

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ
ИМ. К.А. ТИМИРЯЗЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ОДОБРЕНО

Ученым советом ИФР РАН

Протокол № 7 от «27» октября 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИФР РАН

д.б.н., чл. корр. РАН

Д.А. Лось



2022 г.

ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Физиология устойчивости растений к стрессовым воздействиям»

уровень подготовки кадров высшей квалификации

группа научных специальностей 1.5 Биологические науки

Москва – 2022

Рабочая программа дисциплины «*Физиология устойчивости растений к стрессовым воздействиям*» является базовым методическим документом, соответствующим Федеральным государственным требованиям к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров, утвержденных Приказом Минобрнауки РФ от 20.10.2021 г. № 951 и учитывает специфику обучения аспирантов по избранной научной специальности, предусмотренной номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени:

1.5.6 Биотехнология

1.5.21 Физиология и биохимия растений.

Объем рабочей программы дисциплины «*Физиология устойчивости растений к стрессовым воздействиям*» составляет 2 зачетные единицы (72 а.ч.).

Форма отчетности – зачет.

Программа дисциплины

Введение

Стресс и адаптация - общая характеристика явлений. Классификация стрессоров. Стрессы биотической и абиотической природы. Рецепция стрессорного сигнала растением. Пути сигнальной трансдукции. Участие гормонов в сигнальной трансдукции. Ответные реакции растений на действие стрессоров. Специфические и неспецифические реакции. Природа неспецифических реакций. Концепция Ганса Селье. Стрессовые белки и их функции.

Водный дефицит

Классификация растений по их устойчивости к засухе. Способность растений поддерживать водный ток в системе: почва-растение -атмосфера в условиях засухи (термодинамический подход). Факторы, обеспечивающие движение воды из почвы в растение и далее в атмосферу у ксерофитов. Осмотическое давление и тургорное давление как компоненты водного потенциала у разных по засухоустойчивости растений. Регуляция осмотического давления с помощью низкомолекулярных органических соединений (осмолитов). Химическая природа осмолитов. Биосинтез осмолитов. Протекторная функция осмолитов. Защита белков осмолитами амфифильной природы в условиях дегидратации цитоплазмы. Пролин и полиолы как важнейшие протекторы белков (гипотеза Шюберт). Полиамины- протекторы нуклеиновых кислот. Бетаины и их защитные функции. Белки, синтезирующиеся в растениях в условиях дегидратации. Их защитная роль.

C₄ и САМ-типы метаболизма как способы экономии влаги у засухоустойчивых растений.

Молекулярно-биологические подходы при изучении устойчивости растений к водному дефициту. Трансгенные растения, устойчивые к засухе

Высокие концентрации солей

Типы почвенного засоления. Классификация растений по их отношению к почвенному засолению. Галофиты и гликофиты.

Повреждающее действие солей. Осмотический и токсический эффекты солей как главные вредоносные факторы. Способы адаптации растений к осмотическому и токсическому действию солей. Поддержание оводнённости и ионное гомеостатирование клеток в условиях засоления. Биосинтез осмолитов. Их осморегуляторная и протекторная функции при почвенном засолении.

Протекторные белки, синтезирующиеся в растениях в условиях почвенного засоления. Индукция биосинтеза протекторных белков высокими концентрациями солей. Функции протекторных белков.

Ионное гомеостатирование клеток, его роль в солеустойчивости. Роль плазматической мембраны и тонопласта в поддержании низких концентраций Na^+ в цитоплазме при засолении. Транспорт Na^+ против термодинамического градиента из цитоплазмы. Na^+ -транспортирующие системы: Na^+/H^+ антипортер и Na^+ -АТФаза. Свойства Na^+ -транспортеров.

Дальний транспорт Na^+ (уровень целого растения). Стратегия избежания накопления ионов в активно метаболизирующих тканях и генеративных органах в условиях засоления.

Природа солеустойчивости галобактерий.

Представление о натриевой биоэнергетике.

Попытки получить солеустойчивые растения методами классической селекции, культуры изолированных клеток и генетической инженерии.

Экстремальные температуры

Растения как экзотермные организмы. Влияние температуры на скорость ферментативных реакций (физико-химический подход). Теория Аррениуса. Энергия активации реакций. Связь изменения энергии активации процесса при температурных адаптациях с изменением структурной стабильности фермента и его каталитической активности.

Температурные адаптации, связанные с изменением содержания ферментов в клетках и их изоферментного состава.

Адаптации, обеспечивающие постоянство K_m при температурных сдвигах. состава.

Термостабильность белков и нуклеиновых кислот как основа адаптации к сверхвысоким температурам термофильных бактерий.

Структурные перестройки клеточных мембран при температурных адаптациях и их связь с изменениями химического состава и вязкости липидного бислоя. Роль изменения длины углеводородных цепей жирных кислот и соотношения насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в обеспечении необходимой подвижности липидного бислоя мембраны при температурных адаптациях. Значение изменения вязкости липидов в ходе температурных перестроек для обеспечения работы локализованных в мембранах ферментов.

Роль и функция десатураз жирных кислот в изменении индекса ненасыщенности жирных кислот при температурных адаптациях. Пути сигнальной трансдукции при включении биосинтеза десатураз в ходе адаптации к низким температурам.

Регуляция активности локализованных в мембранах ферментов путем изменения вязкости липидного бислоя при температурных перестройках.

Толерантность растений к замораживанию. Два основных механизма устойчивости к низким отрицательным температурам:

- Предотвращение образования льда в клетках путем их обезвоживания в ходе формирования кристаллов льда в межклетниках.

- Предотвращение образования льда в клетках путем биосинтеза биологических антифризов.

Химическая природа биологических антифризов. Молекулярные механизмы их действия.

Низкомолекулярные криопротекторы.

Закалка растений. Изменения, происходящие в растительном организме в ходе закалки. Механизмы повышения морозоустойчивости при закалке.

Попытки повышения морозоустойчивости растений методами традиционной селекции, клеточной селекции и генетической инженерии.

Активированный кислород

Активные формы кислорода (АФК)-супероксидный радикал, гидроксил-радикал, синглетный кислород. Механизмы их образования. Роль фотосинтетической и дыхательной электронно-транспортной цепей (ЭТЦ) в генерации супероксидного радикала. Стимуляция генерации АФК при стрессах. Роль высокой интенсивности света в перевосстановленности ЭТЦ хлоропластов и образовании супероксидных радикалов.

Токсическое действие АФК, их повреждающие эффекты. Стимуляция перекисного окисления липидов активными формами кислорода. Механизмы защиты растений от избытка АФК. Пути устранения АФК и предотвращение их образования в клетках растений. Антиоксиданты - аскорбат, глутатион, а-токоферол, Антиоксидантные ферментативные системы.- супероксиддисмутаза, аскорбат-пероксидаза, ксантофилльный цикл и др. Связь фотодыхания с процессами генерации и детоксикации АФК. Токсическое действие АФК, их повреждающие эффекты. Стимуляция перекисного окисления липидов активными формами кислорода. Механизмы защиты растений от избытка АФК. Пути устранения АФК и предотвращение их образования в клетках растений. Антиоксиданты - аскорбат, глутатион, а-токоферол, Антиоксидантные ферментативные системы.- супероксиддисмутаза, аскорбат-пероксидаза, ксантофилльный цикл и др. Связь фотодыхания с процессами генерации и детоксикации АФК.

Апоксия и гипоксия

Растения, устойчивые к недостатку кислорода. Роль гликолиза в адаптации растений к недостатку кислорода..

Анатомические особенности растений, устойчивых к аноксии и гипоксии- стратегия избежания анаэробноза

Роль гормонов в адаптации к анаэробнозу.

Ответная реакция растений на резкое снижение содержания кислорода в среде. Белки, образующиеся в растениях в ходе адаптации к недостатку кислорода. Их функциональная роль.

Попытки получения устойчивых к недостатку кислорода форм растений.

Фитоиммунитет

Фитоиммунология как составная часть общей иммунологии. Функции иммунитета. Иммуитет. Хозяйская и нехозяйская устойчивость.

Двухфазность ответа растений на внедрение патогена: распознавание чужеродного и защитная реакция. Роль лектинов в распознавании. Рецептор- лигандный тип взаимодействия растения-хозяина и патогена.

Роль олигосахаринов в ответной реакции растения на внедрение патогена (работы Элберсгейма и его школы).

Некротрофы и биотрофы - низко- и высокоспециализированные патогены.

Детерминанты устойчивости растений к патогенам: фитонциды, антибиотические вещества (фитоалексины), механические барьеры, ауксотрофия, реакция сверхчувствительности и др.

Детерминанты патогенности микроорганизмов: факторы, способствующие контакту микроорганизма и растения, супрессоры защитной реакции и токсины, факторы, обеспечивающие проникновение патогена и его питание внутри растения факторы, обеспечивающие преодоление защитной реакции растения и др.

Тип и степень совместимости в системе: больное растение. Генетическая природа устойчивости растений к патогенам Вертикальная и горизонтальная устойчивости. Теория Флора (ген-на-ген). Сопряженная эволюция растения хозяина и патогена. Приобретение видовой и сортовой специализации патогеном (индукторно-супрессорная модель Хесса).

Литература:

- Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений в 2 т. Москва, Юрайт, 2016.
Кузнецов Вл.В. Физиологические механизмы устойчивости и создание стресс-толернатных трансгенных растений. С. 5-78. В кн. «Проблемы экспериментальной ботаники». Минск, Технология, 2009.

Алехина Н.Д. и др. Физиология растений. Под ред. И.П.Ермакова. М. Академия. 2007. Издание 2-е. 640 с.

Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. М.: КДУ, 2007. - 137 с.

В.В. Кузнецов. Гормональная регуляция биогенеза хлоропластов. М.: Наука, 2018. 112 с.

Дополнительная литература:

Лось Д.А. Сенсорные системы цианобактерий. М.: Научный мир, 2010. 218 с.

Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений. / под ред. Вл.В. Кузнецова, В.В. Кузнецова, Г.А. Романова. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 487 с.

Обзоры:

Романов Г.А. (2009) Как цитокинины действуют на клетку. Физиология растений, 56(2), 295-319.

Романов Г.А., Медведев С.С. (2006) Ауксины и цитокинины в развитии растений. Последние достижения в исследовании фитогормонов. Физиология растений, 53, 309-319.

Аксенова Н.П., Миляева Э.Л., Романов Г.А. (2006) Флориген обретает молекулярный облик. К 70-летию теории гормональной регуляции цветения. Физиология растений, 53(3), 449-454.

Dubrovsky J.G., Ivanov, V.V. (2021) The quiescent centre of the root apical meristem: conceptual developments from Clowes to modern times. Journal of Experimental Botany. 72(19), 6687-6707.

Фоменков А.А., Носов А.В., Ракитин В.Ю., Суханова Е.С., Мамаева А.С., Соболюкова Г.И.,

Носов А.М., Новикова Г.В. (2015) Этилен сопровождает пролиферацию культивируемых клеток растений или участвует в ее регуляции? Физиология растений, 62(6), 839–846. (DOI: 10.7868/S0015330315060056)

Дополнительная литература рекомендуется лектором в зависимости от тематики лекций с учетом новейшей периодической литературы.

Составитель – дбн, чл.-корр. РАН Кузнецов Вл.В.