**Чуб В.В.**

**Программа спецкурса СУНЦ МГУ**

**«Биология растений»**

**(Анатомия, морфология, физиология, генетика растений)**

**Тесты, задачи, контрольные работы**

**Модуль 1. Химический состав и строение растительной клетки**

**(12 часов)**

**1.1. Особенности строения клетки высших растений.** Связь строения растительной клетки с функцией фотосинтеза. Отличия от клеток животных. Теория симбиогенеза.

**1.2. Пластидный аппарат растительной клетки.** Пропластиды как пластиды меристематических клеток. Хлоропласты: строма, тилакоиды (ламеллы и граны, люмен), внутренняя и внешняя мембраны, межмембранное пространство. Собственный геном и аппарат биосинтеза белка. Этиопласты и геронтопласты как производные пластиды фотосинтезирующих тканей. Хромопласты и их экологическая роль. Различия между амилопластами и лейкопластами. Нефотосинтетические функции пластид.

**1.3. Активные формы кислорода (АФК).** Способы образования АФК в растительной клетке: синглетный кислород, супероксид анион-радикал, перекись водорода, гидроксил-радикал. Системы инактивации активных форм кислорода. Антиоксидатнтые системы растительной клетки. Пероксисомы и митохондрии.

**1.4. Симпласт и апопласт.** Плазмодесмы и их строение. Транспорт веществ через плазмодесмы. Вакуоль и ее функции.

**1.5. Клеточная стенка.** Целлюлоза и особенности ее биосинтеза. Сшивочные гликаны. Пектины. Роль кальция в определении механических свойств клеточной стенки. Рост растяжением.

**1.6. Деление клеток.** Фазы митоза. Особенности цитокинеза у высших растений. Механизмы расхождения хромосом при митозе. Типы митоза: открытый, закрытый (полузакрытый) митоз. Направление веретена деления: плевромитоз и ортомитоз. Вторично упрощенный митоз у динофлагеллят.

**Модуль 2. Жизненные циклы растений**

**(20 часов)**

**2.1. Митоз.** Открытие митоза. Фазы клеточного цикла: G1; S; G2; G0 и M.

**2.2. Мейоз.** Фазы мейоза. Удвоение ДНК, обмен участками хромосом. Расхождение хромосом в первом делении мейоза (редукционное деление). Расхождение во втором делении мейоза (эквационное деление). Генетические следствия кроссинговера. Сцепленное наследование признаков.

**2.3. Чередование ядерных фаз в жизненном цикле.** Гаплофаза и диплофаза. Слияние гамет: плазмогамия и кариогамия. Гетерокарион (дикарион). Редукционное деление и споры. Половое и бесполое поколение.

**2.4. Жизненные циклы с преобладанием гаплофазы.** Одноклеточные зелёные водоросли (хламидомонада). Нитчатые водоросли (улотрикс, спирогира). Настоящие мхи. Печёночники. Решение генетических задач для организмов с преобладание гаплофазы.

**2.5. Переход к жизненным циклам с преобладанием диплофазы.** Изоморфная смена поколений. Модели эволюционного перехода от изоморфной смены поколений к преобладанию диплофазы. Особенности генетики признаков организмов и изоморфной сменой поколений.

**2.6. Жизненные циклы с преобладанием диплофазы.** Плауны, папоротники и хвощи. Особенности генетики признаков спорофита: популяции обоеполых гаметофитов. Голосеменные.

**2.7. Двойное оплодотворение.** Особенности оплодотворения у цветковых растений. Ткани семени. Развитие и строение плода и семени.

**2.8. Полиплоидизация.** Искусственная и естественная полиплоидизация. Дальнородственное скрещивание с образованием аллополиплоидов. Происхождение и генетика культурных пшениц. Наиболее известные примеры триплоидов.

**2.9. Жизненные циклы с преобладанием гетерокариона.** Базидиальные грибы. Жизненный цикл шляпочных грибов. Усложнение жизненного цикла у паразитических грибов. Несовершенные грибы: как они возникают. Жизненный цикл грибов и география.

**Модуль 3. Строение вегетативных органов растения**

**(16 часов)**

**3.1. Общее представление о морфологии растений.** Идеальное растение. Терминология как «система координат» в морфологии растений. Правила взаимного прикрепления органов.

**3.2. Принципы роста растения.** Типы меристем. «Создание формы и анатомии» в зоне дифференцировки. Расположение старых и новых частей на растении. Анатомические строение меристемы.

**3.3. Пространственная организация однодольного и двудольного растения.** Сходства и различия. Проводящая система как «архитектор» растения. Вторичное утолщение – главный признак двудольных. Связь морфологических и анатомических признаков. Сравнительный анализ однодольных и двудольных на микроскопическом и на макроуровне.

**3.4. Листовые серии и принципы их описания.** Филлом – «идеальный» орган листовой природы. Разнообразие филломов: катафилл, зелёный лист, брактея, чашелистик, лепесток, листочек простого околоцветника, тычинка, плодолистик. Филлотаксис. Числа Фибоначчи в описании филлотаксиса. «Начало координат» в листовой серии. Семядоли и предлистья. Типы филлотаксиса. Состав листовых серий.

**3.5. Видоизменения побегов.** Клубень, луковица, клубнелуковица, столон, почка. Сохранение общей архитектуры побега при модификациях. Тип видоизмененного побега, расположение органов и тип филлотаксиса. Диаграмма пространственного расположения органов в видоизмененных побегах. Преобразование филлотаксиса луковиц в схемы строения побега (на примере Амариллосовых).

**3.6. Направление роста в пространстве.** Факторы, влияющие на направление роста. Рост относительно вектора силы тяжести: ортотропный, плагиотропный, диагеотропный. Вторичное изменение роста под тяжестью образовавшихся побегов. Апикальное доминирование и его снятие. Типы ветвления, связанные с апикальным доминированием: акротонное, базитонное. Равномерное и неравномерное ветвление. Ритм ветвления. Типы нарастания побеговой системы. Архитектурные модели растений. Определение по безлистным и олиственным ветвям растения их возраста, сопоставление морфологического и анатомического метода оценки возраста ветвей. Главные признаки роста побеговых систем. Жизненные формы.

**3.7. Лист и его модификации.** Простые и сложные листья. Видоизменения листьев. Взаимосвязь строения листа и его функции. Листья суккулентов.

**Модуль 4. Строение и функции листа. Фотосинтез.**

**(20 часов)**

**4.1. Анатомическое строение листьев С-3 растений.** Эпидермис: основные клетки, трихомы и устьичный аппарат. Столбчатый и губчатый мезофилл. Проводящие пучки. Клетки-спутницы, ситовидные элементы флоэмы. Ксилема. Взаимосвязь анатомии стебля и анатомии листа.

**4.2. Пигменты фотосинтеза.** Разделение пигментов методом хроматографии. Принципы строения молекулы хлорофилла. Разнообразие хлорофиллов. Феофитин. Каротиноиды и их классификация. Каротины и ксантофиллы. Ксантофилловый цикл и его значение для зеленых растений. Функции пигментов фотосинтеза.

**4.3. Световая фаза фотосинтеза.** Мембраны тилакоидов как место протекания световой фазы фотосинтеза. Пигмент-белковые комплексы. Светособирающий комплекс, фотосистема II и фотосистема I. Преобразование энергии в световой фазе фотосинтеза. Электрон-транспортная цепь. Образование кислорода в световой фазе. Итоги световой фазы – синтез АТФ и НАДФ\*Н.

**4.4. Темновая фаза фотосинтеза.** Цикл Кальвина: стадии фиксации углекислоты, восстановления и регенерации углеродных скелетов. РубисКО (RubisCO) – ключевой фермент цикла Кальвина. Продукты темновой фазы фотосинтеза. Взаимосвязь цикла Кальвина и световой стадии фотосинтеза.

**4.5. Фотодыхание.** Образование С-2 скелетов в ходе окисления рибулозобисофосфата. Цикл превращения С-2 соединений в С-3. Токсичные промежуточные продукты фотодыхания. Участие пероксисом и митохондрий в фотодыхании. Значение фотодыхания.

**4.6. Анатомическое строение листьев С-4 растений.** Мезофилл и обкладка сосудистого пучка. Разнообразие вариантов строения листа у С-4 растений. С-4 фотосинтез как адаптация к умеренно-засушливому климату.

**4.7. Первичная фиксация углекислоты у С-4 растений.** Обмен веществами между клетками мезофилла и обкладки. Декарбоксилирование в С-4 цикле. Место протекания цикла Кальвина у С-4 растений. Биохимическая специализация клеток мезофилла и обкладки.

**4.8. САМ-фотосинтез как адаптация к сильной засухе.** Первичная фиксация углекислоты в ночное время. Накопление яблочной кислоты. Реакции декарбоксилирования и вторичной фиксации углекислоты в дневное время.

**4.9. Пластичность функции фотосинтеза.** Факультативные и облигатные САМ-растения. Смена генераций листьев в течение сезона. Распределение типов фотосинтеза между различными частями растения.

**Модуль 5. Корень и его физиологические функции**

**(12 часов)**

**5.1. Понятие о водном потенциале.** Термодинамические показатели воды. Активность, химический потенциал, водный потенциал. Причины возникновения осмотических явлений на биологических мембранах. Физико-химические модели клетки: «клеточка Траубе». Роль клеточной стенки. Тургор. Плазмолиз. Решение задач олимпиадного уровня.

**5.2. Поток воды.** Сопротивление водному потоку. Проницаемость мембран для различных веществ. Аквапорины. Ионные каналы. Коллективное выполнение осмотических функций тканями корня. Ризодерма, экзодерма, первичная кора, эндодерма, центральный цилиндр, перицикл, ксилема, флоэма. Специализация клеток перицикла. Корневое давление.

**5.3. Проводящая система.** Капиллярные силы, силы поверхностного натяжения, адгезии и когезии воды. Проблема эмболии в ксилемном токе. Строение ксилемы. Трахеиды и настоящие сосуды. Дифференцировка проводящих пучков.

**5.4. Лист как верхний концевой двигатель водного потока.** Устьица: разнообразие строения, формирование в процессе развития, устьичные движения. Механизмы открывания и закрывания устьиц. Гуттация.

**5.5. Минеральное питание и другие функции корня.** Макроэлементы и микроэлементы. Поглощение веществ корнем. Роль корня в метаболизме азота и серы. Гормональные функции корня: синтез цитокининов, стриголактонов, этилена. Ростовые реакции корня в ответ на различные стимулы.

**Модуль 6. Цветок. Строение, генетическая регуляция развития**

**(8 часов)**

**6.1 Строение цветка.** Околоцветник: чашечка и венчик. Генеративные органы: андроцей и гинецей. Фолиарная теория Гёте о природе органов цветка. Два принципа геометрической организации цветков: спиральный и круговой. Отображение строения цветка в формуле и на диаграмме. Принцип чередования органов.

**6.2. Генетическая регуляция цветения.** АВС/ABCDE-модель развития цветка. Принципы взаимодействия транскрипционных факторов друг с другом, приводящие к разнообразию строения цветка. Эволюция АВС-системы.

**6.3. Управление структурой цветка.** Использование сильных промоторов (35S CaMV) и орган-специфических промоторов (на примерах генов АВС-системы) в генетической инженерии растений. Репортерные гены, «включение» и «выключение» генов в определенных частях организма. Индуцибельные промоторы. Генетическая хирургия (абласт). Система BARNASE / BARSTAR.

**Модуль 7. Биология опыления растений. Пол у растений**

**(8 часов)**

**7.1. Самонесовместимость.** Открытие явления Ч.Дарвином. Самонесовместимость у примул: две морфы. Триморфная самонесовместимость на примере дербенника. Генетика наследования. S-локус: концепция супергена. Спорофитный и гаметофитный контроль самонесовместимости.

**7.2.** **Проявление пола у растений.** От диморфной самонесовместимости к спорофитному контролю пола. Цитоплазматическая мужская стерильность: признак, кодируемый митохондриальной ДНК. Взаимодействие ядра и митохондрий.

**Модуль 8. Двойное оплодотворение. Развитие плода и семени**

**(12 часов)**

**8.1. Двойное оплодотворение.** Открытие двойного оплодотворения у Цветковых растений. Генотипы яйцеклетки, центральной клетки и окружающих тканей до и после оплодотворения.

**8.2. Строение семязачатка.** Интегументы: битегмические, унитегмические и атегмические семязачатки. Степень изогнутости: анатропные, ортотропные и кампилотропные семязачатки. Нуцеллус. Археспориальная клетка и мейоз. Формирование зародышевого мешка. Преемственность структур цветка, плода и семени. Зародыш, эндосперм, перисперм, семенная кожура и другие покровы семени.

**8.3. Семенная кожура.** Функции распространения семян: ариллусы, летучие выросты и элайосомы. Разрастание плацент при плодах.

**8.4. Понятие плодолистика.** Апокарпные и ценокарпные гинецеи /плоды. Санкарпный, паракарпный и лизикарпный гинецей. Определение типа гинецея на срезе плода и завязи.

**8.5. Околоплодник.** Анатомическое строение (экзокарп, мезокарп, эндокарп). Типы гинецея и соответствующие типы плодов.

**8.6. Органы, сохраняющиеся при плодах.** Чашечка, цветоложе, гипантий, плодоножка и др. Соплодия. Примеры плодов в разных семействах. Условность деления на сочные и сухие плоды.

**Модуль 9. Регуляция роста и развития растений**

**(12 часов)**

**9.1. Ауксины.** Открытие ауксинов. Роль ауксинов в системе целого растения. Физиологические эффекты ауксинов: рост растяжением, фото- и геотропизмы, ризогенез, апикальное доминирование, дифференцировка сосудов ксилемы, аттрагирующий эффект. Использование ауксинов в сельском хозяйстве. Механизмы восприятия ауксинового сигнала.

**9.2. Цитокинины.** Открытие цитокининов. Роль цитокининов в системе целого растения. Физиологические эффекты цитокининов: геммагенез, открывание устьиц, дифференцировка сосудов флоэмы, синтез хлорофилла и белков, деление клеток, аттрагирующий эффект. Использование цитокининов в сельском хозяйстве. Механизмы восприятия цитокининового сигнала. Взаимоделйствие ауксинов и цитокининов.

**9.3. Гиббереллины.** Открытие гиббереллинов. Роль гиббереллинов в системе целого растения. Физиологические эффекты гиббереллинов: интеркалярный рост, прорастание семян и почек, мобилизация запасных питательных веществ. Использование гиббереллинов в сельском хозяйстве. Ингибиторы действия гиббереллинов и искусственная карликовость. Механизмы восприятия гиббереллинового сигнала.

**9.4. Абсцизовая кислота (АБК).** Роль АБК в системе целого растения. Физиологические эффекты АБК: торможение роста, закрывание устьиц, переход в состояние покоя семян и почек, созревание сухих плодов. Взаимодействие гиббереллинов и АБК. Использование АБК в сельском хозяйстве. Механизмы восприятия АБК-сигнала.

**9.5. Этилен.** Открытие физиологического действия этилена. Тройной ответ проростков на этилен. Роль этилена в системе целого растения. Физиологические эффекты этилена: торможение роста, листопад, адаптация к механическим стрессам, созревание сочных плодов. Индукция цветения у ананасов. Использование этилена в сельском хозяйстве. Механизмы восприятия этиленового сигнала.

**9.6. Другие гормоны.** Брассиностероиды. Жасмонаты. Салициловая кислота. Стриголактоны.

**9.7. Фоторецепторы растений.** Фитохромы и восприятие в красной части спектра. Криптохромы и фототропины как рецепторы синего света. Эффекты, вызываемые светом разного спектрального состава и интенсивности.

**9.8. Индукция цветения.** Факторы, регулирующие цветение растений. Фотопериодизм. Яровизация. Физиологический контроль развития. Флориген, механизмы его синтеза и действия на растение. Гиббереллины в регуляции цветения. Работы М.Х.Чайлахяна.