохимические приспособления); *пассивная адаптация* – «уход» от стресса (эфемеры, состояние покоя)

2. Холодостойкость растений.

Холодостойкость – способность растений переносить низкие (0–10°C) положительные температуры, свойственна растениям умеренной полосы.

Степень холодостойкости разных растений неодинакова. Для характеристики холодостойкости используют понятие температурный минимум, при котором рост растений прекращается. Для большой группы сельскохозяйственных растений его величина составляет 4 °С.

Холодостойкость растений зависит от: периода онтогенеза, органа растений (цветки>плоды и листья>корни>стебли). Наиболее холодостойкими являются растения раннего срока посева. Холодостойкость растения характеризует сумма биологических температур, необходимая для его развития – чем меньше – тем выше устойчивость: очень раннеспелые – 1200°C, раннеспелые – 1200-1600°C, среднеранние – 1600-2200°C, среднеспелые – 2200-2800°C, среднепоздние – 2800-3400°C, позднеспелые – 3400-4000°C.

Гибель неприспособленных растений при действии холода наступает из-за потери тургора, разрушения хлорофилла, нарушения обмена веществ. У растений наблюдается: усиление распада белков и накопление растворимых форм азота; изменение структуры митохондрий и пластид; снижение аэробного дыхания и фотосинтеза; нарушение активности мембран (переход в гель); процессы распада преобладают над процессами синтеза; нарушение проницаемости цитоплазмы (повышение вязкости), а также происходит нарушение транспорта веществ и оттока ассимилянтов.

У холодостойких растений, приспособленных к холоду, в молекулах фосфолипидов преобладают ненасыщенные жирные кислоты в результате этого мембраны на холоде не застывают; кроме того у них наблюдается повышенная активность ферментов и большой набор изоферментов, что, в совокупности, позволяет растениям поддерживать гомеостаз (постоянство внутренней среды).

Способы повышения холодостойкости:

- закаливание прорастающих семян и рассады – в течение нескольких суток (до месяца) выдерживают при чередующихся (через 12 ч) переменных температурах: от 0 до 5 °С и при 15-20°C;
- замачивание семян в 0,25% растворах микроэлементов;
- прививка теплолюбивых растений (арбуз, дыня) на более холодоустойчивые подвои (тыква).

3. Морозоустойчивость растений.

Морозоустойчивость – это способность растений переносить температуру ниже 0°C, низкие отрицательные температуры.

Способность растений переносить отрицательные температуры определяется *наследственной* основой данного вида растений, однако морозоустойчивость одного я того же растения зависят от *условий*, предшествующих наступлению морозов, влияющих на характер льдообразования.

Причинами гибели неприспособленных растений при морозе является следующее. Образующийся при медленном промерзании в межклеточниках и клеточных стенках лед оттягивает воду из клеток, при этом клеточный сок становится концентрированным, изменяется рН среды. Кроме того, цитоплазма подвергается сжатию кристаллами льда – коллоиды цитоплазмы разрушаются. Образующиеся кристаллы вытесняют воздух из межклеточников, поэтому замерзшие листья становятся прозрачными. В конце концов кристаллы льда механически разрывают клетки и растение погибает.

У морозоустойчивых растений отмечаются следующие *приспособления* к существованию при температурах ниже 0°C: повышение содержания сахаров и других веществ, защищающих ткани; снижение оводненности клеток; увеличение количества защитных белков.

Морозоустойчивость формируется в процессе *закаливания* растений, к которому способны не все виды. Закаливание приурочено к определенным этапам развития, разные органы растений также имеют неодинаковую способность к закаливанию. При закалке происходит отток веществ из надземных органов в подземные – зимующие. Для этого процесса необходим свет.

В 1979 году И.И. Тумановым была сформулирована **теория закаливания растений**. Согласно ей, растение проходит закалку в две фазы. Первая фаза проходит на свету и при низких положительных температурах (днем около 10°C, ночью около 2°C). Озимые злаки проходят её за 6-9 дней, древесные – за 30 дней. При этом в растении происходит замедление и полная остановка роста; накапливаются сахара (до 70% на сухое вещество, 22% – на сырое); в мембранах возрастает содержание ненасыщенных жирных кислот; снижается точка замерзания цитоплазмы и уменьшается содержание внутриклеточной воды. Вторая фаза закаливания не требует света и начинается сразу же после первой фазы при температуре немного ниже 0°C

. Длится она около двух недель при постепенном снижении температуры до -10...-20°C. Во вторую фазу закаливания происходит отток из цитозоля клеток почти всей воды и перестройка белков цитоплазмы; накапливаются низкомолекулярные водорастворимые белки, более устойчивые к обезвоживанию и синтезируются специфические защитные белки. Первая фаза закаливания повышает морозоустойчивость растений с -5 до -12°C, вторая – до -20...-25°C.

Способы повышения морозоустойчивости:

- селекция морозоустойчивых сортов растений;
- агротехнические методы (срок и способ посева и др.);
- оптимизация условий почвенного питания в осенний период: внесение фосфорно-калийных удобрений повышает устойчивость, а азотные – снижают; внесение микроэлементов (Co, Zn, Mo, Cu.) также повышает морозоустойчивость.

4. Зимостойкость растений.

Зимостойкость – это способность растений противостоять комплексу неблагоприятных факторов внешней среды в осенне-зимне-весенний период. К таким факторам относятся: выпревание, вымокание, ледяная корка, выпирание, вымерзание, или «зимняя засуха».

Выпревание – гибель растений в теплые зимы с большим снежным покровом, особенно если снег выпадает на мокрую и талую землю. *Причиной гибели* является истощение растений под снегом, такие растения весной повреждаются снежной плесенью. *Повышение устойчивости* достигается в результате: накопления достаточного запаса растворимых углеводов в растении, снижением интенсивности дыхания. Из агротехнических приемов можно использовать мульчирование торфокрошкой или разбрасывание калийных удобрений на полях с высоким снежным покровом.

Вымокание – проявляется весной в пониженных местах в период таяния снега или оттепелей, когда на поверхности почвы накапливается талая вода, которая не впитывается в почву. *Причиной гибели* растений является недостаток кислорода (гипоксия), накопление токсичных веществ, а также переход ряда элементов минерального питания в неусвояемое состояние. *Повышение устойчивости* растений достигается формированием корней с более развитыми межклеточниками, образованием мелких дополнительных корней у поверхности (на поверхности) почвы. Агротехническим приемом борьбы с вымоканием является проведение качественной вспашки, для предотвращения появления на полях «блюдца», в которых застаивается вода.

Ледяная корка – проявляется когда частые оттепели сменяются сильными морозами. При этом происходит образование как висячих так и притертых (контактных) ледяных корок. *Причина гибели* растений – нарушение аэрации, так как лед практически непроницаем для газов, в результате в растениях образуются спирт и другие токсичные вещества и растения погибают. В качестве *мер борьбы* применяют мульчирование и разбрасывание калийных удобрений, соли (при борьбе с контактной ледяной коркой), а также прикатывание легкими катками (при борьбе с висячей ледяной коркой).

Выпирание – наблюдается если во время оттепели снеговая вода успевает впитаться в почву, а затем при понижении температуры замерзает, то на границе с неоттаявшими слоями почвы образуется ледяная прослойка, которая расширяясь, приподнимает верхний слой почвы. Весной, лед тает, почва оседает, а растения с разорванными корнями оказываются на поверхности почвы и засыхают. повреждение и гибель растений обусловлена разрывами корневой системы. *Причина гибели* – разрыв корневой системы. В качестве *мер борьбы* применяют весеннее прикатывание почвы легкими катками.

Вымерзание – повреждение и гибель растений обусловлена «зимней засухой». *Причиной гибели* является потеря влаги растением в период сильных морозов. В качестве *мер борьбы* применяют снегозадержание.

Повышение зимостойкости растений:

- оптимальные сроки посева растений;
- селекция устойчивых сортов сельскохозяйственных культур;
- поддержание хорошей структуры почвы на полях;

- снегозадержание ;
- создание оптимальных условий минерального питания (внесение фосфорно-калийных и микроудобрений);
- осеннее известкование почв.

5. Засухоустойчивость растений.

Засухоустойчивость – способность растений переносить длительные засушливые периоды, значительный водный дефицит, обезвоживание клеток, тканей и органов. При этом потери урожая зависят от продолжительности засухи и ее напряженности.

Различают засуху почвенную и атмосферную.

Почвенная засуха вызывается длительным отсутствием дождей в сочетании с высокой температурой воздуха и солнечной инсоляцией, повышенным испарением с поверхности почвы и транспирацией, сильными ветрами.

Атмосферная засуха характеризуется высокой температурой и низкой относительной влажностью воздуха (10-20%). Обычно атмосферная и почвенная засухи сопровождают друг друга. При этом отмечаются значительная задержка роста стеблей и листьев растений, снижение урожая, а иногда растения в течение короткого времени погибают от «теплого удара».

У засухоустойчивых растений вырабатываются *приспособления* к условиям недостатка влаги: развитие высокого водного потенциала тканей при функциональной сохранности клеточных структур; формирование адаптивных морфологических особенностей стебля, листьев, генеративных органов, повышающих их выносливость, толерантность к действию длительной засухи. Большинство сельскохозяйственных культур являются мезофитами, в условиях засухи для них характерны три основных *способа защиты*: 1) предотвращение излишней потери воды клетками (избегание высыхания); 2) перенесение высыхания; 3) избегание периода засухи. Устойчивость к засухе выражается в том, что эти растения способны регулировать интенсивность транспирации за счет работы устьичного аппарата, сбрасывания листьев и даже завязей. Для более засухоустойчивых видов и сортов характерны: развитая корневая система, достаточно высокое корневое давление, значительна водоудерживающая способность тканей, обусловленная накоплением в вакуолях осмотически активных веществ.

Для каждого вида растений существуют периоды наибольшей чувствительности к снабжению водой (критические периоды). В период генеративного развития растений засуха приводит к стерильности цветков (череззерница), а на более поздних (молочная, восковая спелость) – к снижению качества и количества урожая плодов и семян, образованию щуплого зерна, со слабым зародышем.

Повышение засухоустойчивости:

- применение методов предпосевного закаливания к засухе;
- выведение устойчивых сортов растений;
- оптимизация минерального питания: калийные, фосфорные и микроудобрения повышают устойчивость, азотные – снижают;
- соблюдение технологии возделывания;
- орошение и полив (особенно дождевание).

6. Влияние избытка влаги на растения.

Избыток влаги в почве крайне вреден для большинства сельскохозяйственных культур. Это приводит к нарушению аэрации корней и развитию гипоксии. В почве прекращаются аэробные окислительные микробиологические процессы и развиваются анаэробные процессы, преимущественно маслянокислые и др. виды брожения, накапливаются кислоты и закиси железа, которые ядовиты для корней.

Устойчивость к переувлажнению определяется у растений комплексом как анатомо-морфологических, так и физиолого-биохимических адаптаций.

У болотных растений сильно развиты *межклеточки* и *аэренхима* в корнях.

У хлебных злаков, кукурузы и других сельскохозяйственных растений при переувлажнении почвы происходит *образование дополнительных поверхностных корней*.

Наблюдаются *физиолого-биохимические адаптации* (снижение интенсивности дыхания).

Из методов борьбы применяют мелиорацию заболоченных участков, посев устойчивых видов растений и сортов.