

**Ваш преподаватель на семинарах
по Физиологии растений**

Глазунова Марина Андреевна

(916) 349 62 97 – это мой телефон

marinaglazonova@mail.ru - это почта

**<http://plantphys.bio.msu.ru> - это сайт
кафедры Физиологии растений, на
котором можно найти что-то интересное.**

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ



Естественные
науки

УДК 581.1(075.8)
ББК 28.57я73
Ф504

Авторы:

Н. Д. Алехина, Ю. В. Балнокин, В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова, Н. Р. Мейчик,
А. М. Носов, О. Г. Полесская, Е. В. Харитонашвили, В. В. Чуб

Рецензенты:

проф. *В. В. Кузнецов* (зав. кафедрой ботаники, физиологии растений и агробиотехнологии Университета дружбы народов);
проф. *С. С. Медведев* (зав. кафедрой физиологии и биохимии растений Санкт-Петербургского государственного университета)

Физиология растений: Учебник для студ. вузов / Н. Д. Алехина, Ф504 Ю. В. Балнокин, В. Ф. Гавриленко и др.; Под ред. И. П. Ермакова. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 640 с.
ISBN 5-7695-1669-0

В учебнике на современном уровне дано описание физиологических функций и механизмов их регуляции в онтогенезе целого растения и его взаимодействии с факторами среды. Изложены особенности строения и работы растительной клетки, обсуждены вопросы регуляции поступления и реализации функций элементов минерального питания на разных уровнях структурной организации растений. Рассмотрены физико-химические закономерности формирования движущих сил и механизмы транспорта воды в растениях. Рост и развитие растений представлены с позиций современной физиологии, молекулярной биологии и генетики.

Для студентов биологических специальностей вузов. Может быть полезен специалистам, работающим в различных областях экспериментальной ботаники.

УДК 581.1(075.8)
ББК 28.57я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

ISBN 5-7695-1669-0

© Коллектив авторов, 2005
© Издательский центр «Академия», 2005

Семинары	
14.09.18	Клетка
21.09.18	
28.09.18	Фотосинтез
05.10.18	
12.10.18	
19.10.18	Дыхание
26.10.18	
02.11.18	
09.11.18	Минеральное питание
16.11.18	
23.11.18	Водный обмен
30.11.18	Рост и развитие
07.12.18	
14.12.18	
21.12.18	

Клетка_14.09.18. 21.09.18

1. Симбиогенетическая теория происхождения хлоропластов. Структура и функции хлоропластного генома. Взаимодействие с ядерным геномом. Взаимные превращения пластид. Физиологическая роль разных типов пластид.
2. Геном пластид и геном митохондрий. Общие черты и особенности каждого из геномов. Генетическая ёмкость: гены домашнего хозяйства и гены, отвечающие за специфические функции хлоропластов и митохондрий. Феномен цитоплазматической мужской стерильности как взаимодействие между ядерным и митохондриальным геномами. Спорофитный и гаметофитный контроль ЦМС. Взаимодействие хлоропластного и ядерного геномов, примеры двойного кодирования.
3. Внутриклеточные рецепторы. Роль убиквитинирования и протеолиза в передаче сигнала. Факторы транскрипции, представлении о многообразии. Регуляторные элементы (боксы) в промоторах генов. Механизмы специфического изменения экспрессии генома в ответ на сигнальные молекулы.
4. Основные структурные полимеры клеточной стенки. Ковалентные, водородные и ионные связи между полимерными сетями. Биосинтез целлюлозы, сшивочных гликанов, пектиновых веществ. Структурные белки и ферменты, входящие в состав клеточной стенки. Изменение состава клеточной стенки по мере роста и дифференцировки.

Фотосинтез

1. Хлорофиллы. Общие принципы организации молекулы. Основные этапы биосинтеза. Спектр поглощения хлорофиллов. Понятие о нативных формах. Энергетические переходы в молекуле хлорофилла. Белковые комплексы, содержащий хлорофилл. Миграция энергии. Окислительно-восстановительные реакции с участием хлорофилла. Продукция активных форм кислорода.
2. Каротиноиды. Общее представление о биосинтезе. Протекторная роль каротиноидов в фотосистемах. Виолаксантиновый цикл и его роль в регуляции распределения энергии. Защитная функция каротиноидов. Каротиноиды как предшественники АБК. Экологическая роль каротиноидов.
3. Продукция активных форм кислорода с участием возбужденного хлорофилла. Экологические факторы, способствующие образованию синглетного кислорода. Защитные механизмы. Роль виолаксантинового (ксантофиллового) цикла в регуляции распределения энергии квантов света.
4. Антенные комплексы. Подвижные и неподвижные комплексы. Фикобилисомы. Фикобилины как дополнительные ферменты фотосинтеза у водорослей и цианобактерий. Нативные формы хлорофиллов в антенных комплексах. Понятие о фотосинтетической единице. Факторы, влияющие на ассоциацию светособирающего комплекса с ФС II и ФС I.
5. Строение и функционирование ФС I. Ассоциация и диссоциация с подвижным светособирающим комплексом. Кооперация работы ФС I и ФС II. Локализация ФС I в мембране тилакоидов.
6. Строение и функционирование фотосистемы II. Водоокисляющий комплекс и реакции образования кислорода. Работа реакционного центра. Участие ФС II в нециклическом потоке e^- . Работа ФС II в циклическом режиме. Локализация ФС II и взаимодействие со светособирающим комплексом.
7. Нециклический, циклический и псевдоциклический транспорт электрона. Последовательность переносчиков. Цикл вокруг фотосистемы II. Реакция хлородыхания как регуляция редокс-статуса пула пластохинонов. Подвижные переносчики в составе комплексов. Одно- и двухэлектронные переносчики

9. Фиксация CO₂ в растительной клетке. Сравнительная характеристика основных карбоксилаз в клетке: RubisCO и ФЕП-карбоксилазы. Роль карбоангидразы в фиксации CO₂. Механизм концентрирования CO₂ у С-4 – растений. Регуляторные функции углекислоты в реакции открывания/закрывания устьиц, активация темновых и световых реакций фотосинтеза.

10. Восстановительный пентозофосфатный путь (цикл Кальвина). Основные этапы и биохимические реакции, входящий в цикл. Характеристика RubisCO как ключевого фермента. Регуляция активности ферментов цикла Кальвина. Связь цикла со световыми реакциями фотосинтеза. Экспорт метаболитов цикла Кальвина из хлоропласта в цитозоль. Челночные механизмы.

11. Взаимозависимость световой и темновой фазы фотосинтеза. Регуляция цикла Кальвина. Участие тиоредоксиновой системы, концентрации Mg²⁺, pH. Специфика активации и инактивации RubisCO. Участие ядерного и хлоропластного генома в биосинтезе RubisCO.

12. Фотодыхание. Ключевая реакция, запускающая процесс фотодыхания. Экологические условия, повышающие интенсивность фотодыхания. Биохимия превращений веществ при фотодыхании. Интеграция метаболизма хлоропластов, митохондрий и пероксисом. Связь фотодыхания с другими процессами: метаболизмом серы и азота. Понятие об углекислотном компенсационном пункте фотосинтеза. Сравнение углекислотного компенсационного пункта у С₃ и С₄ растений.

13. Экологическая роль С-4 фотосинтеза. Химизм первичных процессов ассимиляции углекислоты. Обмен метаболитами между клетками мезофилла и обкладки на примере НАДФ-зависимого МДГ-пути С-4 фотосинтеза.

14. С-4 фотосинтез. ФЕП-карбоксилаза как основной фермент. Анатомические особенности С-4 растений. Многообразие путей декарбоксилирования при С-4 фотосинтезе. Три варианта цикла. Адаптивное экологическое значение С-4 фотосинтеза.

15. Разнообразие типов декарбоксилирования при С-4 фотосинтезе: НАДФ-зависимый и НАДФ-зависимый МДГ и ФЕП-карбоксикиназный варианты С-4. Связь типа декарбоксилирования с ультраструктурой хлоропластов, анатомическими и цитологическими особенностями листьев.

16. САМ-метаболизм. Основные особенности САМ-растений. Суточная динамика процессов фиксации и восстановления CO₂ у САМ-растений. Экологическое значение САМ-метаболизма.

17. Адаптивное экологическое значение САМ-метаболизма. Суточная динамика фотосинтетических процессов и их компартментация. Три варианта декарбоксилирования при САМ-метаболизме. Облигатные и факультативные САМ-растения.

Дыхание

1. Гликолиз. Общий химизм реакций. Особенности гликолиза у растений. Регуляция. Роль фруктозо-2,6-бисфосфата как сигнальной молекулы, регулирующей отношение между гексозами и триозами. Молочнокислое и спиртовое брожение. Связь гликолиза с другими процессами: С-4, САМ, окислительным пентозофосфатным циклом, циклом Кребса, циклом Кальвина. Обращение реакций гликолиза (глюконеогенез) у растений.
2. Цикл Кребса. Последовательность реакций. Пируватдегидрогеназный комплекс. Связь цикла Кребса с САМ, метаболизмом азота, гликолизом. Взаимодействие цикла Кребса и ЭТЦ митохондрий.
3. Мобилизация запасных нейтральных липидов при прорастании семян. Биохимическое взаимодействие олеосом, глиоксисом и митохондрий. Гидролиз триглицеридов, β -окисление жирных кислот, глиоксилатный цикл и глюконеогенез. Связь с процессами электронного транспорта на мембранах митохондрий и с циклом трикарбоновых кислот (цикл Кребса).
4. Сравнение окислительного и восстановительного пентозофосфатного пути. Общие черты и особенности. Связь пентозофосфатных циклов с метаболическими процессами: синтезом фенольных соединений, полимеров клеточной стенки, нуклеиновых кислот. Роль окислительного и восстановительного пентозофосфатного пути как источника восстановительных эквивалентов.

4. Электрон-транспортная цепь митохондрий. Особенности растительных митохондрий: альтернативные дегидрогеназы, альтернативная оксидаза. Комплексы I, II, III и IV. Синтез АТФ на мембране митохондрий. Эффективность переноса протонов через мембрану в зависимости от альтернативных путей передачи электрона.

5. Альтернативная оксидаза митохондрий. Экологическая роль для привлечения опылителей у ароидных. Механизмы регуляции активности, защитная функция альтернативной оксидазы.

Фотосинтез+Дыхание

2. Сравнение Q-цикла фотосинтеза и дыхания. Стехиометрия переноса протонов через мембрану. Особенности FeS-центра Риске. Локализация компонентов Q-цикла в мембране. Изображение Q цикла в Z-схеме и в схеме редокс-потенциалов при дыхании.

3. Преобразование энергии протонного градиента ($\Delta\mu_{H^+}$) в энергию химических связей (АТФ) на внутренней мембране хлоропластов и митохондрий. Строение АТФ-синтазного комплекса и механизм его работы. Особенности регуляции синтеза АТФ в хлоропластах.

Водный обмен.

1. Водный обмен растений. Термодинамические показатели воды: активность, химический потенциал, водный потенциал. Составляющие водного потенциала: осмотический, матричный, гидравлический и гравитационный. Понятия о тургоре, плазмолиз. Поток воды через мембрану: гидравлическое сопротивление, коэффициент отражения, способы регуляции потоков воды через клетку. Аквапорины.
2. Верхний и нижний концевой двигатель водного потока. Поглощение воды корнем, создание корневого давления. Капиллярные эффекты. Силы адгезии и когезии. Транспирация и способы её регуляции. Устьичные движения. Гуттация. Строение и функции гидатод.
3. Загрузка терминальной флоэмы листа фотоассимилятами. Симпластический и апопластический путь. Значение клеток-спутниц в загрузке ситовидных элементов. Состав флоэмного сока в зависимости от типа загрузки. Информационные макромолекулы, перемещающиеся по флоэме на примере флоригена (FT-фактора).

Минеральное питание.

Понятие о доступных формах азота. Поглощение нитрата: метаболический, транспортный и запасной пул. Нитрат-редуктаза: строение, принципы работы, регуляция активности. Нитрит-редуктаза. Локализация, источник восстановительных эквивалентов. Распределение активности нитрат- и нитрит-редуктазы по органам растений. Изоформы ферментов.

2. Понятие о пулах нитрата в растительной клетке. Особенности восстановления нитрата у разных растений. Нитрат как регуляторная молекула. Связь процесса ассимиляции нитрата со световой фазой фотосинтеза, циклом трикарбоновых кислот (цикл Кребса), C-4 метаболизмом.

3. Вовлечение иона аммония в метаболизм. Глутаминсинтетаза (ГС), глутамин:оксоглутаратаминотрансфераза (ГОГАТ), глутаматдегидрогеназа (ГДГ). Особенности метаболических путей аммония в хлоропласте, цитоплазме, митохондриях. Превращение кетокислот в аминокислоты. Связь метаболизма азота с основными метаболическими путями: гликолизом, циклом Кребса, циклом Карпилова-Хэтча-Слэка, фотодыханием.

4. Симбиотическая фиксация азота. Виды бактерий, способных вступать в симбиоз. Факторы нодуляции (на примере бобовых). Этапы колонизации корней бобовых симбиотическими бактериями. Нитрогеназа – основной фермент, фиксирующий атмосферный азот. Принцип строения, особенности работы. Роль лег-гемоглобина в функционировании клубенька.

5. Значение соединений серы для растений. Коферменты, содержащие серу. Регуляторная роль соединений серы. Тиоредоксиновая система. Глутатион и его производные. Защита от ионов тяжелых металлов. Вторичные метаболиты, содержащие серу, и их экологическая роль.

6. Поступление сульфата в клетку с использованием вторично-активного транспорта. Ассимиляция серы. Компартиментация основных процессов метаболизма серы. Реакции сульфатирования. Дальнейшее восстановление сульфата, сульфита и образование цистеина.

7. Многообразие органических соединений, содержащих серу. Поглощение сульфата и его вовлечение в метаболизм. Сульфатирование и восстановление до сульфида. Синтез цистеина, глутатиона, фитохелатина. Роль серы в поддержании редокс-статуса клетки и в защите от окислительного стресса. Регуляции активности ферментов за счёт окисления/восстановления остатков цистеина. Примеры ферментов, регулируемых тиоредоксиновой системой.

8. Основные принципы генерации, потенциала на плазмалемме и тонопласте. H⁺-АТФазы р- и v-типа, H⁺-пирофосфатаза. Ca²⁺-АТФаза. Понятие о первично- и вторично-активном переносе ионов. Примеры помп, антипортеров, симпортеров. Пассивный транспорт через каналы и переносчики. Регуляция мембранного потенциала.

9. Поступление K⁺ в растительную клетку. Физико-химические закономерности поступления ионов. Понятие о кажущемся свободном пространстве апопласта. Доннановский и диффузионный потенциал. Многообразие каналов и переносчиков, переносящих калий.

10. Особенности поглощения железа из почвы: две стратегии поглощения. Роль соединений железа как редокс-кофакторов электрон-транспортных цепей. Ферменты, содержащие железо. Участие железа в восстановлении соединений азота и серы. Лег-гемоглобин – уникальное соединение, участвующее в переносе молекулярного кислорода.

11. Уникальность систем транспорта Ca²⁺ в растительных клетках. Системы пассивного, первично- и вторично-активного транспорта Ca²⁺. Динамика изменения концентрации Ca²⁺ в цитозоле: всплески (spikes), осцилляции и волны. Примеры процессов, сопровождающихся изменением концентрации кальция. Понятие о «кальциевом росчерке» (signature) при передаче сигнала.

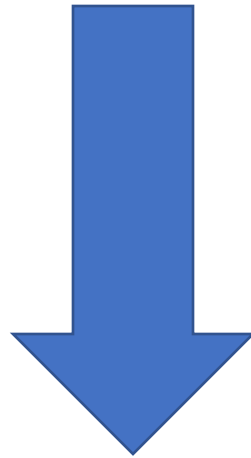
12. Ca²⁺ как вторичный мессенджер. Многообразие систем трансмембранного активного и пассивного транспорта Ca²⁺. Временные и пространственные особенности Ca²⁺-сигнала. Кальмодулины и другие белки, содержащие EF-«руки» (EF-hand), Ca²⁺-зависимые протеинкиназы, их роль в передаче сигналов. Основные депо кальция. Связь Ca²⁺ с различными системами вторичных мессенджеров. Клеточная стенка и цитоскелет как участники передачи Ca²⁺-сигнала.

13. Фосфор. Органические соединения, содержащие фосфор. Роль фосфора в энергетике клетки и редокс-реакциях. Сигнальная роль фосфатсодержащих вторичных мессенджеров. Каскады фосфорилирования. Протеинкиназы и протеинфосфатазы. Роль 14-3-3 белков в регуляции активности ферментов. Пирофосфат как источник энергии. Роль фосфора в транспортных и метаболических процессах, челночных механизмах транспорта. Поддержание pH в клетке.

Рост и развитие.

- Передача сигнала от рецепторов к мишеням. Основные типы рецепторов. Примеры систем вторичных мессенджеров. Двухкомпонентные киназы и каскады фосфорилирования, MAP-киназы. Гетеротримерные G-белки. Мембранные липиды как источник вторичных мессенджеров. Факторы транскрипции, регуляторные элементы в промоторах генов.
2. Ауксин. История открытия. Биосинтез, депонирование и необратимое окисление. Транспорт ауксина через клетку. Основные физиологические эффекты. Роль ауксина в регуляции. Гербицидные свойства аналогов ауксина.
 3. Явление фототропизма. Высоко- и низкоэнергетический ответ. Фототропины: строение фоторецептора, роль в запуске реакции фототропического изгиба. Ауксин как молекула-медиатор ответа.
 4. Геотропизм. Методы исследования. Первичная реакция растения на ускорение масс. Распределение гравичувствительных зон по растению. Участие внутриклеточных структур в развитии геотропического изгиба. Роль ауксинов в явлении геотропизма.
 5. Цитокинины. История открытия. Биосинтез. Активные и неактивные формы цитокининов. Основные физиологические эффекты. Взаимодействие ауксинов и цитокининов в различных физиологических реакциях.
 6. Фитопатогенные организмы как продуценты растительных гормонов. Agrobacterium – специализированные паразиты растений. Молекулярный механизм взаимодействия растений и агробактерий. Трансформация. Трансгенные растения. Основные проекты, связанные с трансгенными растениями.
 7. Гиббереллины, история открытия. Биосинтез. Многообразие гиббереллинов, активные и неактивные формы. Регуляция уровня гиббереллинов в растении. Основные физиологические эффекты гиббереллинов. Мобилизация запаса питательных веществ в зерновках злаков. Роль GA в регуляции цветения. Брассиностероиды как синергисты GA и ауксинов.
 8. Абсцизовая кислота. Особенности биосинтеза. Использование мутантов для исследования путей биосинтеза АБК. Основные физиологические эффекты. Регуляция работы устьиц абсцизовой кислотой. АБК как регулятор состояния покоя. Адаптации к стрессу, опосредованные АБК.
 9. Этилен. Особенности биосинтеза и рецепции. Тройной ответ проростков на этилен. Роль этилена в созревании плодов и в листопаде. Физиологические ответы растения, связанные с поранением и нападением патогенов и травоядных. Этилен как регулятор цветения. Практическое использование эффектов этилена.
 10. Жасмонаты, салицилат, оксипиены, олигосахарины и короткие пептиды, их роль в ответе растений при патогенезе. PR – белки. Понятие об элиситоре, концепция «ген – на – ген» в вертикальной устойчивости. Горизонтальная устойчивость. Роль активных форм кислорода, фитоалексинов и программированной гибели клеток в иммунитете растения.
 11. Фоторецепторы растений: фототропины, криптохромы и фитохромы. Хромофорные группировки и основные принципы передачи сигнала. Фитохромы А и В, различие в спектрах поглощения и физиологических реакциях. Реакции на сверхнизкую, низкую и высокую освещённость. К – ДК переходы при поглощении света фитохромами.
 12. Значение фотопериодических физиологических реакций в адаптации растений к климатическим условиям. Деление растений на группы в зависимости от реакции на фотопериод. Восприятие фотопериодического сигнала. Опыты Чайлахяна. Понятие о биологических часах. Эффект прерывания ночи. Гормональная теория цветения: понятие о флоригене. Молекулярные основы перехода к цветению.
 13. Фотоморфогенез. Деэтиоляция. Использование мутантов для изучения молекулярных основ деэтиоляции. Синдром избегания тени. Светозависимое прорастание семян. Фототропизм. Рецепторы, играющие главную роль в реакциях фотоморфогенеза.
 14. Термопериодизм. Явления яровизации. Восприятие температурного сигнала. Опыты Чайлахяна. Стресс-периодизм.
 15. Циркадные процессы в растениях. Понятие о внутренних биологических часах. «Подстройка» внутренних часов по внешним ритмам. Молекулярные механизмы восприятия фотопериода, и физиологические реакции, находящиеся под их контролем.

Минимум к экзамену



1. Общее представление о структуре хлорофилла – уметь нарисовать Mg-порфириновое ядро на память. Общее представление о структуре каротиноидов, числе атомов С. Уметь разбить формулу на С5-фрагменты (изопрен).
2. Схема квантовых переходов в молекуле хлорофилла и их физический смысл ($S_0 \rightarrow S_1$; $S_0 \rightarrow S_2$; $S_2 \rightarrow S_1$; $S_1 \rightarrow T_1$; $T_1 \rightarrow S_0$).
3. Последовательность переносчиков в электрон-транспортной цепи фотосинтеза и их локализация в мембране.
4. Последовательность переносчиков в электрон-транспортной цепи дыхания (включая все альтернативные пути) и их локализация в мембране.
5. Электрохимический потенциал воды, пластохинонов и НАДФН (конкретные значения).
6. Цикл Кальвина: формулы всех участников стадии карбоксилирования и восстановления (всего 4 формулы: рибулезо-1,5-бисфосфат; 3-фосфоглицериновая кислота; 1,3-дифосфоглицериновая кислота; 3-фосфоглицериновый альдегид). Стадия регенерации пятиуглеродных сахаров: последовательность превращений с точностью до числа углеродных атомов и названий участвующих в этом процессе углеводов.
7. C4 и САМ-метаболизм - все химические реакции (всего 6 формул:

8. Фотодыхание – реакции с точностью до названия участников.

9. Цикл Кребса – реакции с точностью до названия участников.

10. Гликолиз – формулы всех участников (всего 11 формул: глюкоза; глюкозо-6-фосфат; фруктозо-6-фосфат; фруктозо-1,6-бисфосфат; 3-фосфоглицериновый альдегид; дигидроксиацетонфосфат; 1,3-дифосфоглицериновая кислота; 3-фосфоглицериновая кислота; 2-фосфоглицериновая кислота; фосфоенолипируват; пируват).

11. Остальные реакции альтернативных путей окисления – с точностью до названий участников и числа углеродных атомов.

12. Метаболизм азота: все реакции включения азота до глутамата (нитрат, нитрит, аммоний, α-кетоглутарат, глутамин, глутамат). Принцип трансаминирования кетокислот (на примере кислот C4 цикла и фотодыхания: аланин/пируват; оксалоацетат/аспартат; глиоксилат/глицин).

13. Классификация ион-транспортных систем: каналы, насосы (или помпы); портеры (симпортер, антипортер, унипортер).

14. Рисунок (поперечный разрез): анатомическое строение корня в зоне всасывания (ризодерма, корневые волоски, кора, эндодерма, пояски Каспари, перицикл, ксилема, флоэма).

15. Рисунок (поперечный разрез): анатомическое строение листа С3 и С4 растения (эпидермис, устьица, столбчатый мезофилл, губчатый мезофилл, обкладка сосудистого пучка, флоэма, ксилема).
16. Строение и принцип работы замыкающих клеток устьиц.
17. Отличие флоэмы от ксилемы.
18. Рисунок (продольный разрез): анатомическое строение меристемы корня (до зоны дифференцировки).
19. Рисунок (продольный разрез): анатомическое строение меристемы побега (до образования листовых примордиев и прокамбия).
20. Формула водного потенциала как суммы составляющих (гидравлический, осмотический, матричный).
21. Формулы индолилуксусной кислоты, изопентениладенина, одного из представителей гиббереллинов, абсцизовой кислоты, этилена. Представления о биосинтезе – на уровне названий соединений.
22. Изменение длины дня в течение года в полярных, умеренных широтах и на экваторе. Даты осеннего и весеннего равноденствия, летнего и зимнего солнцестояния.

23. Общая последовательность реакций сигналинга: рецептор – вторичные мессенджеры – (мишени) факторы транскрипции – промотор гена – белок-кодирующая часть – транскрипция – трансляция.

24. Химические компоненты первичной клеточной стенки с точностью до названия и типичных мономеров (целлюлоза – глюкоза; сшивочные гликаны – ксилоза, арабиноза, рамноза, галактуроновая кислота + старые названия гемицеллюлоза и пектин; белки, в т.ч. экстенсины, экспансины, кислые гидролазы).

25. Рисунок: биогенез клеточной стенки после деления.

26. Дать на память определения: апопласт, симпласт, протопласт, фрагмопласт (срединная пластинка), плазмодесмы.

27. Принцип работы АТФ-синтазы: конверсия энергии протонного градиента в АТФ.

28. Точно назвать все хромофоры каждого фоторецептора и указать их примерную структуру.