

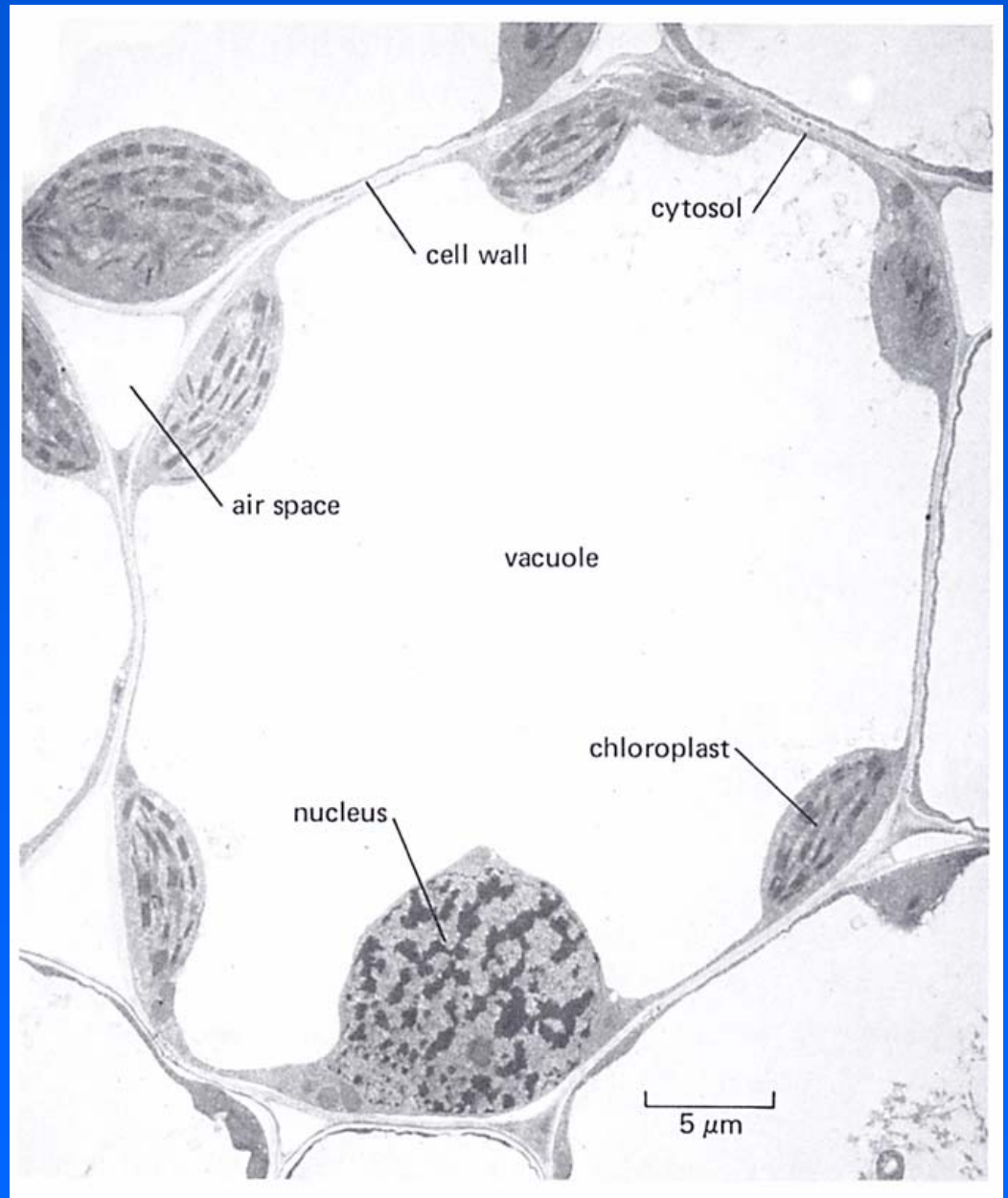
Лекция 7

Хлоропласты – строение и функции. Основы фотосинтеза.

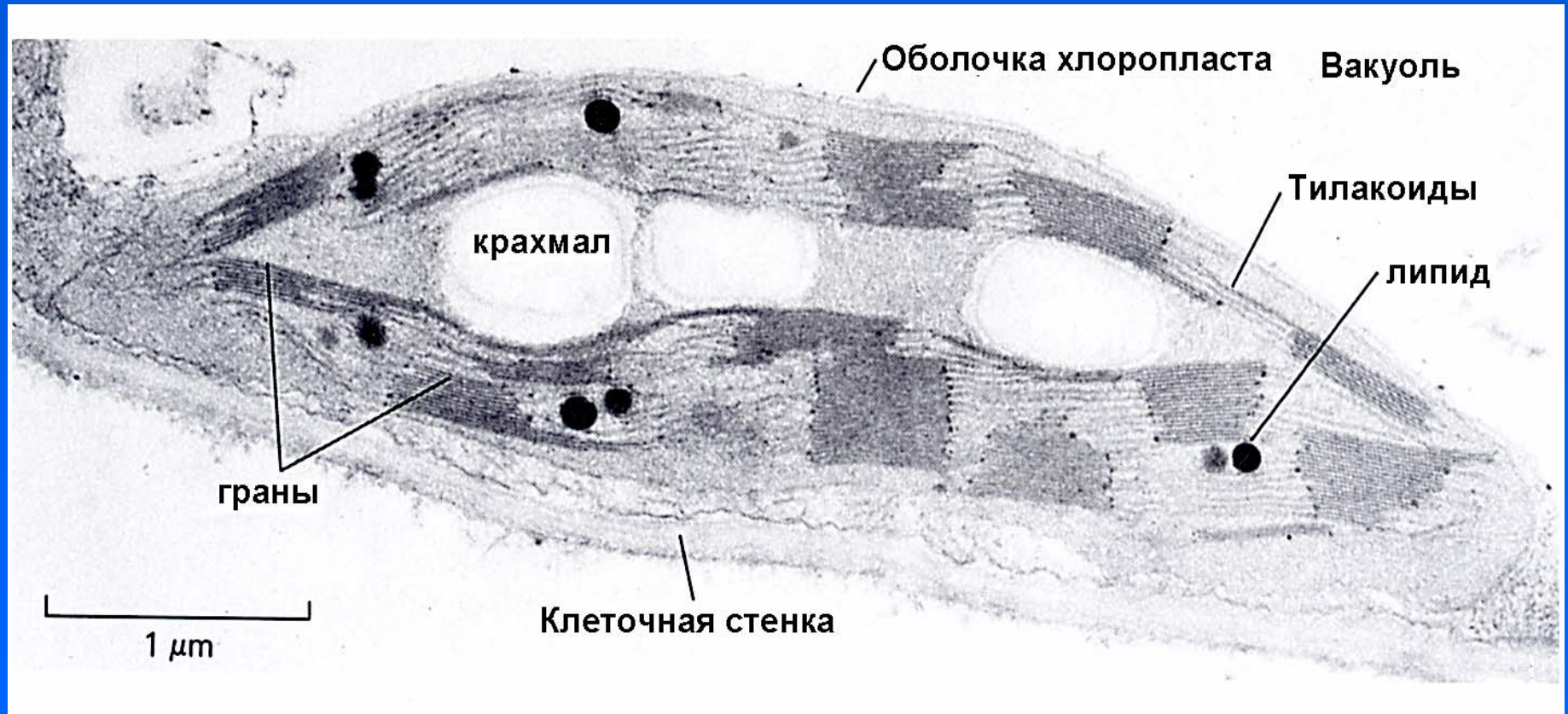
Митохондрии и хлоропласты как полуавтономные органеллы.

Пероксисомы.

Растительная клетка с хлоропластами и вакуолью



Хлоропласт, вид на срезе



Характерный размер – 1x5 мкм. Нередко образуют сеть, имея непрерывную наружную мембрану

Хлоропласт, детали структуры

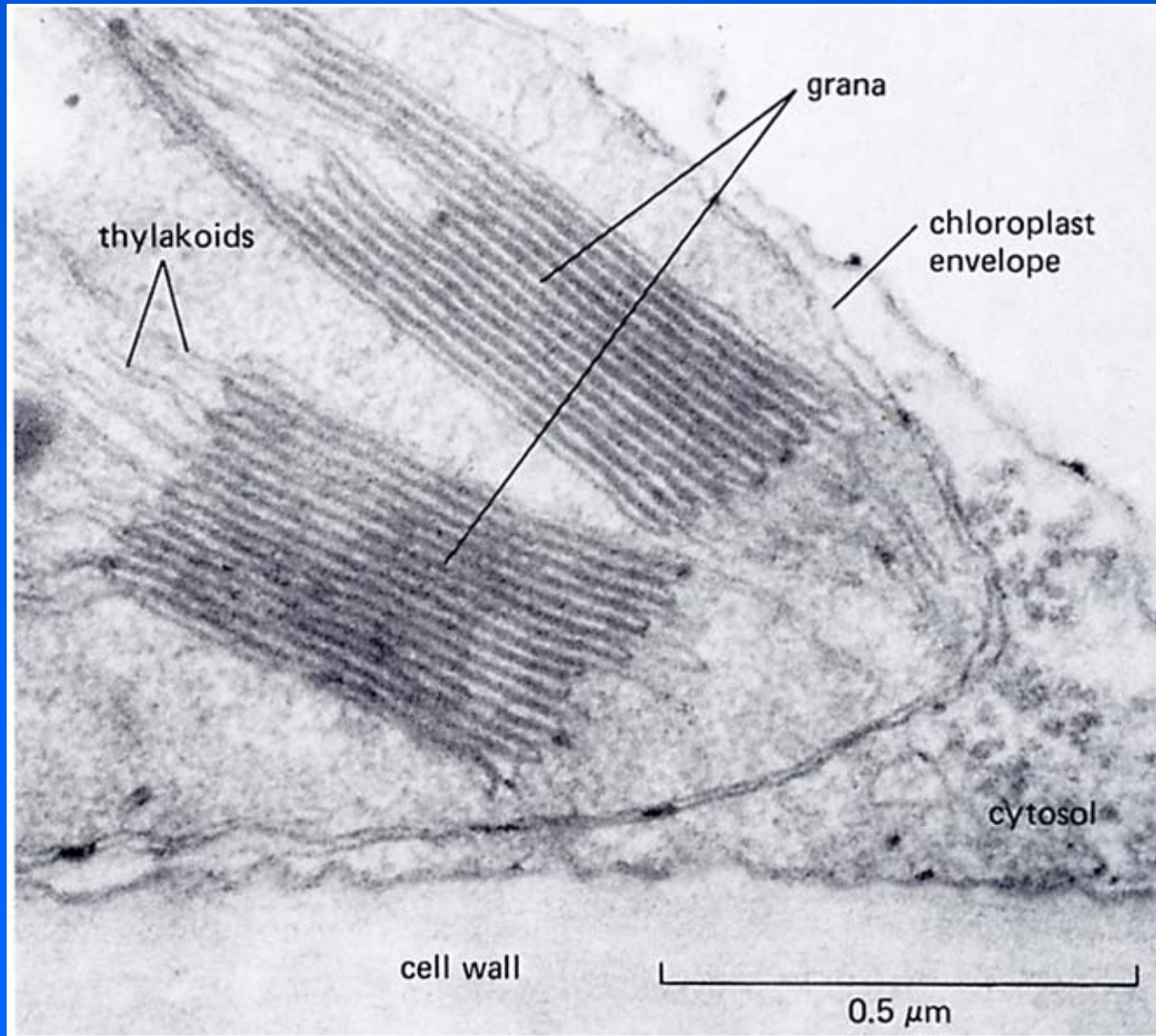
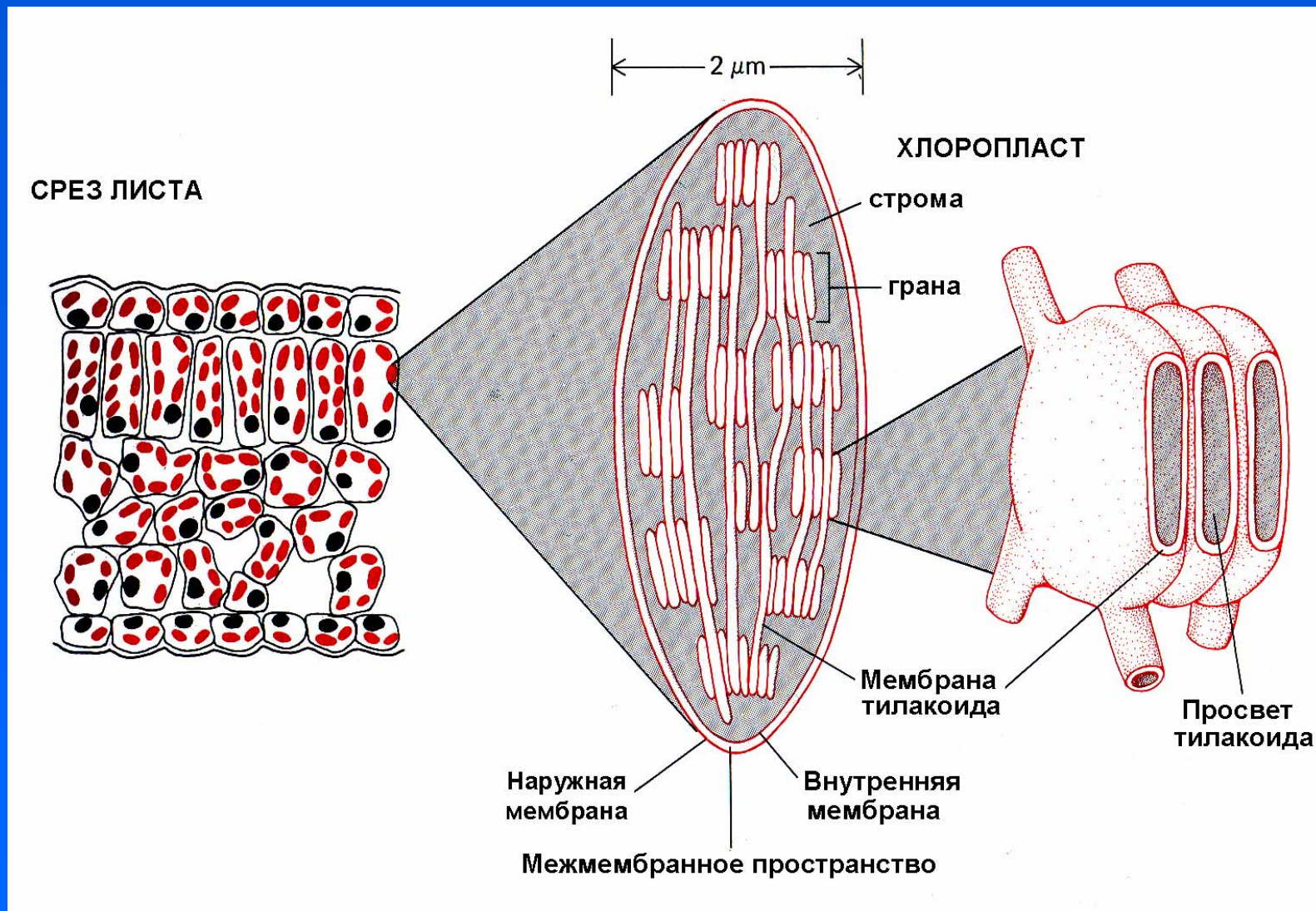


Схема организации хлоропласта



Компоненты хлоропласта

Наружная мембрана: гладкая; высокопроницаемая.

Внутренняя мембрана: гладкая (не образует крист); практически непроницаема для любых веществ, но содержит много трансмембранных белков-переносчиков.

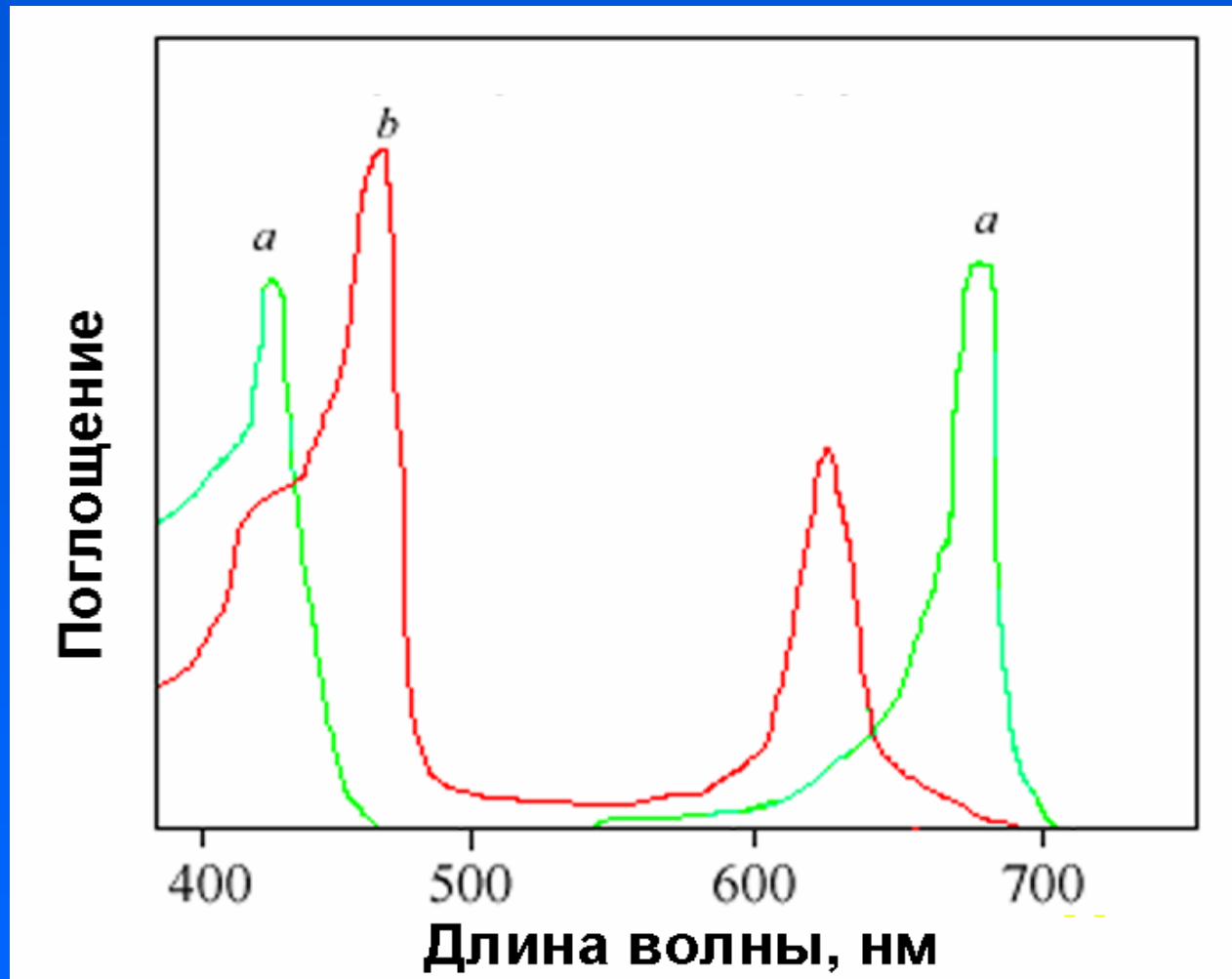
Строма – содержит нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК) и рибосомы хлоропласта; содержит большое количество метаболических ферментов; аккумулирует крахмал (амилоид). В ней происходит «темновой» этап фотосинтеза (фиксация CO_2)

Тилакоиды – система мембран, образующих стопки – граны; на свету заряжена (-200 мВ).

Граны содержат фотосистемы, цепь переноса электронов и систему синтеза АТФ

Матрикс тилакоида – имеет кислый pH.

Почему листья зеленые?



Спектры: а – хлорофилл а; b – хлорофилл б

Основы фотосинтеза

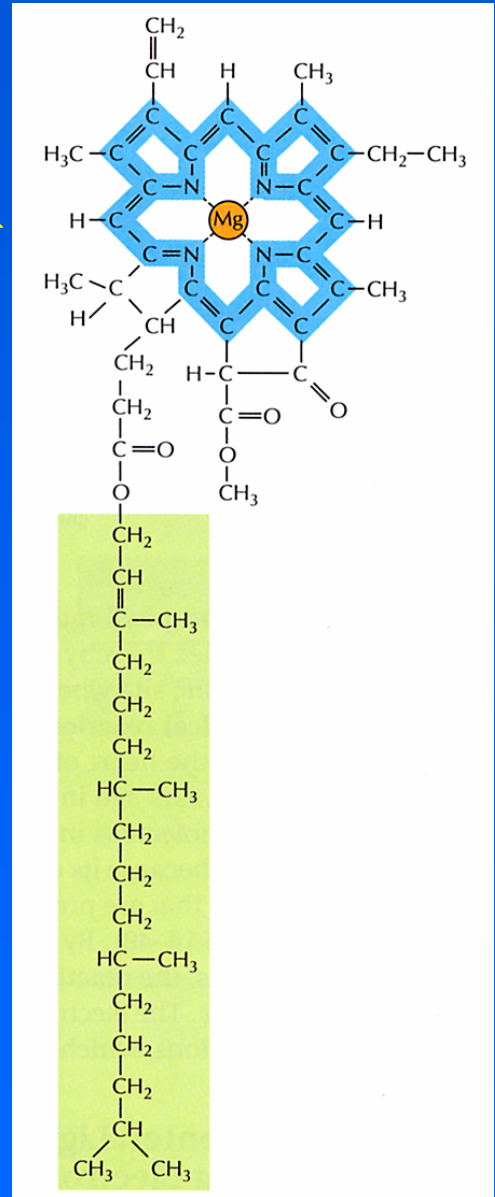
Молекула хлорофилла

Возможные преобразования энергии кванта света в молекулярном ансамбле:

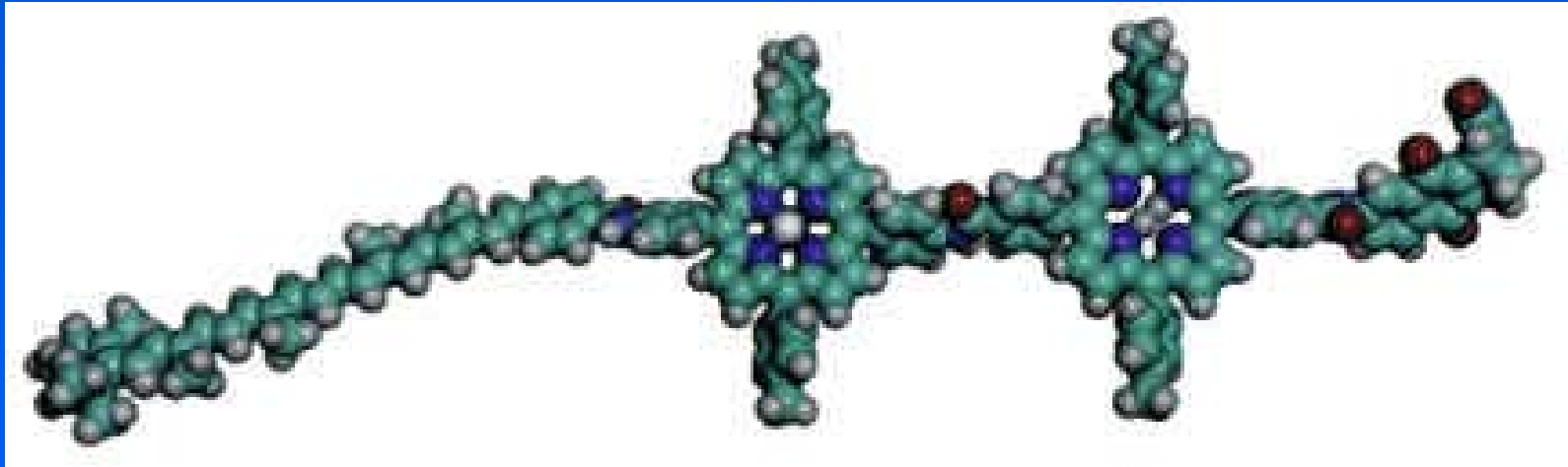
1. флуоресценция
2. резонансный перенос энергии
3. перенос электронов

Строение фотосистемы:

1. антенный комплекс – хлорофиллы (~400 молекул) + каротиноиды + белки
2. фотохимический реакционный центр (трансмембранный белок с двумя-тремя специальными молекулами хлорофилла)



Моделирование фотосинтеза



каротеноид

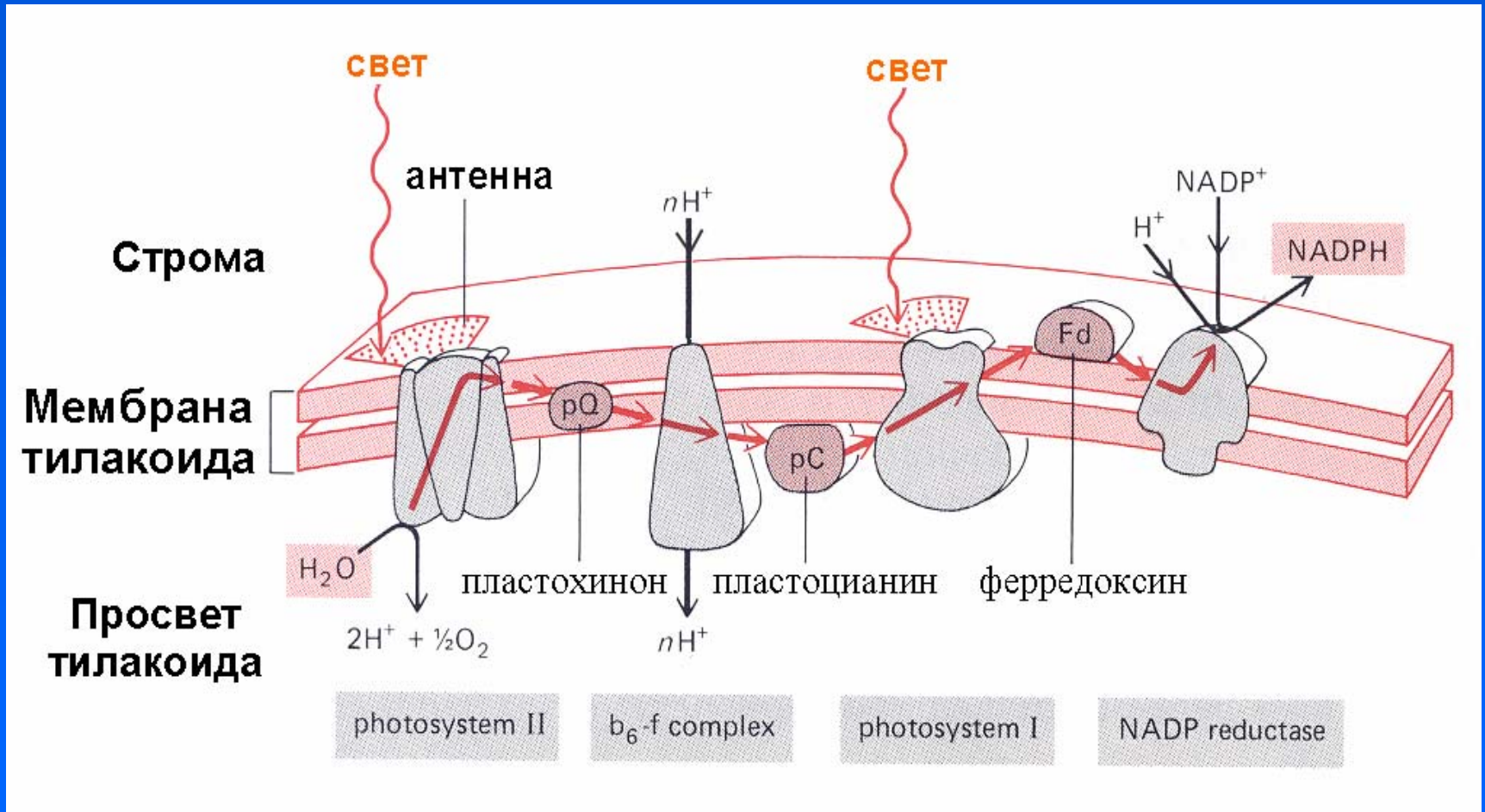
хлорофиллы

хинон

Искусственный фотосинтетический центр встраивается в липосому, и на свету с его помощью происходит разделение зарядов на мембране.

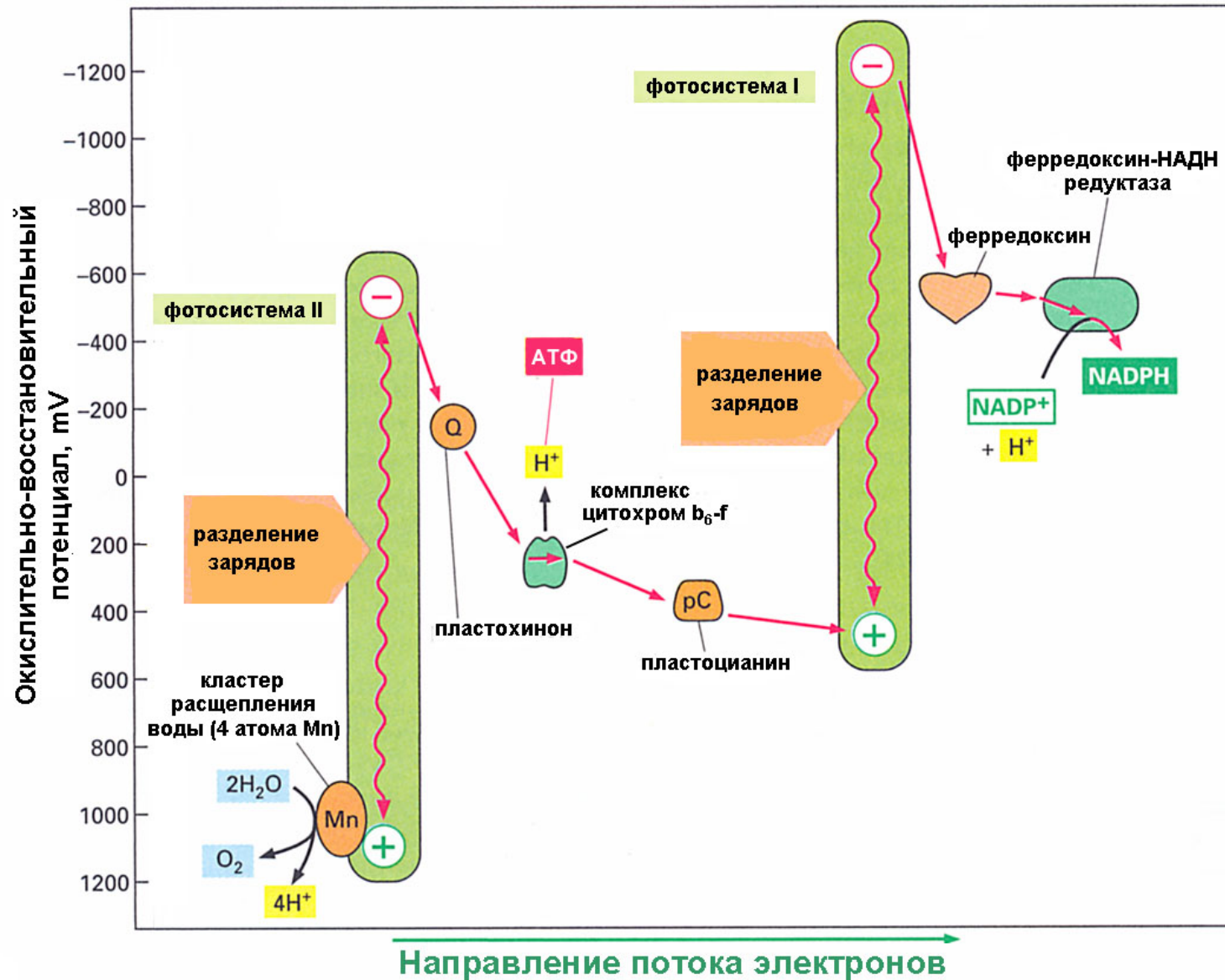
Время разделения элементарных зарядов (электрон-дырка) составляет 1 пс.

Перенос электронов в мембране хлоропласта

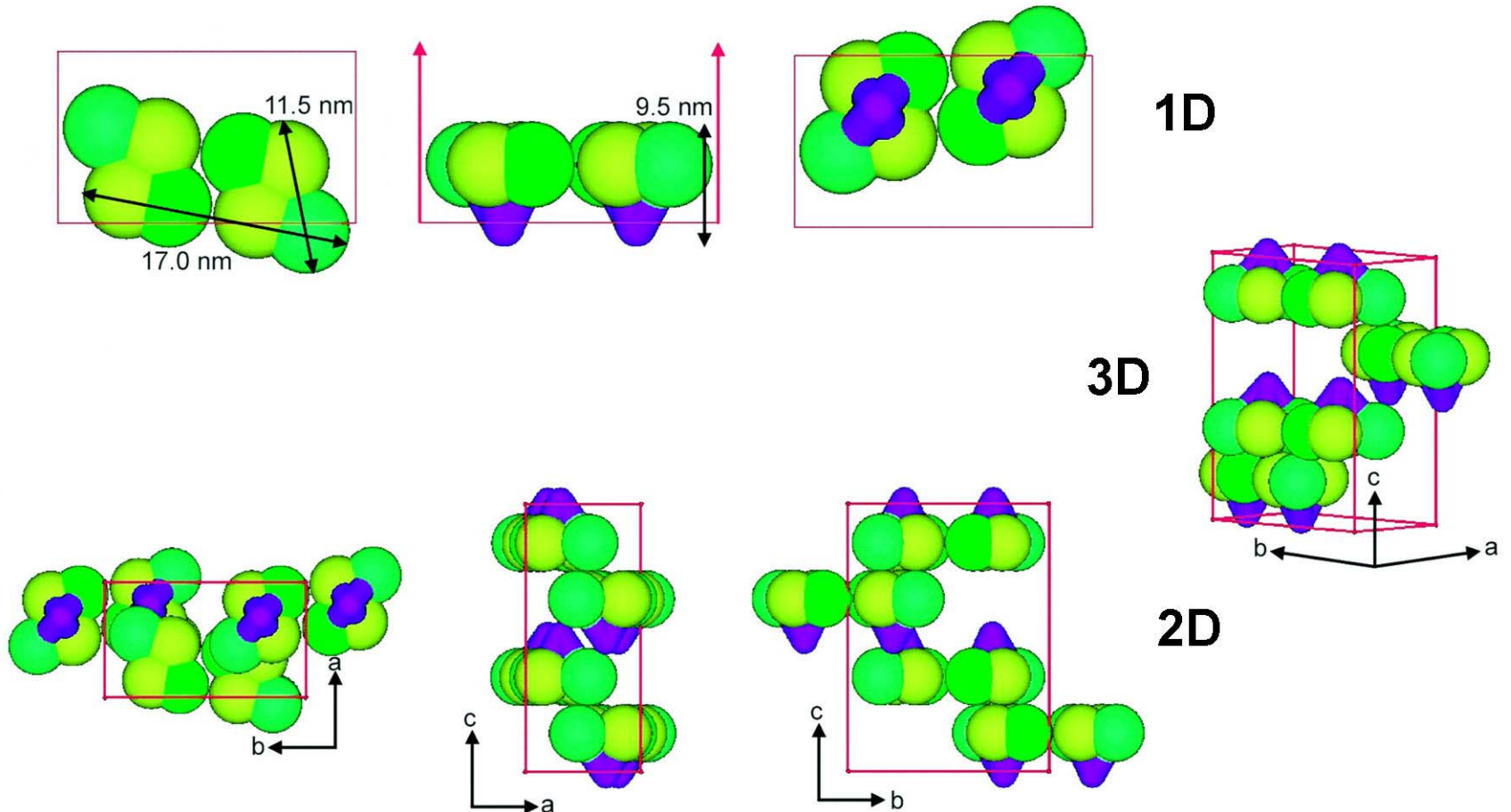


Перенос протонов поперек мембраны граны хлоропласта аналогичен переносу поперек внутренней мембраны в митохондриях. Источником энергии в хлоропласте являются две светособирающие антенны.

Световые реакции



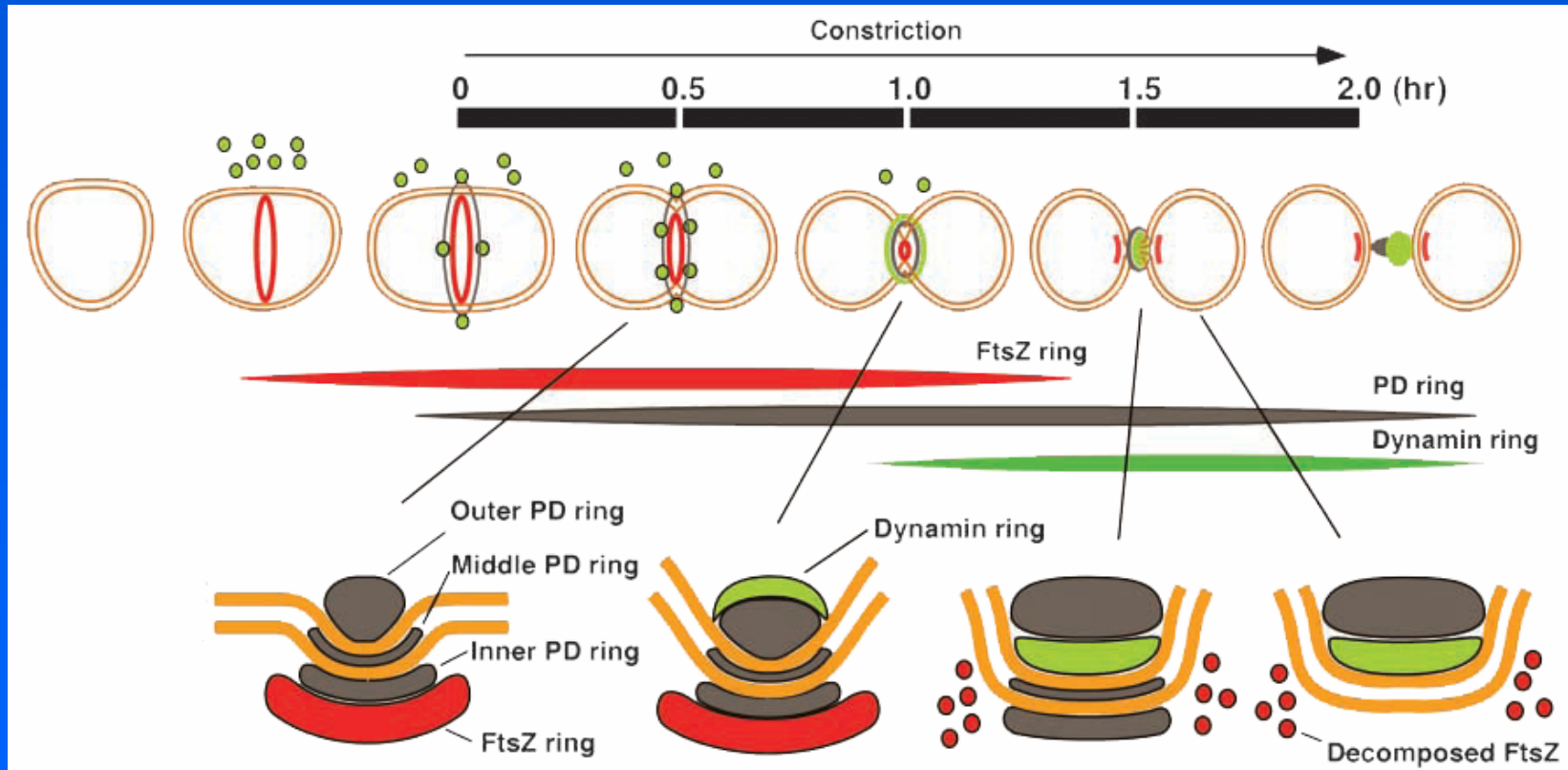
Выделенная фотосистема II



Одномерные, двумерные и трехмерная проекции.
Ось c указывает направление поперек мембраны.

Из: Kuhl, H. et al. J. Biol. Chem. 2000;275:20652-20659

Деление хлоропластов



Деление хлоропластов происходит медленно и регулируется несколькими группами белков – динамин, FtsZ (аналог прокариотического белка) и пластидные кольца.

Сравнение митохондрий и хлоропластов

Первичные источники энергии

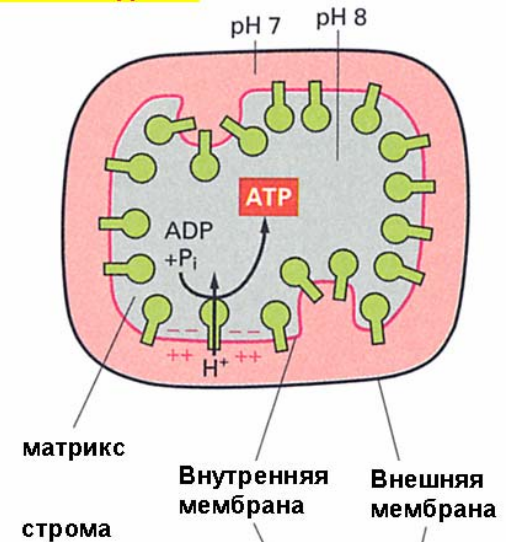
Цепь переноса электронов на мембране

Протонная помпа – синтез АТФ

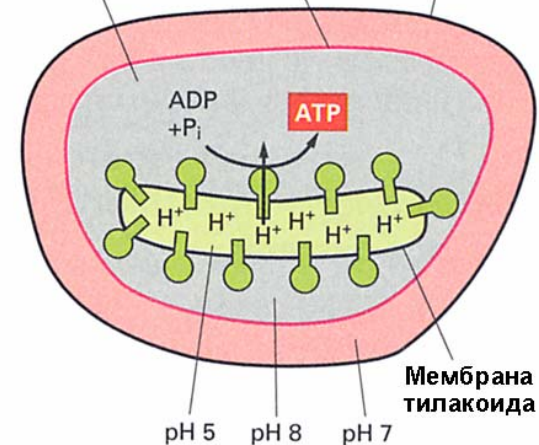
Две мембраны/три мембраны

Автономная система биосинтеза белка (ДНК, РНК, рибосомы)

МИТОХОНДРИЯ



ХЛОРОПЛАСТ



 = АТФ-синтетаза

Митохондриальная и хлоропластная ДНК

Митохондрии имеют в среднем 2-10 кольцевых молекул ДНК на одну митохондрию и 100-10000 молекул ДНК на клетку.

Наследование митохондрий: только по материнской линии у животных, растений и грибов. Механизмы: разбавление или исключение отцовских митохондрий на стадии оплодотворения.

У человека: длина – 15-17 тыс. пар оснований. Кодировывает 37 генов: 13 белков, 22 тРНК и 2 рРНК. У растений и грибов – размер молекулы больше, но генов столько же. Диапазон: 3-67 генов.

Хлоропласты – 120-200 тыс. пар оснований. ДНК содержит вставки и повторы. Кодировывает около 120 генов (50-200): тРНК, рРНК, часть рибосомных белков, некоторые белки фотосистемы 1-й и 2-й и компоненты АТФ-синтетазы.

У растений митохондриальная и хлоропластная ДНК часто обмениваются друг с другом.

Время репликации митохондриальной и хлоропластной ДНК не связано с клеточным циклом.

Митохондрии и хлоропласты как полуавтономные органеллы

Митохондрия: кольцевые молекулы ДНК имеют собственный генетический код.

Хлоропласт: кольцевые молекулы ДНК, используется ядерный генетический код, но РНК сильно трансформируется (аномальный процессинг).

Рибосомы органелл: в митохондриях 55S (меньше бактериальных); в хлоропластах – 70S (гомологичны бактериальным)

АТФ-азы хлоропластов и митохондрий практически идентичны.

Электрон-транспортные системы сходны.

Происхождение органелл – симбиотическая гипотеза (слияние клеток и последующая редукция генома с переносом части генов в ядро). Митохондрии – из археобактерий (типа риккетсий) – около 1,5 млрд. лет, хлоропласты (основная масса) – из цианобактерий между 1,2 и 1,5 млрд. лет.

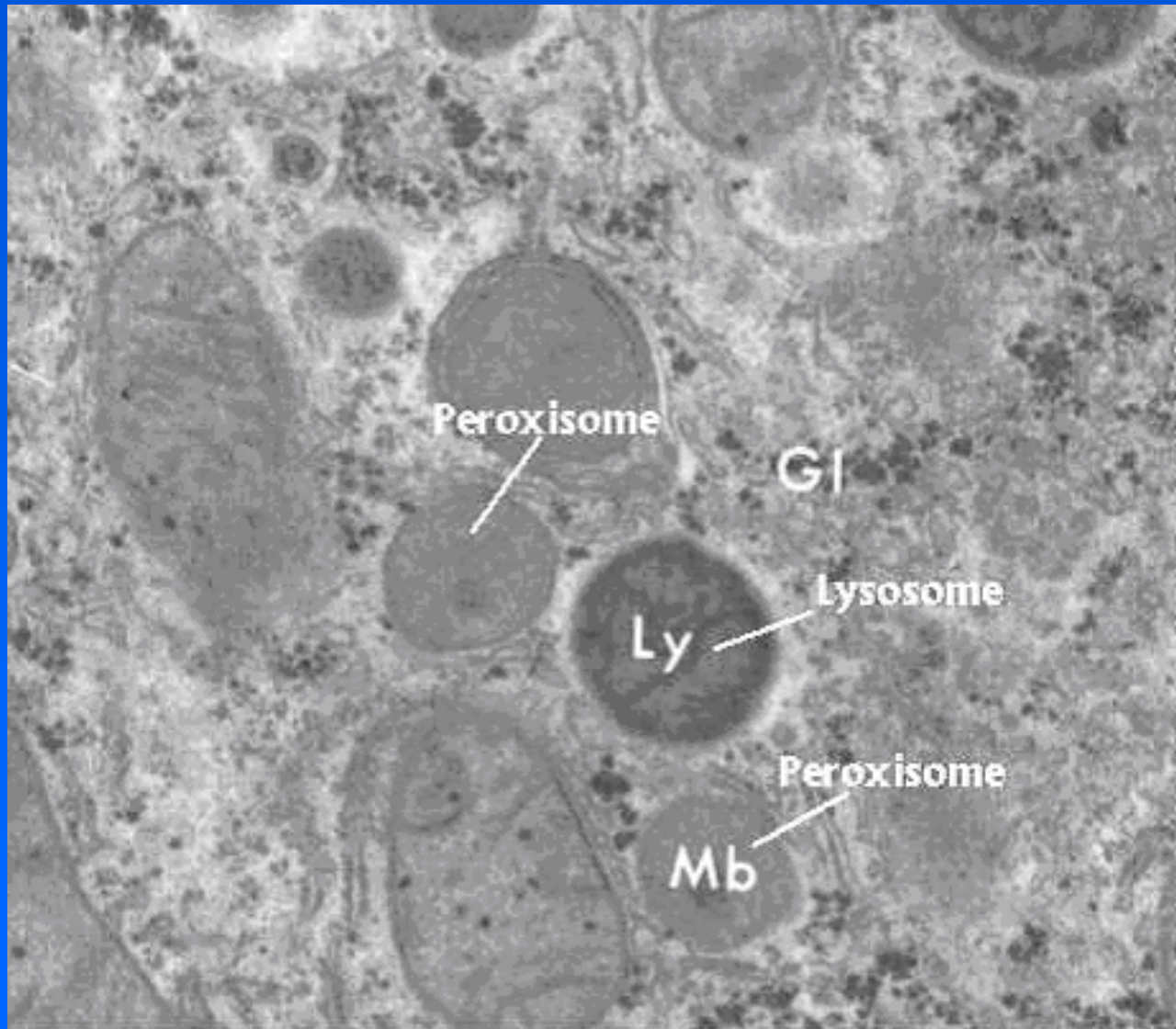
Митохондрии и хлоропласты как полуавтономные органеллы (II)

Митохондрия: может функционировать без собственной ДНК, однако эффективность дыхания резко снижается. Нарушение транспорта белков в митохондрии приводит к снижению эффективности их работы.

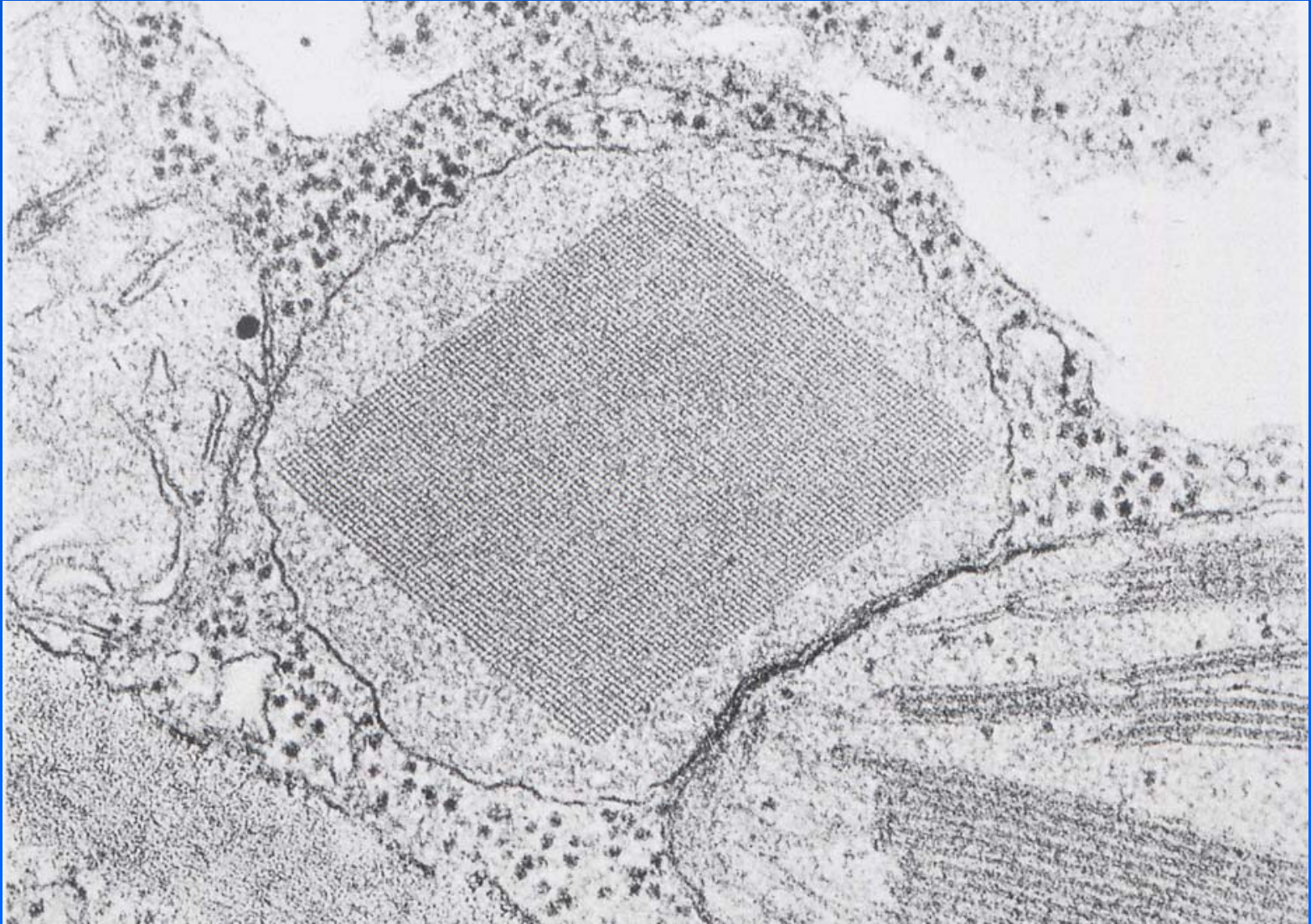
У человека ряд наследственных заболеваний (встречаются крайне редко и передаются только по женской линии) связан с мутациями в белках, кодируемых митохондриальной ДНК.

Хлоропласт: не может функционировать без собственной ДНК. Транспорт белков в хлоропласты обеспечивается избыточной системой шаперон-подобных белков. Его нарушение приводит к резкому снижению эффективности фотосинтеза.

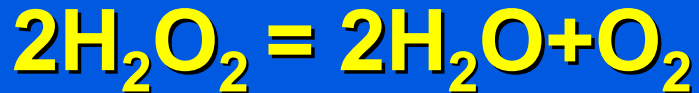
Пероксисомы в животной клетке



Пероксисома в растительной клетке



Пероксисомы



Ферменты:

Каталаза

Уратоксидаза

Оксидазы аминокислот

Функции:

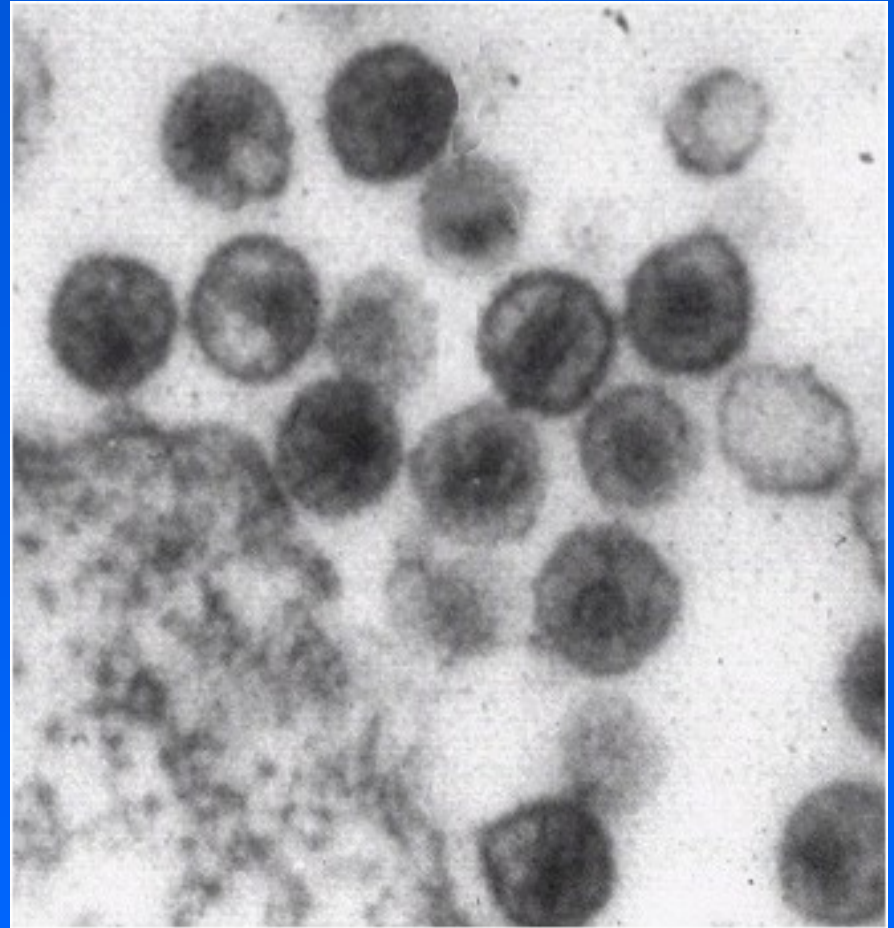
β -Окисление жирных кислот

Детоксикация

Фотодыхание

Формирование:

непосредственно от ЭПР; имеют собственные сигналы локализации для белков и машину импорта (пероксины)



Компартментализация цитоплазмы (мембранные отсеки) эукариот

Ядро – имеет поры.

Эндоплазматическая сеть.

Аппарат Гольджи (несколько отсеков).

Лизосомы (вакуоли растений).

Транспортные везикулы (эндоцитозные и экзоцитозные).

Пероксисомы.

Митохондрии (хлоропласты) – две (три) мембраны, вложенные друг в друга.

Соотношение объемов органелл в гепатоците

Компартмент	Процент от общего объема клетки
Цитозоль	54
Ядро	6
Гранулярный и гладкий ЭПР	10
Митохондрии	22
Аппарат Гольджи	5
Пероксисомы	1
Лизосомы	1

Соотношение мембран в клетке

	Гепатоцит	Экзокринная клетка
Плазматическая мембрана	2	5
Гранулярный ЭПР	35	60
Гладкий ЭПР	16	<1
Аппарат Гольджи	7	10
Митохондрии, внешняя мембрана	7	4
Митохондрии, внутренняя мембрана	32	17
Ядро	0.2	0.7
Секреторные пузырьки	<0.1	3
Лизосомы и пероксисомы	0.8	<0.1

Компоненты цитоскелета

Цитоскелет – специфические фибриллярные структуры в цитоплазме клеток эукариот.

Актин и микрофиламенты (толщина 5-7 нм) – эволюционно консервативны.

Актин-связывающие белки; миозины.

Тубулин и микротрубочки (диаметр 24 нм) – эволюционно консервативны.

Гамма-тубулин; кинезины и динеин.

Промежуточные филаменты (10-11 нм) – эволюционно лабильны, тканеспецифичны у позвоночных.

Расположение МТ и актина

