



**Структура и функции
растительной клетки**

Брейгина Мария Александровна

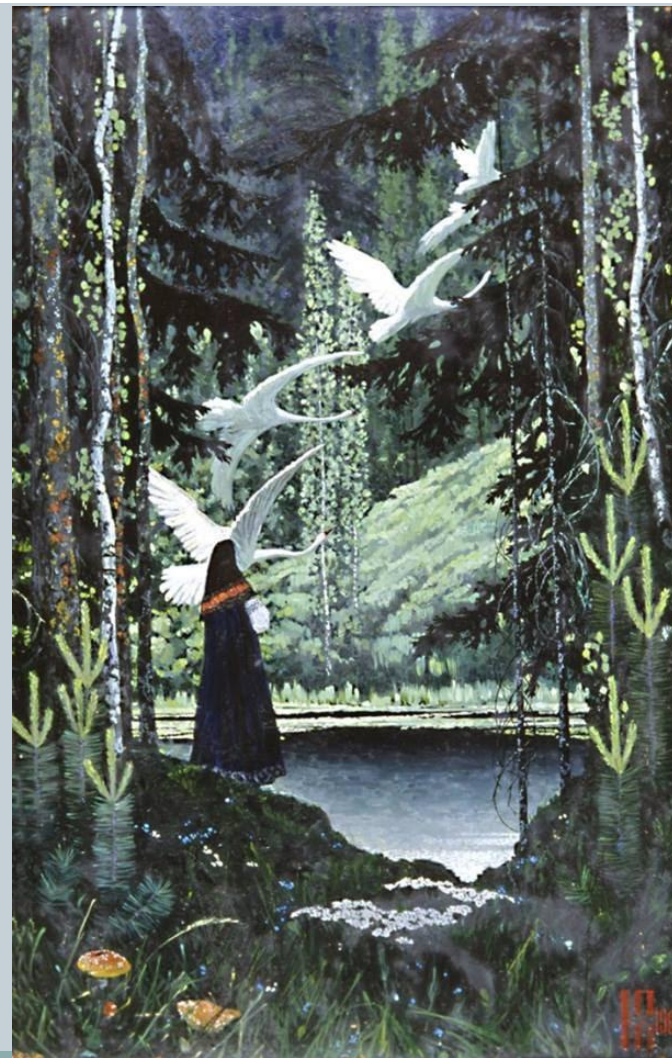
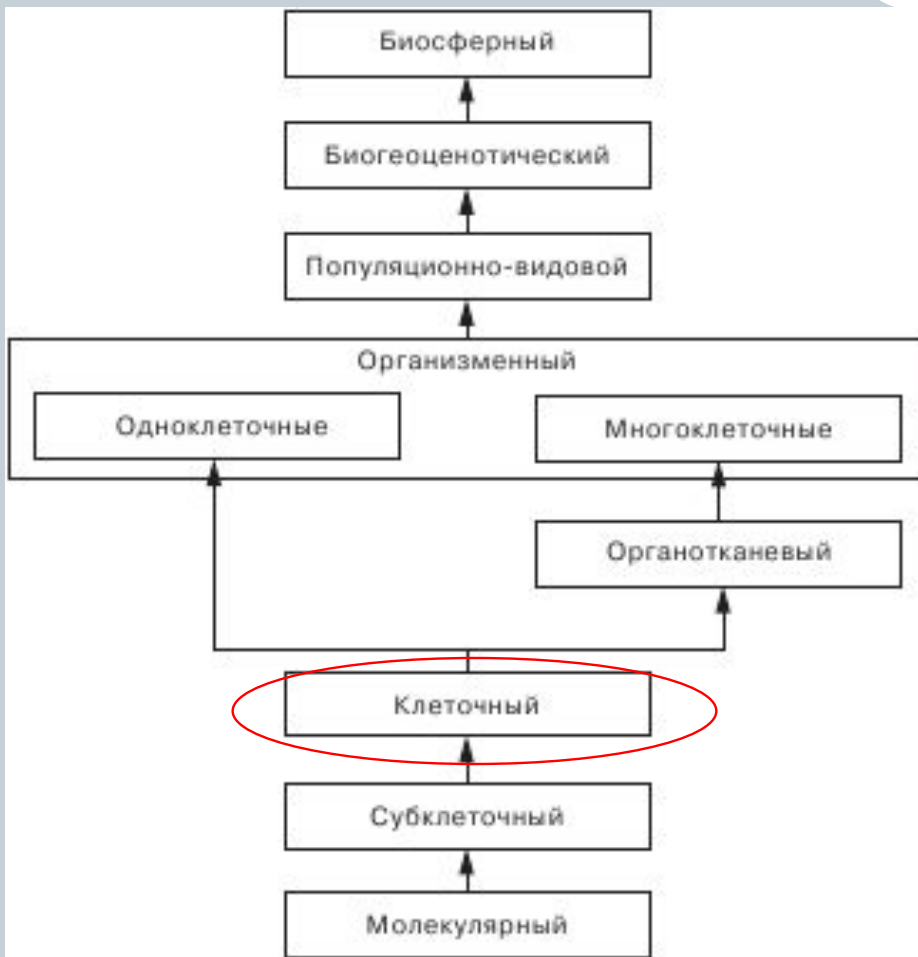
Учебника по этому курсу нет, но стоит почитать...



- «**Физиология растений**» под ред. И.П.Ермакова. М.: «Академия», 2005. Написан коллективом кафедры.
- Албертс Б., Брей Д. и др. **Молекулярная биология клетки**. Т. 3, Особенности растительных клеток. с. 382-440.
- С.С. Медведев «**Физиология растений**». Изд-во С.-Петербургского университета. 2004.
- Ганс-Вальтер Хелдт **Биохимия растений**. Изд-во Бином (переведен на кафедре)
- **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**, B.Buchanan, W.Gruissem, R.Jones, Eds. 2000, American Society of Plant Physiologists
- <http://www.aspb.org/>



Уровни организации живого



Клетка - структурная и функциональная единица живого (суть клеточной теории)



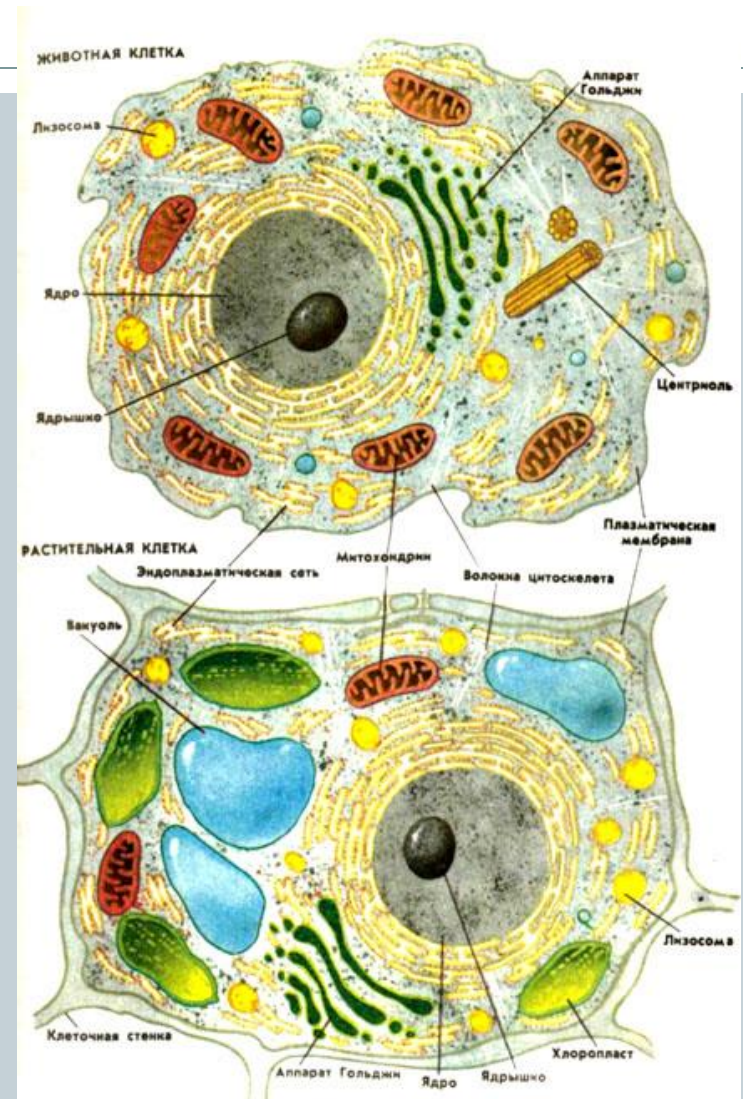
Свойства живого, проявляющиеся на клеточном уровне:

- Способность к **самовоспроизведению**,
- Способность к **обмену веществ**, или метаболизму
- Раздражимость** - способность воспринимать сигналы внешнего мира и давать на них адекватный ответ
- Клетка – **открытая система**, т.е. она обменивается с окружающей средой веществом, энергией и информацией.

Различия в образе жизни и типе питания отражаются в строении клеток



Растения неподвижны, а значит, им нужна механическая опора, защита от нападения, широкий спектр адаптационных механизмов и быстрый рост.



Различия в образе жизни и типе питания отражаются в строении клеток

Задача

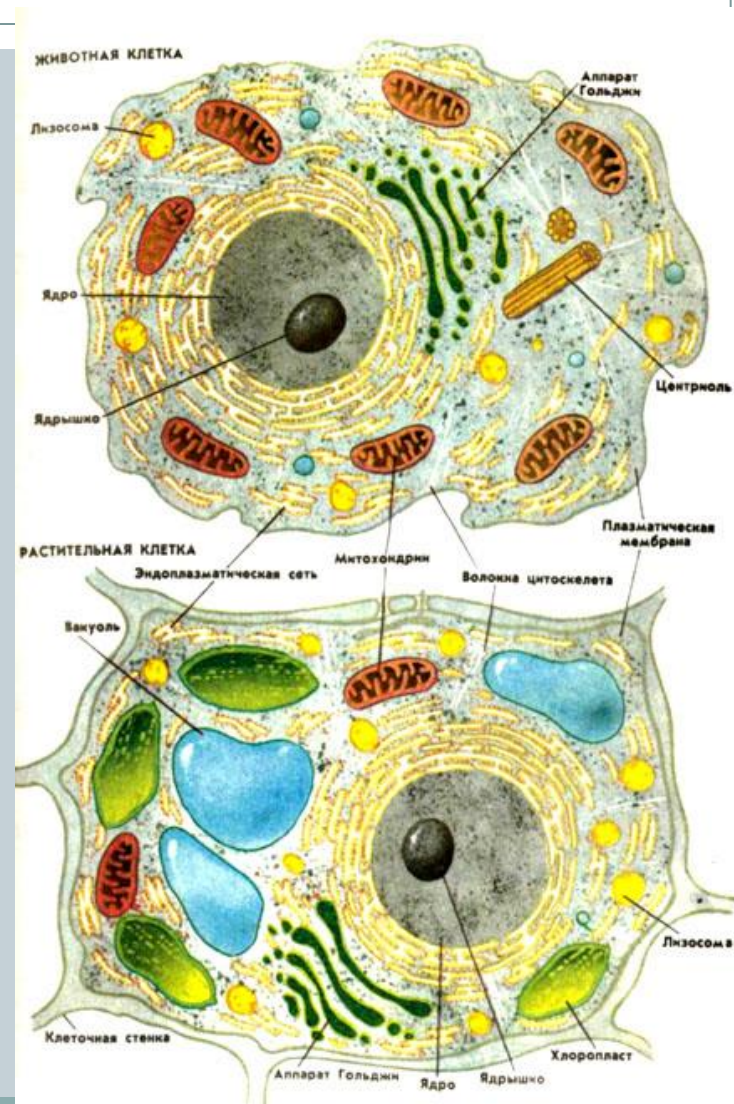
- Механическая опора
- Защита от нападения
- Широкий спектр адаптационных механизмов
- Быстрый рост

Решение

- Клеточные стенки, специализированные механические ткани
- Синтез и накопление ядовитых веществ, в вакуолях
- Пластичность метаболизма, «обходные пути»
- Триединство генома
- Фоторецепция и гормональная система
- Рост растяжением и апикальный рост

Основные структурные отличия растительной клетки от животной

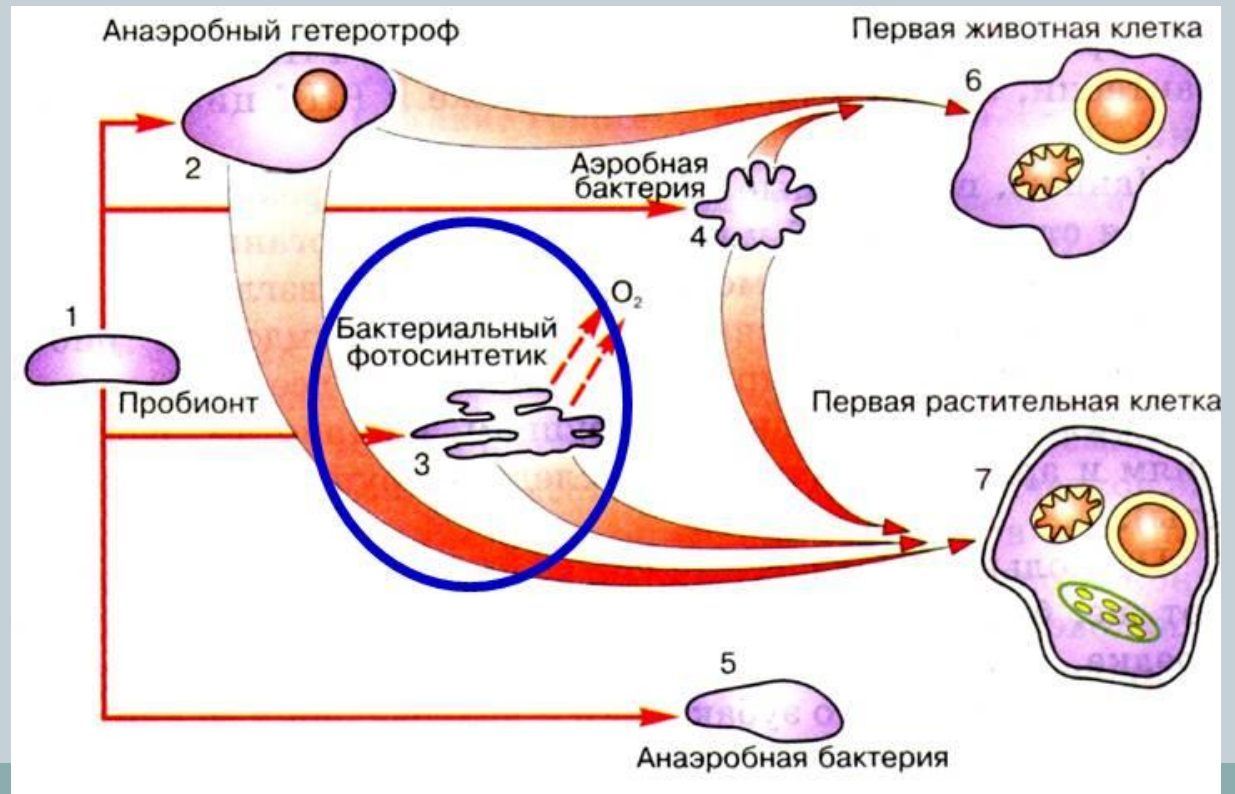
- Клеточная стенка
- Большая центральная вакуоль
- Пластиды
- Плазмодесмы
- Отсутствие центриолей



В растительной клетке функционируют 3 генома

- Ядерный
- Митохондриальный
- Пластидный

Как им там
втроем?



Ядерный геном растений может сильно различаться по величине



Arabidopsis thaliana
 $2n=10$
115 million base pairs

Allium cepa
 $2n=16$
15300 million base pairs



Различия за счет повторов. Количество генов у Арабидопсиса и у Лука практически одинаковое.



Intercalary tandem repeats



Centromere associated tandem repeat



Telomeric and sub-telomeric repeats



Dispersed tandem repeats

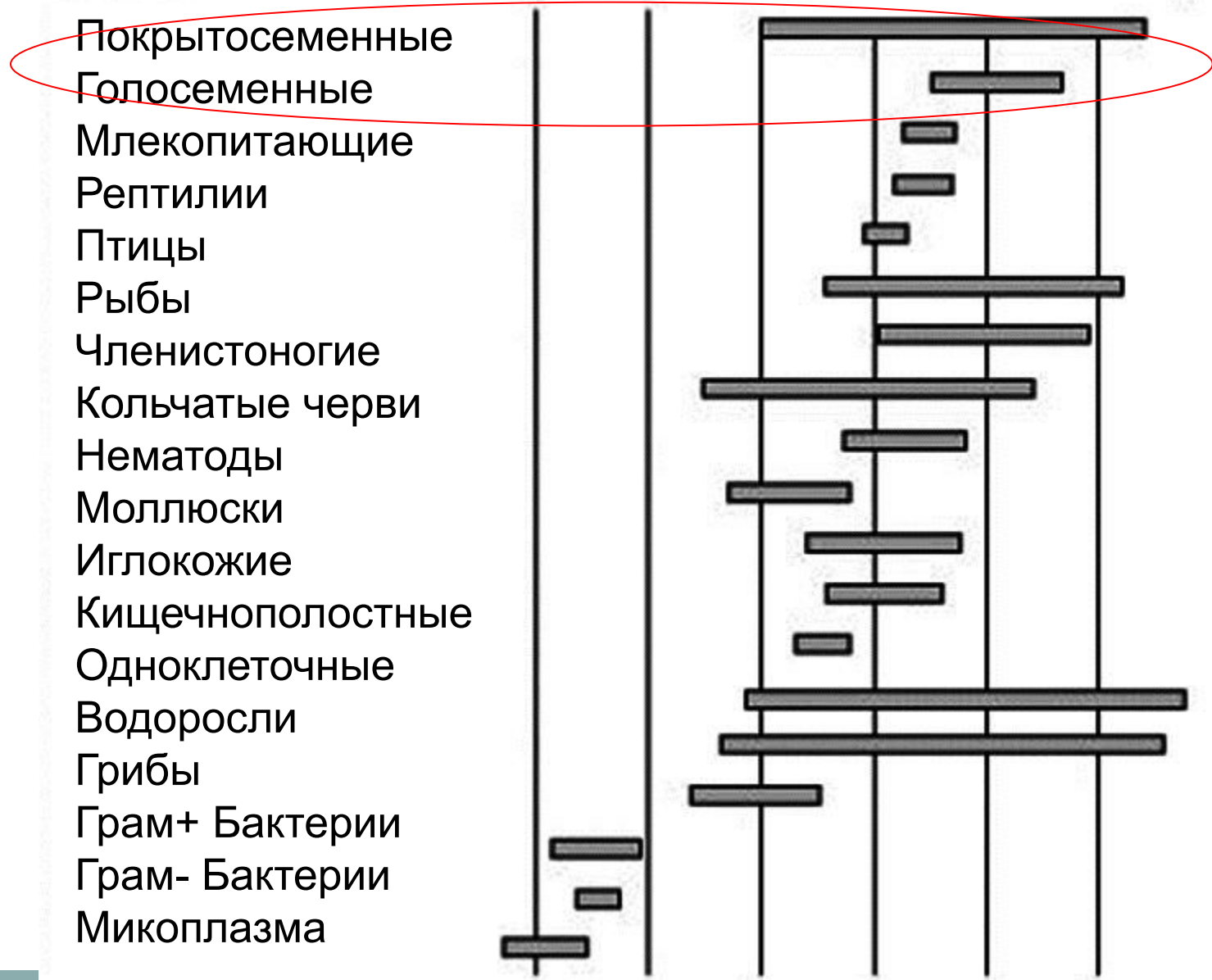


Dispersed Ty-1-copia-like retroelements
LTR and microsatellites



Single and low-copy sequences
Including genes

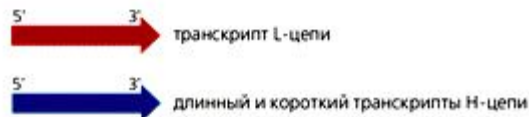
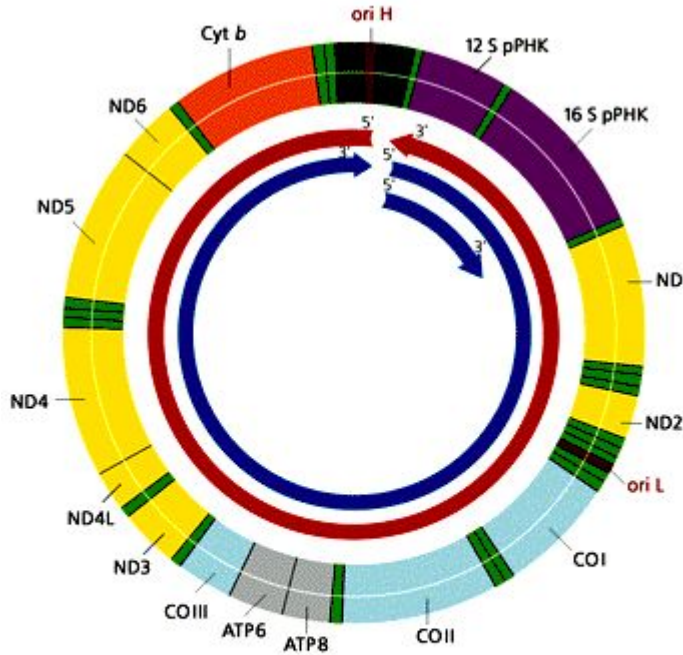
10^6 10^7 10^8 10^9 10^{10} 10^{11} bp



Митохондриальный геном растений



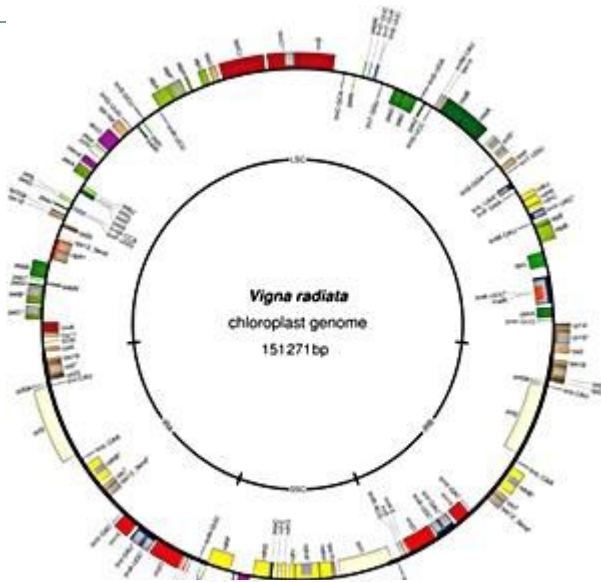
- упрощенный геном бактерий
- кольцевая
- от 200 до 2000 кб
- частые рекомбинации
- структура нестабильная
- наследуется по материнской линии
- гены эволюционируют очень медленно



Геном митохондрий растений значительно больше генома животных митохондрий. Например, у арабидопсиса в 20 раз больше, чем у человека. В нем также гораздо больше генов - примерно в 7 раз больше, чем в митохондриях человека.

Размер митохондриального генома растений сильно варьирует, даже внутри одного семейства иногда в 5-10 раз, естественно, за счет повторов.

Пластидный геном



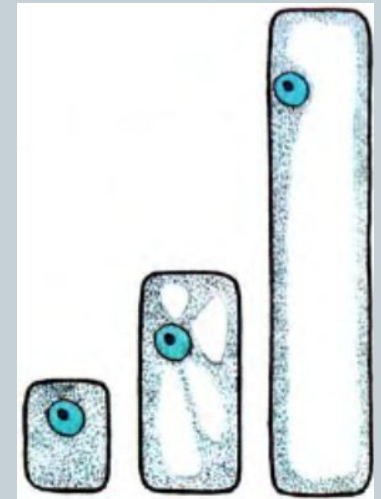
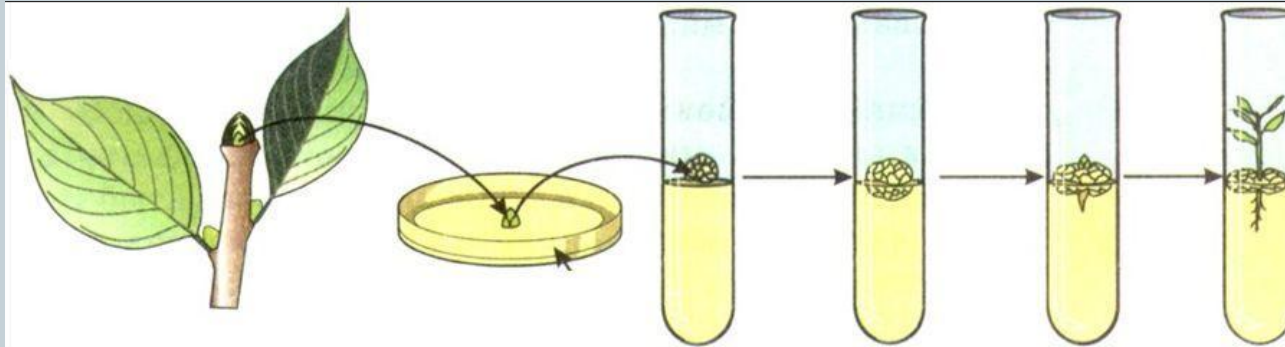
- упрощенный геном цианобактерий
- кольцевая
- от 130 до 160 кб
- стабильная структура
- эволюционирует очень медленно
- наследуется только по материнской линии, рекомбинации очень редки

У разных растений, за редким исключением, структура генома примерно одинакова. Она состоит из большого и малого однокопийных участков, разделенных инвертированными повторами, которые содержат гены хлоропластных рРНК.

Особенности растительной клетки как динамичной системы



- Рост растяжением (быстрый и «дешевый» рост)
- Тотипотентность («каждая может стать всеми»)

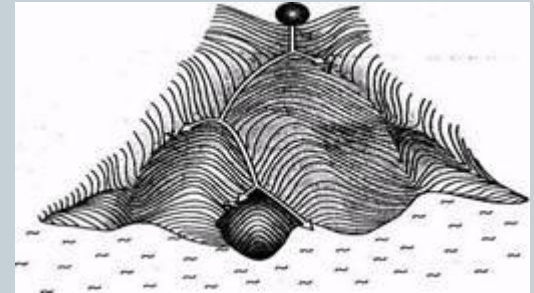


- Механические свойства и состав:
сопротивление окружающей среде

Тотипотентность



- Каждая живая растительная клетка (кроме клеток ситовидных трубок, не имеющих ядер) потенциально может дать начало целому растительному организму. Это свойство называется тотипотентностью. Пример из природы – раневая меристема.
- На практике, чтобы добиться этого, клетку необходимо обрабатывать различными факторами, в первую очередь – фитогормонами, которые «перепрограммируют» ее, т.е. запустят процесс дедифференцировки.



А что на практике?

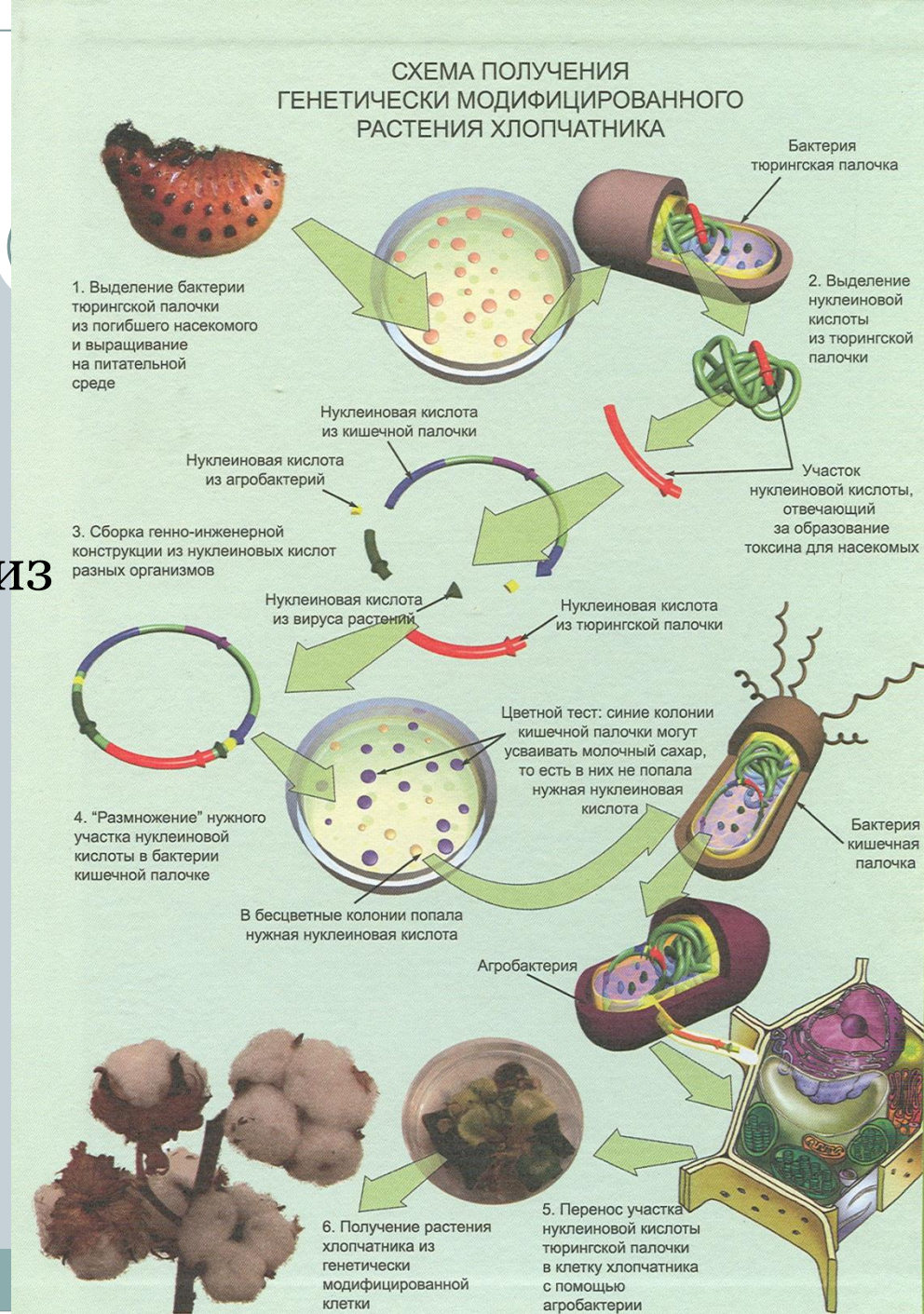


- Свойство тотипотентности широко используется в биотехнологии для выращивания биомассы и *клонального микроразмножения*. По желанию можно получить как определенную ткань (гистогенез) или орган (органогенез), так и целое растение (эмбриоидогенез).
- Клональное микроразмножение – быстрый способ получить необходимое количество особей из соматических зародышей – эмбриоидов.



А что на практике?

- За счет пластичности генома клетки растений легко трансформировать
- За счет тотипотентности из трансформированных клеток можно легко получать эмбриониды, а затем взрослые ГМО-растения
- «Легко» - понятие относительное



Что обеспечивает эти особенности?



- **Быстрый рост** обеспечивает центральная вакуоль: вода – «дешевый объем», а ионы – «дешевые осмотики». Увеличение объема вакуоли занимает очень мало времени.
- Укладка полимеров клеточной стенки задает **направление и контролирует скорость роста**. Как синтезируются микрофибриллы целлюлозы? Насколько прочно связаны они между собой? Здесь ключевую роль играют белки стенки, в том числе Ca-зависимые, а также АФК.
- **Тотипотентность** обеспечивается пластичностью растительного метаболизма. Гормональный сигнал на «переключение программы» может снова запустить клеточный цикл, когда он уже остановился.
- Для растений характерно наличие меристем, которые делятся всю жизнь, обеспечивая неограниченный рост. Часть клеток остается недифференцированными. Раневые меристемы образуются *de novo* в месте повреждения.

Биохимические особенности растительной клетки



- Фотосинтез (*независимость!*)
- Включение в органические вещества элементов, полученных из почвы (*независимость!*)
- Биосинтез незаменимых аминокислот (*независимость!*)
- **Вторичный метаболизм (*разнообразие!*)**
- Альтернативное (цианидрезистентное) дыхание (*пластичность!*)
- Много альтернативных биохимических путей или шунтов (*пластичность!*)
- Множество терминальных оксидаз и систем контроля редокс-статуса клетки (*пластичность!*)

А что на практике?

Кофе



Хлорогеновая кислота

O=C(O)C=Cc1ccc(O)c(O)c1

Гвоздика



Кавикол
R = H

Эвгенол
R = OCH₃

C=CC=Cc1ccc(O)c(R)c1

Корица



Коричный альдегид

O=CC=Cc1ccccc1

Мускатный орех



Сафрол
R = H


Миристицин
R = OCH₃

C=CC=Cc1ccc2c(c1)OCO2


Резвератрол - стильбен, находящийся в красном винограде и вине, обладает противоопухолевым действием

Oc1ccc(C=Cc2ccc(O)c(O)c2)cc1


Имбирь



Гингеролы

CCCC(O)C(=O)Cc1ccc(O)c(OC)c1


Орхидея



Фенилэтанол

CCOc1ccccc1

Красный и черный перец



Нордигидрокапсаин

CC(C)C(=O)NCCc1ccc(O)c(OC)c1


Капсаин

CCCCC(=O)NCCc1ccc(O)c(OC)c1

Пиперин

C1CCN(CC1)C(=O)C=CC=Cc2ccc3c(c2)OCO3


Ваниль



Ванилин

COc1ccc(O)c(C=O)c1

Зеленый чай



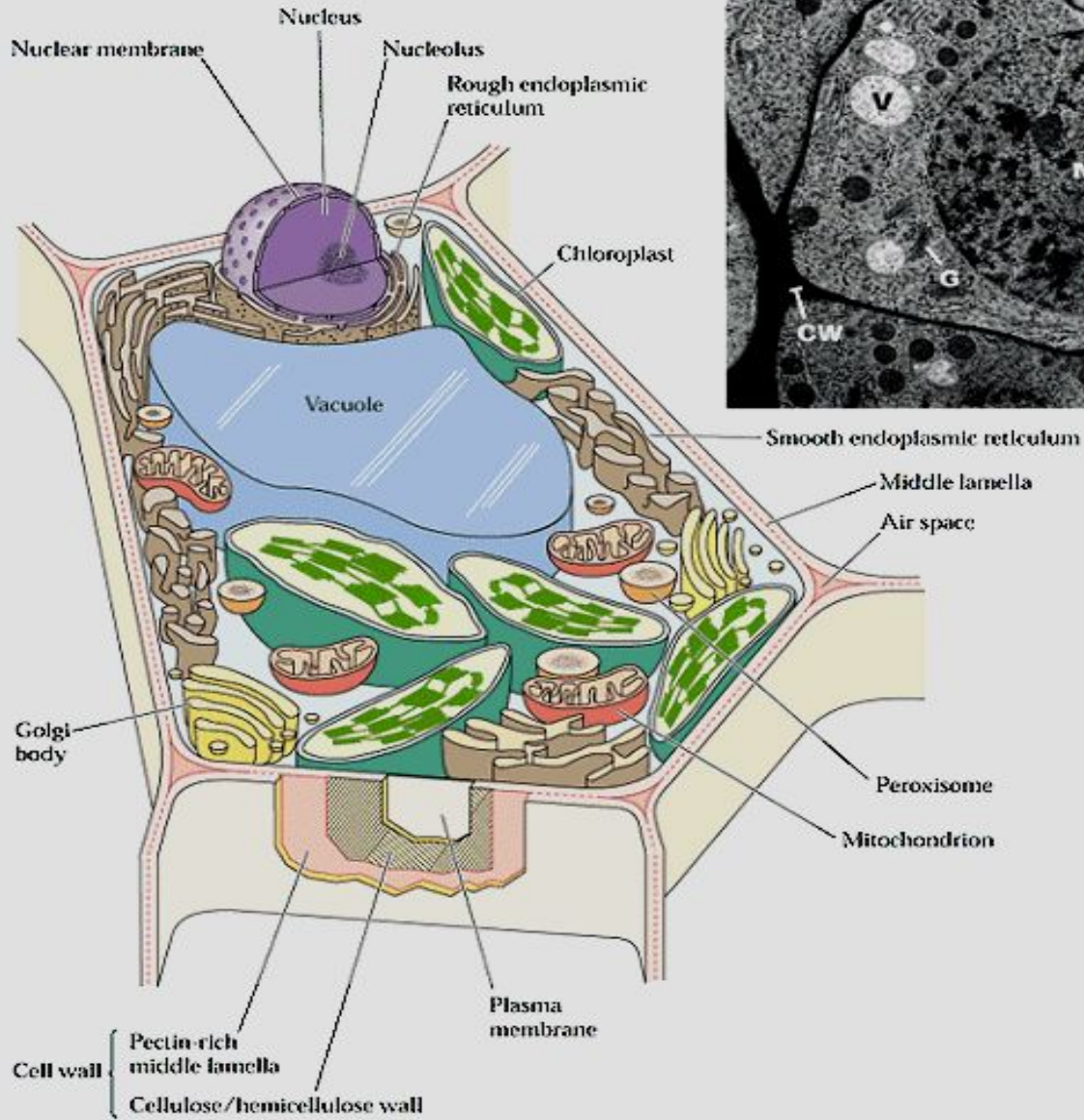
(-)-эпикатехин
R = H

(-)-эпигаллокатехин
R = OH

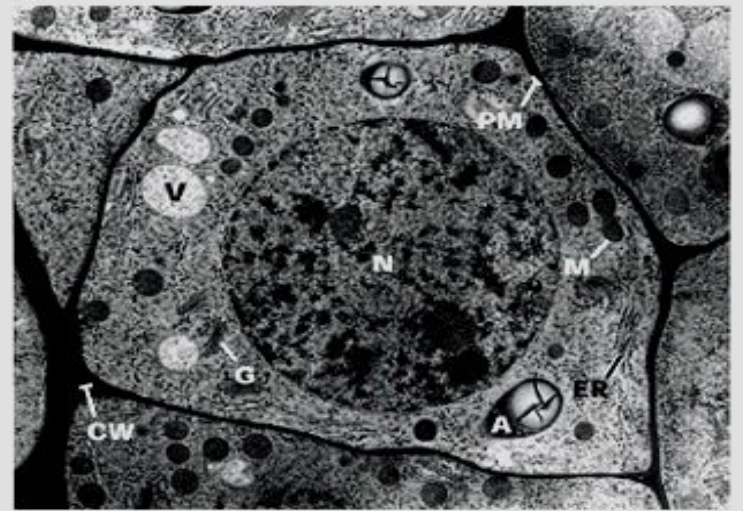
Oc1ccc2c(c1)O[C@@H](C(=O)Oc3cc(O)c(O)c(R)c3)[C@H](O)C2

Элементы структуры растительной клетки

(A) Mesophyll



(B)



I. Из чего состоит клетка

- Клеточная стенка и ее роль в морфогенезе и росте
- Ядро и геном
- Эндомембранная система и секреторный путь
- Пластидная система
- Растительные митохондрии и их роль в «апоптозе»
- Цитоскелет и его роль в росте и делении клетки

*Семинар по актуальной литературе.
Промежуточный зачет.*

- Клеточный цикл и рост растяжением

II. Особые клетки и особые задачи

- Полярность: зигота фукуса, пыльцевое зерно
- Полярный рост: корневой волосок, пыльцевая трубка
- Клеточное движение: замыкающие клетки устьиц

*Семинар по актуальной литературе.
Итоговый зачет.*

Группа физиологии мужского гаметофита



Проф. Ермаков И.П.

Никита Максимов,
аспирант

Катя Клименко, н.с.



Настя, студент магистратуры

Группа в контакте: <http://vk.com/club83308044>

- **Предмет исследования:** механизмы, контролирующие прорастание и полярный рост
- **Аспекты:** ионный транспорт, мембранный потенциал, активные формы кислорода, движение органоидов



Periplasmic multilamellar membranous structures in *Nicotiana tabacum* L. pollen grains treated with Ni²⁺ or Cu²⁺

Svetlana Polevova • Maria Breygina •
Natalie Matveyeva • Igor Yermakov



Reactive oxygen species are involved in regulation of pollen wall cytomechanics

A. V. Smirnova, N. P. Matveyeva & I. P. Yermakov
Department of Plant Physiology, School of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia



CSIRO PUBLISHING

Functional Plant Biology

<https://doi.org/10.1071/FP17033>

Effects of Ni²⁺ and Cu²⁺ on K⁺ and H⁺ currents in lily pollen protoplasts

Maria Breygina^{A,B,C,*}, Denis V. Abramochkin^{A,B,*}, Nikita Maksimov^A and Igor Yermakov^A

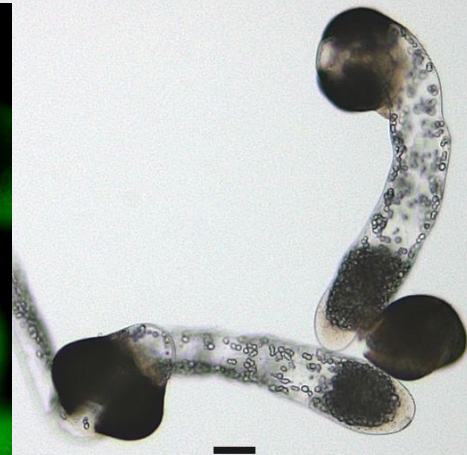
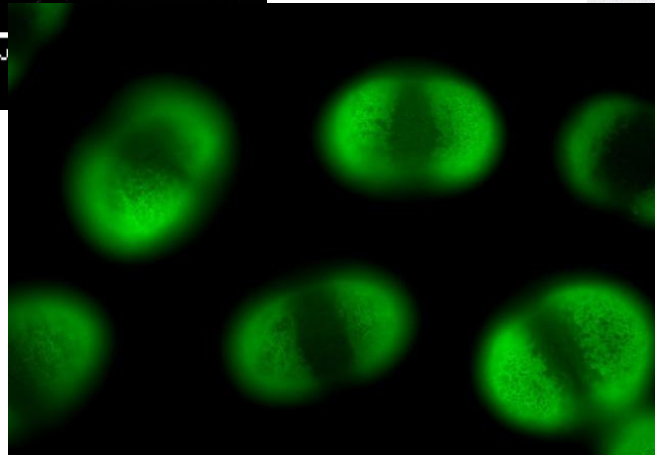
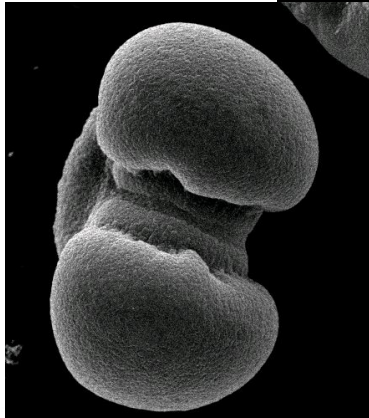
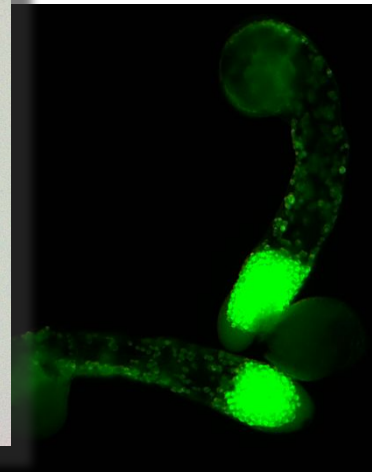
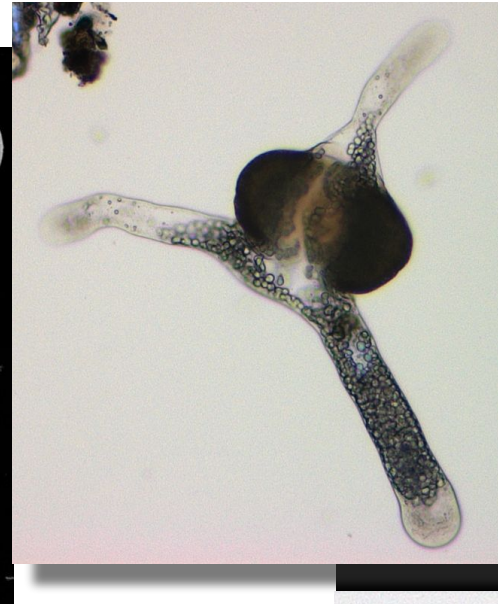
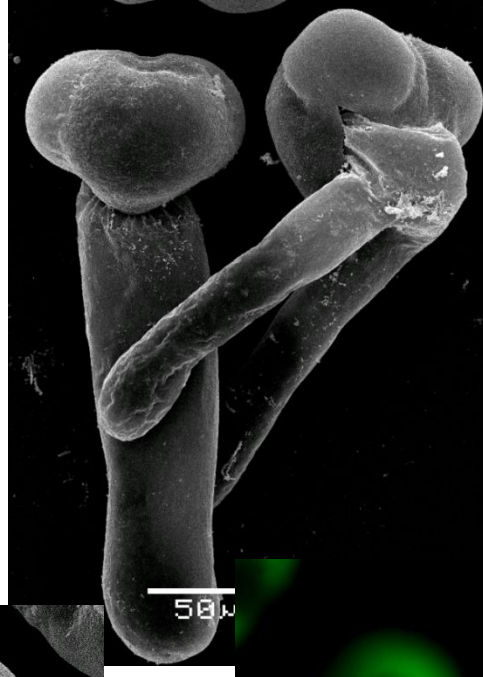
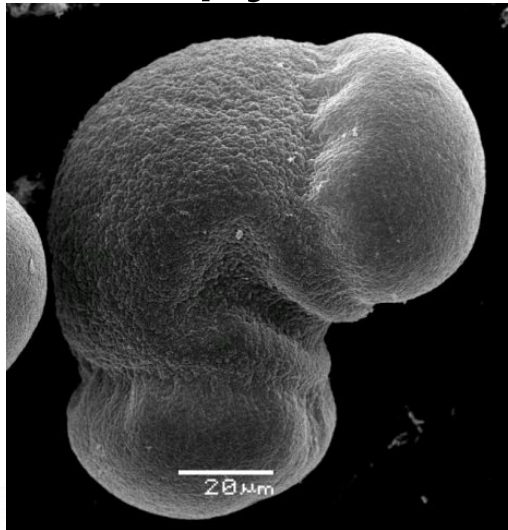
Физиология пыльцы цветковых

- Объекты: пыльца табака, лилии, пыльцевые трубки,



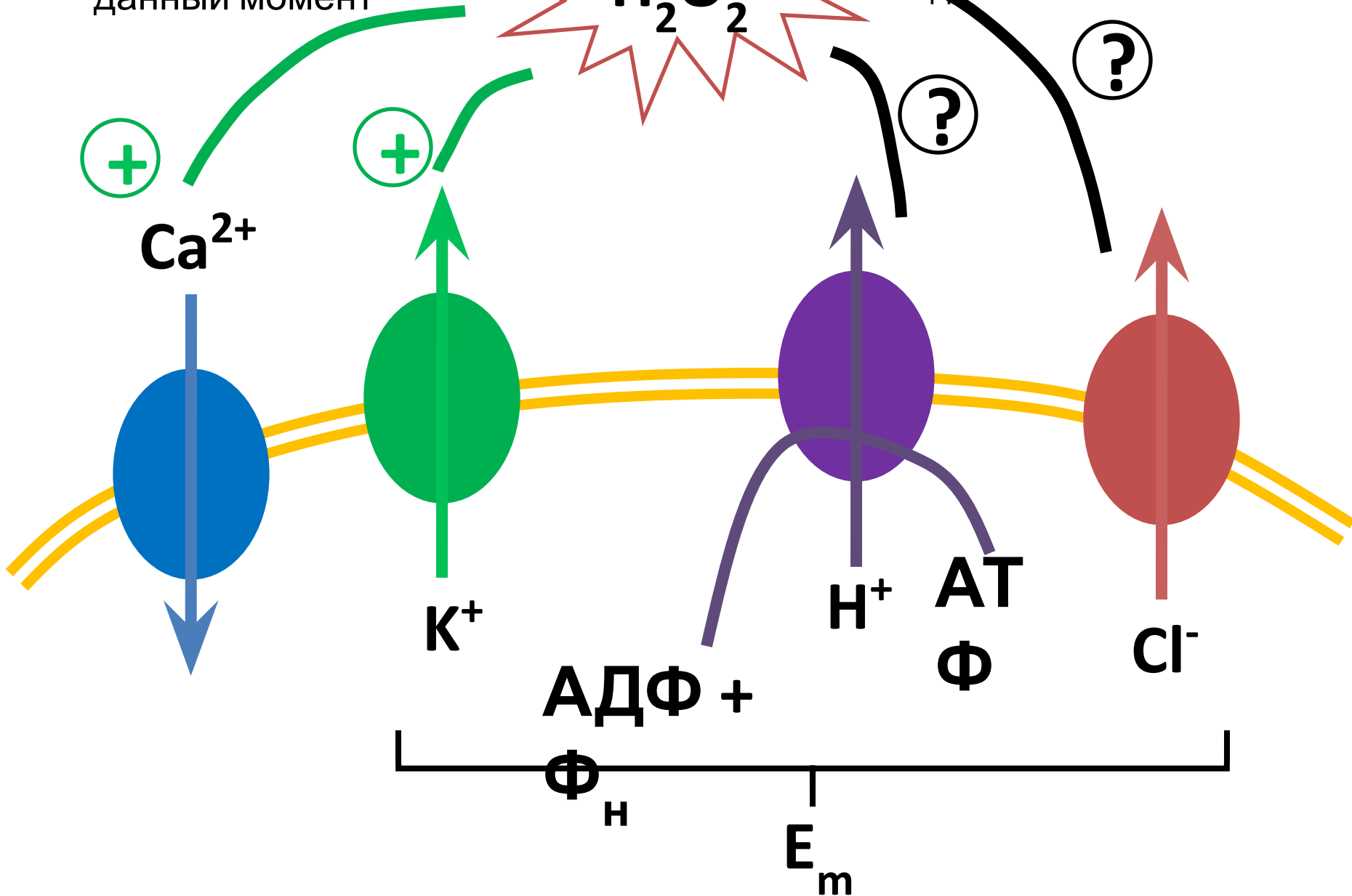
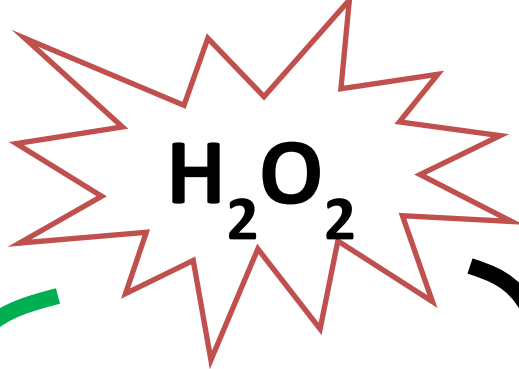
ФИЗИОЛОГИЯ ПЫЛЬЦЫ ХВОЙНЫХ

- Объект: пыльца голубой ели, пыльцевые трубки



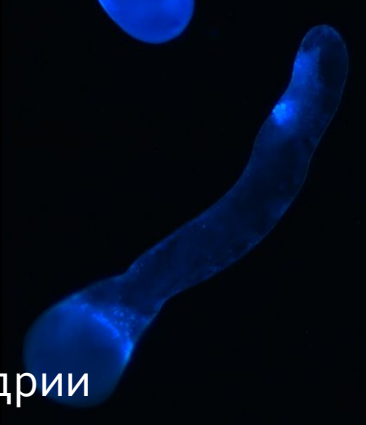
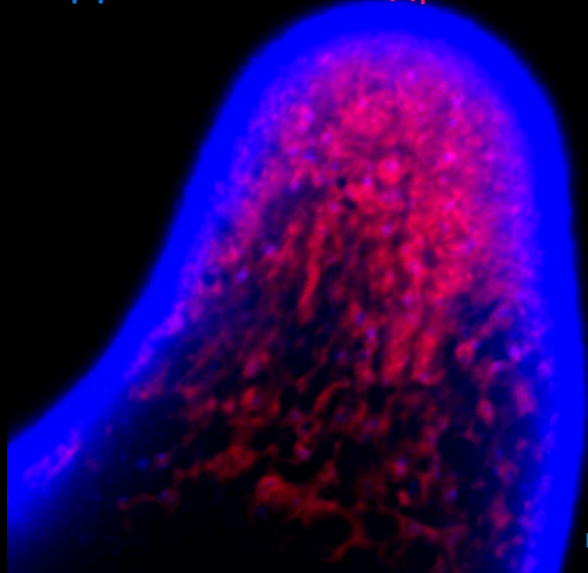
Что мы установили на данный момент

Наши данные указывают на это, но предстоит доказать



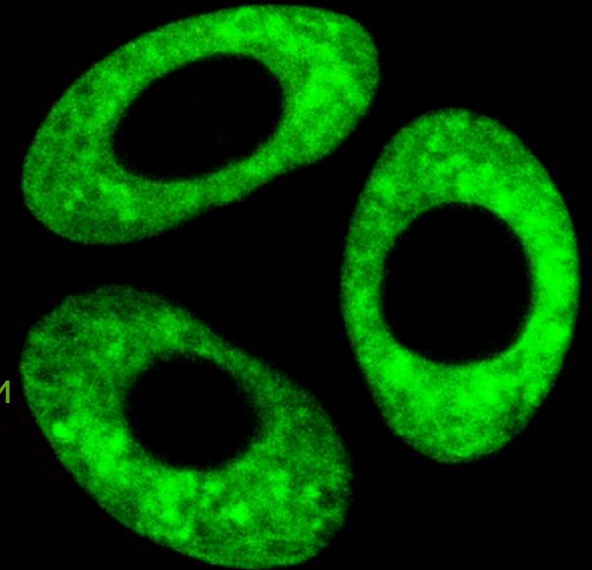
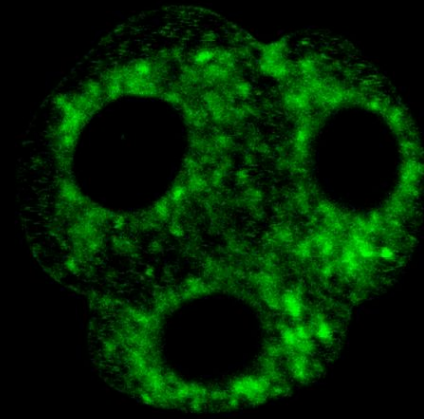
Увидеть органеллы

ДНК и митохондрии



митохондрии

ДНК, ядрышко и митохондрии



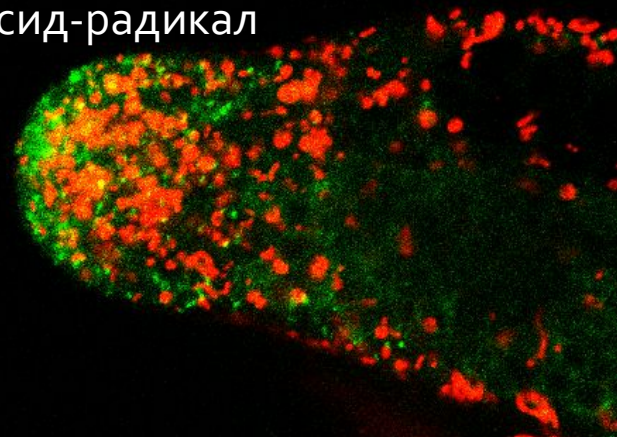
актиновые микрофиламенты

везикулы и митохондрии

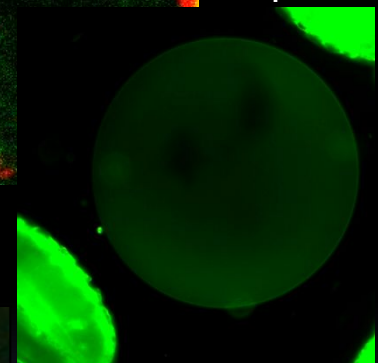


Полуколичественные и количественные красители

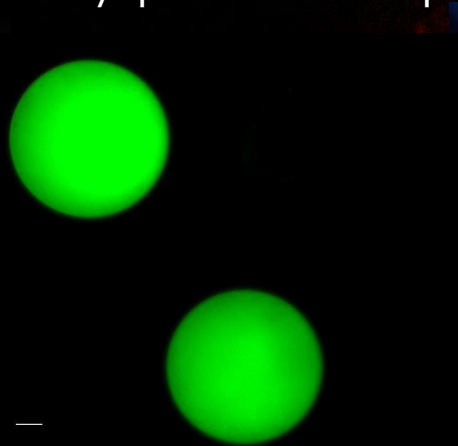
Активные формы кислорода: суммарные, перекись, супероксид-радикал



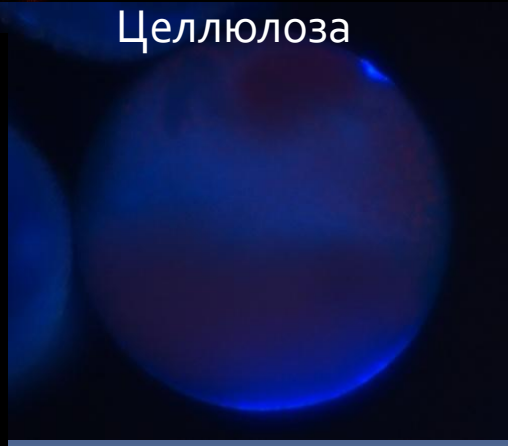
Мембранный потенциал



Внутриклеточный pH



Целлюлоза



Кальций

