Лекция 1. Физиология растений: предмет, задачи и место в системе биологических наук Структурно-функциональные особенности растительной клетки

Кафедра биотехнологии, КазНУ имени аль-Фараби
проф. д.б.н. Кенжебаева С.С.

План лекции, цель лекции и Ожидаемые результаты обучения

- ***План лекции***

1. Определение, предмет, цели и задачи физиологии растений.
2. Место физиологии растений в системе биологических наук.
3. Особенности строения и функционирования растительной клетки.

- ***Цель лекции***
- Сформировать у студентов представление о физиологии растений как фундаментальной биологической науке, изучающей процессы жизнедеятельности растительных организмов, её взаимосвязи с другими биологическими дисциплинами, а также структурно-функциональные особенности растительной клетки.

- ***Ожидаемые результаты обучения***

1. Определять предмет, цели и основные задачи физиологии растений.
2. Объяснять место физиологии растений в системе биологических наук и её взаимосвязь с биохимией, молекулярной биологией, генетикой и биотехнологией.
3. Характеризовать особенности строения и функционирования растительной клетки, включая клеточную стенку, пластиды, вакуоль и плазматическую мембрану.
4. Объяснять роль клеточных структур в фотосинтезе, водном обмене, транспорте веществ и поддержании клеточного гомеостаза.
5. Оценивать значение физиологии растений для сельского хозяйства, селекции, биотехнологии и решения экологических проблем.

Физиология растений: предмет, задачи и место в системе биологических наук

- Физиология растений — фундаментальная биологическая наука, изучающая процессы жизнедеятельности растений, механизмы их регуляции и взаимодействия с окружающей средой.
- **Основные направления физиологии растений:**
  - Обмен веществ и энергии — фотосинтез, дыхание, минеральное питание.
  - Водный обмен — поглощение, транспорт воды и транспирация.
  - Рост и развитие — клеточное деление, дифференцировка, морфогенез и гормональная регуляция.
  - Регуляция физиологических процессов — клеточные, биохимические и молекулярные механизмы.
  - Адаптация и стрессоустойчивость — реакции растений на абиотические и биотические факторы среды.
- **Особенность физиологии растений: комплексное изучение процессов жизнедеятельности на молекулярном, клеточном, органном и организменном уровнях.**

Практическое значение: физиология растений служит научной основой повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, улучшения качества урожая и создания стрессоустойчивых сортов.

Уровни организации физиологических процессов



- **молекулярный;**
- **клеточный;**
- **тканевый и органный;**
- **уровень целого растения;**
- **популяционный и экосистемный аспекты.**

Краткая история развития физиологии растений

- Физиология растений сформировалась как самостоятельная научная дисциплина благодаря экспериментальному изучению водного и минерального питания, фотосинтеза, дыхания, роста и развития растений.
- **Современный этап: интеграция физиологических, биохимических и молекулярно-генетических исследований для изучения продуктивности, адаптации и стрессоустойчивости растений.**

Период	Учёные и основные достижения
XVII век	Я. Б. ван Гельмонт — опыты по изучению роли воды в росте растений
XVIII век	Дж. Пристли, Я. Ингенхауз — исследование газообмена растений и роли света
XIX век	Ю. Сакс, В. Кноп — развитие экспериментальной физиологии и методов минерального питания
Конец XIX — начало XX века	К. А. Тимирязев — исследование фотосинтеза и роли хлорофилла
XX век	Ф. Вент, М. Кальвин — исследования фитогормонов и механизма фиксации CO_2
XXI век	Развитие молекулярной физиологии, геномики, протеомики, метаболомики и феномики растений

Современные методы исследования в физиологии растений

- **Методы физиологии растений — совокупность экспериментальных и аналитических подходов, позволяющих изучать процессы жизнедеятельности растений на молекулярном, клеточном, органном и**

Группа методов	Основные методы и их применение
Физиологические	Измерение фотосинтеза, дыхания, транспирации, водного потенциала и роста растений
Биохимические	Спектрофотометрия, хроматография, определение пигментов, ферментов и метаболитов
Микроскопические	Световая, флуоресцентная и электронная микроскопия для изучения клеток и тканей
Молекулярно-генетические	PCR, RT-qPCR, секвенирование ДНК и РНК, анализ экспрессии генов
Постгеномные	Транскриптомика, протеомика и метаболомика для комплексного анализа клеточных процессов
Цифровое фенотипирование	RGB-, тепловая, флуоресцентная и гиперспектральная визуализация, автоматизированный анализ растений

Главный вывод: современная физиология растений основана на интеграции классических физиологических измерений, биохимического анализа, молекулярных методов и цифровых технологий.

Структурно-функциональные особенности растительной клетки

- Растительная клетка — основная структурная и функциональная единица растения, обладающая специализированными органеллами и структурами, обеспечивающими фотосинтез, водный обмен, рост и развитие.

- Ключевая особенность: растительная клетка сочетает способность к фотосинтезу (в фотосинтезирующих клетках), осмотической регуляции и росту за счёт растяжения клеточной стенки под действием тургорного давления.
- **Клетка (cellula) – микроскопическое образование, элементарная живая система, основная структурная единица организма, способная к самовоспроизведению, саморегуляции и самовозобновлению.**
- **Проявление свойств жизни, таких, как воспроизведение (размножение), обмен веществ и др. осуществляется на клеточном уровне и протекает при непосредственном участии белков — основных элементов клеточных структур.**

Современная клеточная теория включает следующие положения:

Клетка - основная единица строения и развития всех живых организмов, наименьшая единица живого;

Клетки разных организмов сходны (гомологичны) по своему строению, химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности и обмену веществ;

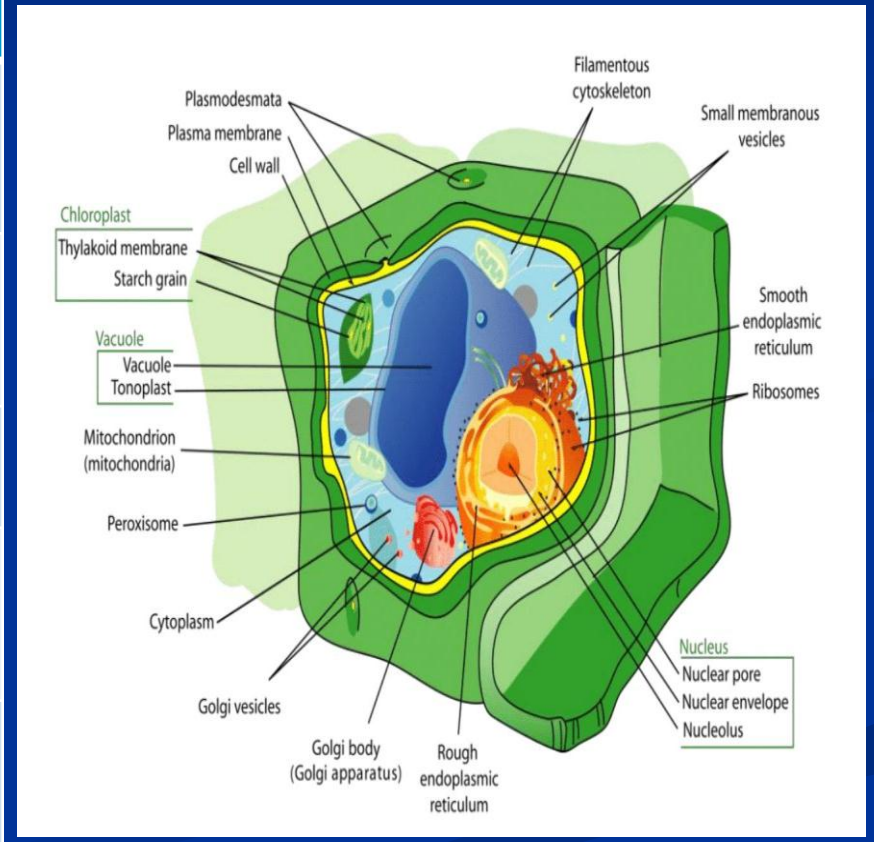
Размножение клеток осуществляется только **путем деления (клетка от клетки);**

В сложных многоклеточных организмах клетки специализированы и образуют ткани;

они тесно связаны между собой и включены в единую систему регуляции.

Структурно-функциональные особенности растительной клетки

Структура	Физиологическая функция
Клеточная стенка	Механическая поддержка, защита, участие в росте клетки
Плазматическая мембрана	Избирательный транспорт веществ и восприятие сигналов
Пластиды	Фотосинтез, синтез и накопление веществ
Центральная вакуоль	Поддержание тургора, осморегуляция, запасание веществ
Плазмодесмы	Межклеточный транспорт и передача сигналов
Митохондрии	Клеточное дыхание и синтез АТФ

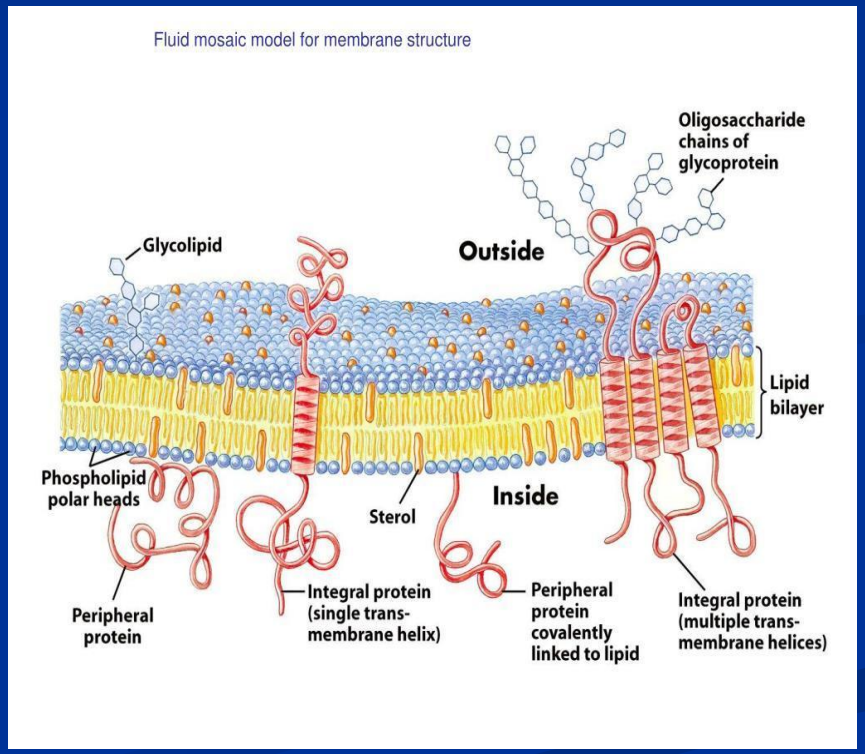


Плазматическая и внутриклеточные мембраны растительной клетки

Биологические мембраны — основные структурно-функциональные компоненты эукариотической клетки, обеспечивающие компартментализацию, избирательный транспорт веществ и регуляцию клеточных процессов.

Плазматическая мембрана (плазмалемма) отделяет цитоплазму от внешней среды, а внутриклеточные мембраны формируют специализированные клеточные компартменты.

Жидкостно-мозаичная модель биологической мембраны



Основные компоненты мембран:

•Фосфолипиды — формируют липидный бислой.

•Мембранные белки — обеспечивают транспорт, рецепцию сигналов и ферментативные реакции.

•Стеролы и другие липиды — регулируют текучесть и стабильность мембран.

Основные функции мембран

Функция	Физиологическое значение
Барьерная	Разделение клеточных компартментов
Транспортная	Перенос воды, ионов и метаболитов
Сигнальная	Восприятие и передача внешних сигналов
Энергетическая	Формирование электрохимических градиентов и синтез АТФ
Метаболическая	Локализация ферментов и биохимических реакций

Внутриклеточные мембраны образуют оболочки органелл, эндоплазматическую сеть, аппарат Гольджи и тонопласт; мембраны митохондрий и хлоропластов участвуют в преобразовании энергии.

Биологические мембраны обеспечивают структурную организацию, функциональную специализацию и поддержание гомеостаза растительной клетки.

Функции клеток

- Самовоспроизведение
- Использование и превращение энергии
- Синтез больших и сложных молекул

Клетка является результатом длительной эволюции и характеризуется внутренней упорядоченностью своей структуры.

-

Протопласт :

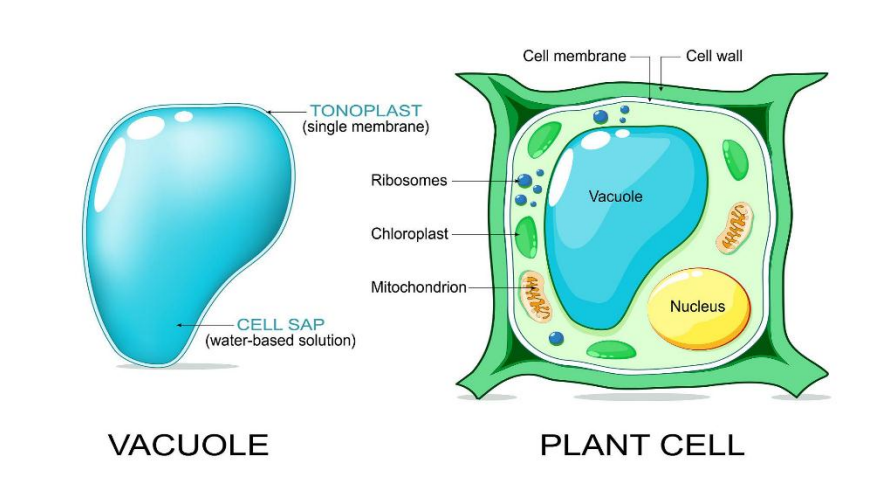
- Ядро с ядрышком,
- Цитоплазма
- Мембранные (вакуоль, пластиды, митохондрии, аппарат Гольджи, лизосомы, эндоплазматический ретикулум) органеллы
- Немембранные (микротрубочки, рибосомы) органелл.ы
- Все органеллы погружены в матрикс цитоплазмы - ***гиалоплазму*** или основную плазму.


ОРГАНОИДЫ КЛЕТКИ
НЕМЕМБРАННЫЕ
МЕМБРАННЫЕ
Рибосомы
Клеточный центр
Микротрубочки
Микрофиламенты
Хромосомы
Одномембранные
Плазмолемма
Эндоплазматическая сеть
Комплекс Гольджи
Лизосомы
Вакуоли
Двумембранные
Митохондрии
Пластиды

Вакуоль растительной клетки: строение и физиологические функции

Вакуоль — мембранный компартмент растительной клетки, заполненный клеточным соком и ограниченный мембраной — **тонопластом**. В зрелых растительных клетках центральная вакуоль может занимать до 80–90% объёма клетки.

Особенности тонопласта: содержит транспортные белки, аквапорины, H^+-АТФазу и H^+-пирофосфатазу, обеспечивающие транспорт воды и веществ через мембрану вакуоли.



- **Основные функции вакуоли:**
- *Осморегуляция* — поддержание водного баланса и тургорного давления.
- Запасающая — накопление ионов, сахаров, органических кислот и вторичных метаболитов.
- *Гомеостатическая* — регуляция внутриклеточного pH и ионного состава.
- Защитная — изоляция потенциально токсичных соединений и продуктов обмена.
- *Литическая* — расщепление и переработка клеточных компонентов.
- Ростовая — обеспечение увеличения объёма клетки при её растяжении.

Вакуоль играет ключевую роль в поддержании тургора, клеточном росте, метаболическом гомеостазе и адаптации растений к стрессовым условиям.

- У высших растений (цветковых, хвойных и т. д.) центриолей нет, но у них есть клеточный центр, представленный **центром организации микротрубочек (ЦОМТ)** или полярной плазмой, где находятся и
- работают белки, такие как **гамма-тубулин**, которые инициируют сборку микротрубочек.

- **Ключевые белки:**
- В этих центрах, как и в МТОЦ других организмов, важную роль играет гамма-тубулин и другие белки комплекса гамма-тубулина (GCP), обеспечивающие ядро для сборки микротрубочек.

- **Основные функции клеточного центра у растений:**
- **Организация микротрубочек – формирование цитоскелета, который поддерживает форму клетки и участвует в движении органоидов.**

- **Формирование веретена деления при митозе и мейозе, хотя оно образуется без центриолей.**

- **Координация внутриклеточных процессов, связанных с перемещением пузырьков, органоидов и распределение клеточных структур.**

- **У растений клеточный центр выполняет функцию "командного пункта" по организации микротрубочек, но без участия центриолей.**

- **Микрофиламенты у растений** — это тонкие нити цитоскелета, состоящие из **белка актина.**
- Как и микротрубочки, входят в состав цитоскелета, но выполняют другие функции.

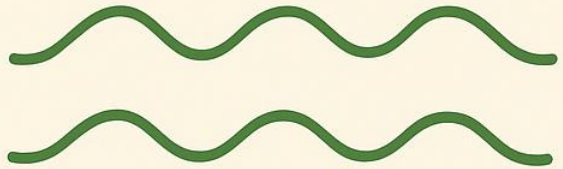
- Основные функции микрофиламентов у растений:

- **Поддержание формы клетки** – помогают клетке сохранять структуру.

- **Циклоз** (**цитоплазматическое движение**) – обеспечивают перемещение цитоплазмы вместе с органоидами, что ускоряет обмен веществ.

МИКРОФИЛАМЕНТЫ

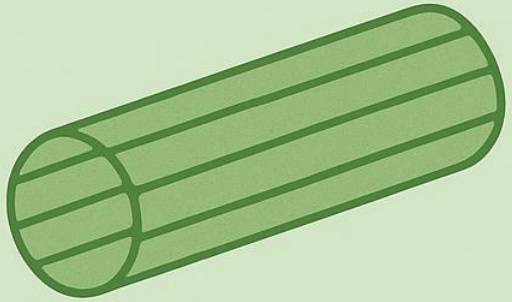
у растений



- Поддержание формы клетки
- Циклоз (цитоплазматическое движение)
- Рост клеток
- Транспорт в клетке
- Взаимодействие с мембранами

МИКРОТРУБОЧКИ

у растений



- Рост клеток и деление
- Структурная поддержка клетки
- Транспорт в клетке
- Взаимодействие с мембранами

- **Рост клеток** – участвуют в удлинении клеток, особенно в корневых волосках и пыльцевых трубках.

- **Транспорт в клетке** – направляют движение везикул (например, с целлюлозой к плазмалемме для построения клеточной стенки).

- **Взаимодействие с мембранами** – участвуют в эндоцитозе и экзоцитозе.

- **Отличие от микротрубочек:**
- **Микротрубочки «задают направление»** роста клетки и деления.
- **Микрофиламенты** в основном отвечают **за движение органоидов и гибкость клеточной формы.**

КЛЕТОЧНЫЙ ЦЕНТР	
У ЖИВОТНЫХ	**У РАСТЕНИЙ:**
Состоит из 2 центриолей (цилиндры, расположены перпендикулярно)	**Центриолей нет**
Вокруг центриолей – микротрубочки **Образует веретено деления**	**Есть МТОЦ (микротрубочковые организующие центры)**
Участвует в движении органоидов и пузырьков	**Веретено деления формируется без центриолей**
	Контролирует организацию цитоскелета и транспорт в клетке

- **Основные функции клеточного центра у растений:**

- **Организация микротрубочек** – формирование цитоскелета, который поддерживает форму клетки и участвует в движении органоидов.

- **Формирование веретена деления** при митозе и мейозе, хотя оно образуется без центриолей.

Особенности растительной клетки:

Атабаева С.Д.

- Пластидная система, возникающая в связи с автотрофным способом питания
- Полисахаридная клеточная стенка, окружающая клетку
- Центральная вакуоль в зрелых клетках, играющая важную роль в поддержании тургора
- У делящейся клетки нет центриолей

- Ядро растительной клетки окружено цитоплазмой (cytoplasma).

- Цитоплазма - жидкая плазма, состоящая в основном из воды.

- В состав цитоплазмы входят:
- - гиалоплазма,
- - органеллы
- - включения.

- Гиалоплазма – основное вещество цитоплазмы.

- Это сложное бесструктурное полужидкое, полупрозрачное (от греч. hyalos — стекло) образование;

- Содержит:
- - полисахариды,
- - белки,
- - нуклеиновые кислоты.

- Участвует в обменных процессах клетки.

- **Цитоплазма – внутреннее содержимое клетки**
- **Она пронизана густой сетью белковых волокон, составляющих цитоскелет, содержит органоиды и мембраннную вакуолярную систему.**

- **ЦИТОЗОЛЬ - это своеобразная коллоидная система с упорядоченной субмикроскопической структурой.**

- **Цитозоль содержит :**
- **- 75 - 80% воды,**
- **- 10 - 12% белков и аминокислот,**
- **- 4 - 6% углеводов,**
- **- 2 - 3% липидов и 1% неорганических и других веществ.**

Основные типы включений у растений

- **Запасные вещества**, которые клетка откладывает «про запас»:
  - крахмальные зерна (в хлоропластах и лейкопластах),
  - капли жира (липиды),
  - кристаллы белка.

- **2. Секреторные продукты, выделяемые клеткой:**
  - * эфирные масла,
  - * смолы,
  - * нектар.
- **3. Балластные (побочные) вещества, которые не нужны клетке и подлежат удалению:**
  - кристаллы оксалата кальция,
  - соли,
  - другие метаболиты.

Включения — это результат обмена веществ, и они показывают, чем жила клетка: запасала, выделяла или избавлялась от ненужного.



Органоиды растительной клетки

- цитоплазмы являются обязательными структурными элементами эукариотической клетки: при их отсутствии клетка теряет способность к дальнейшему существованию.

- **Цитоплазма** – это жидкое содержимое клетки с находящими в ней органоидами.
- Основное вещество цитоплазмы **вода.**

- **Цитоплазма** живых клеток находится в постоянно **в движении** что обеспечивает взаимосвязь всех органоидов и доступ к ним различных веществ

- Внутри клетки располагается ядро (nucleus), которое хранит генетическую информацию и участвует в синтезе белка.
- Регуляторным центром клетки служит ядро.

- Оно отделено от цитоплазмы двойной ядерной мембраной.

- Внутри ядро заполнено ядерным соком, - нуклеоплазма- н - ну- в кото-ром находятся хромосомы

- Хромосомы содержат гены, определя-ющие наследственность организма.

Основные части ядра клетки растений

- Ядерная оболочка
- Двойная мембрана (наружная и внутренняя).
- Наружная мембрана переходит в эндоплазматическую сеть и может нести рибосомы.
- Имеет ядерные поры для обмена веществ между ядром и цитоплазмой (выход мРНК, транспорт белков и т.д.).

- Ядерный сок (нуклеоплазма)

- Полужидкая среда, где находятся хроматин и ядрышки.

- Содержит ферменты, ионы, нуклеотиды.

- Хроматин
- Представлен ДНК и белками (гистонами).

- Содержит гены, которые кодируют синтез белков.
- Эухроматин - активный, развернутый для считывания ДНК.
- Гетерохроматин - неактивный, компактный.

- Ядрышко
- Не имеет мембраны, синтезируется рРНК и собираются субъединицы рибосом.

Гетерохроматин ядра клетки растений

- **Гетерохроматин ядра**— это плотно упакованный участок хроматина, в котором ДНК слабо или совсем неактивна в транскрипции.
- Его нити более конденсированы, чем у эухроматина, поэтому он плохо окрашивается и менее доступен для РНК-полимеразы.
- Основные функции гетерохроматина у растений:
- Структурная функция
- Формирует участки хромосом (центромеры, теломеры), обеспечивая стабильность и правильное распределение хромосом при делении клетки.
- Регуляторная функция
- Служит механизмом «выключения» генов: гены в гетерохроматине обычно не экспрессируются.
- Защищает геном от неконтролируемой активности мобильных элементов (транспозонов).

.

- **Основные функции гетерохроматина у растений:**
- Эпигенетическая роль
- Участвует в наследовании «состояния активности» генов (например, ген может оставаться выключенным у потомков).
- Защитная функция
- Ограничивает повреждение ДНК, так как плотная упаковка делает её менее уязвимой.

Заключение

- 1. Физиология растений — фундаментальная биологическая наука, изучающая процессы жизнедеятельности растений и механизмы их регуляции.
- 2. Междисциплинарный характер физиологии растений определяется её тесной связью с биохимией, молекулярной биологией, генетикой, биофизикой и биотехнологией.
- 3. Современные методы исследования объединяют физиологические измерения, биохимический анализ, молекулярно-генетические технологии и цифровое фенотипирование.
- 4. Растительная клетка характеризуется наличием клеточной стенки, пластид, крупной центральной вакуоли и плазмодесм, обеспечивающих её специализированные функции.
- 5. Клеточные органеллы образуют интегрированную систему, регулирующую фотосинтез, дыхание, биосинтез, транспорт веществ и клеточный гомеостаз.
- 6. Практическое значение физиологии растений связано с повышением продуктивности сельскохозяйственных культур, улучшением качества урожая и разработкой методов повышения стрессоустойчивости.
- Главный вывод: изучение физиологии растений формирует научную основу понимания механизмов роста, развития, продуктивности и адаптации растительных организмов.

Контрольные вопросы

1. Что изучает физиология растений и каковы её основные задачи?
2. Какое место занимает физиология растений в системе биологических наук?
3. Какие основные этапы выделяют в истории развития физиологии растений?
4. Какие классические и современные методы используются для исследования физиологических процессов растений?
5. В чём заключаются структурно-функциональные особенности растительной клетки?
6. Каковы строение и основные функции плазматической мембраны и внутриклеточных мембран?
7. Какие функции выполняют хлоропласты, митохондрии, эндоплазматическая сеть и аппарат Гольджи?
8. Каковы особенности строения вакуоли и физиологическое значение тонопласта?
9. Какую роль играют клеточная стенка и плазмодесмы в жизнедеятельности растительной клетки?
10. Почему согласованное функционирование клеточных органелл необходимо для роста, развития и адаптации растений?

Рекомендуемая литература

Основная литература

- 1. Taiz, L.; Møller, I.M.; Murphy, A.; Zeiger, E. Plant Physiology and Development. 7th ed. Oxford University Press, 2022.
- 2. Buchanan, B.B.; Gruissem, W.; Jones, R.L. (Eds.). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. 2nd ed. Wiley Blackwell, 2015.
- 3. Urry, L.A.; Cain, M.L.; Wasserman, S.A.; Minorsky, P.V.; Orr, R.B. Campbell Biology. 12th ed. Pearson, 2020.
- **Дополнительная литература**
- 4. Alberts, B.; Heald, R.; Johnson, A.; Morgan, D.; Raff, M.; Roberts, K.; Walter, P. Molecular Biology of the Cell. 7th ed. W. W. Norton & Company, 2022.
- 5. Somerville, C.; Bauer, S.; Brininstool, G.; Facette, M.; Hamann, T.; Milne, J.; Osborne, E.; Paredez, A.; Persson, S.; Raab, T.; Vorwerk, S.; Youngs, H. Toward a Systems Approach to Understanding Plant Cell Walls. Science. 2004, 306, 2206–2211. https://doi.org/10.1126/science.1102765
- 6. Rhee, S.Y.; Mutwil, M. Towards Revealing the Functions of All Genes in Plants. Trends in Plant Science. 2014, 19, 212–221. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.10.006