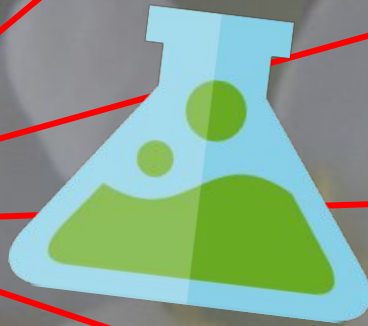




# Гормоны растений

Лабунская Елена,  
Старший преподаватель  
каф. физиологии растений биологического  
факультета МГУ



# Растительные гормоны:

Низкомолекулярные вещества

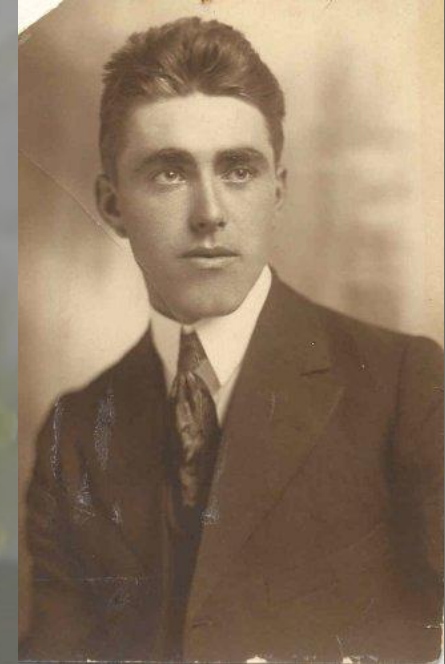
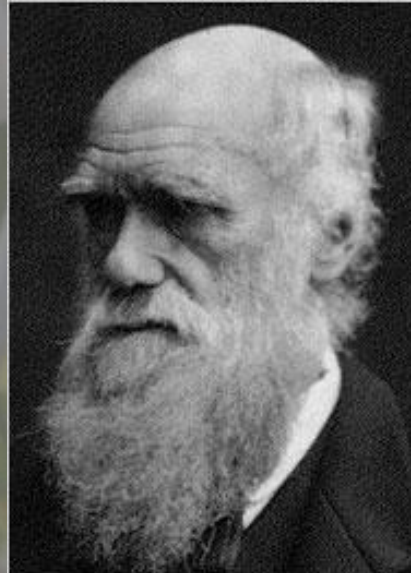
Запускают программные эффекты – устойчивость к стрессу, рост, созревание и старение.

Один гормон может синтезироваться в различных тканях и органах, нет специальных желез для синтеза гормонов

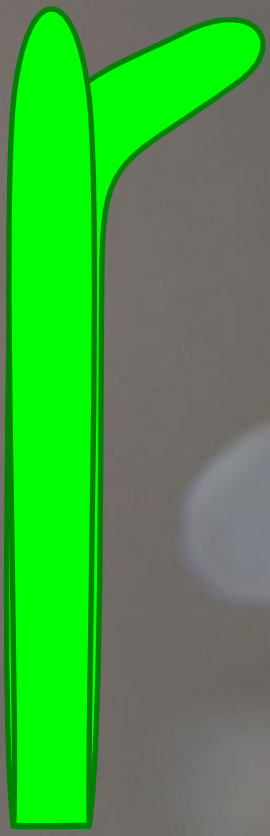
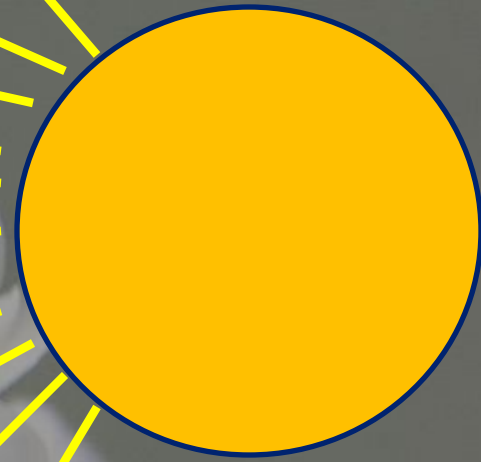
# Ауксин – центральный ростовой гормон растений



Чарльз Дарвин с сестрой Катериной, держит в руках растение из семейства Спаржевых Лахеналию.



Фрэнсис (Фрэнк) Дарвин, сын Чарльза Дарвина



# Какова природа сигнала?

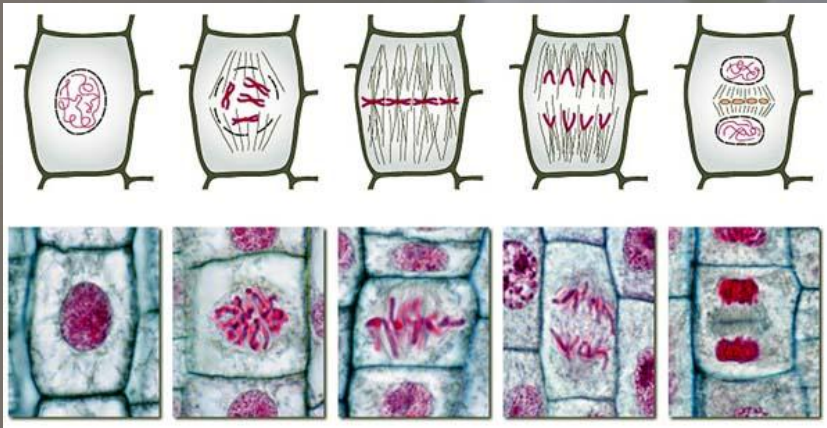
- Химическая ?
- Электрическая?
- Светооптическая?

Ауксин – от  
греч. аухо-  
«рост»

# Как растет побег в сторону света?

?

?

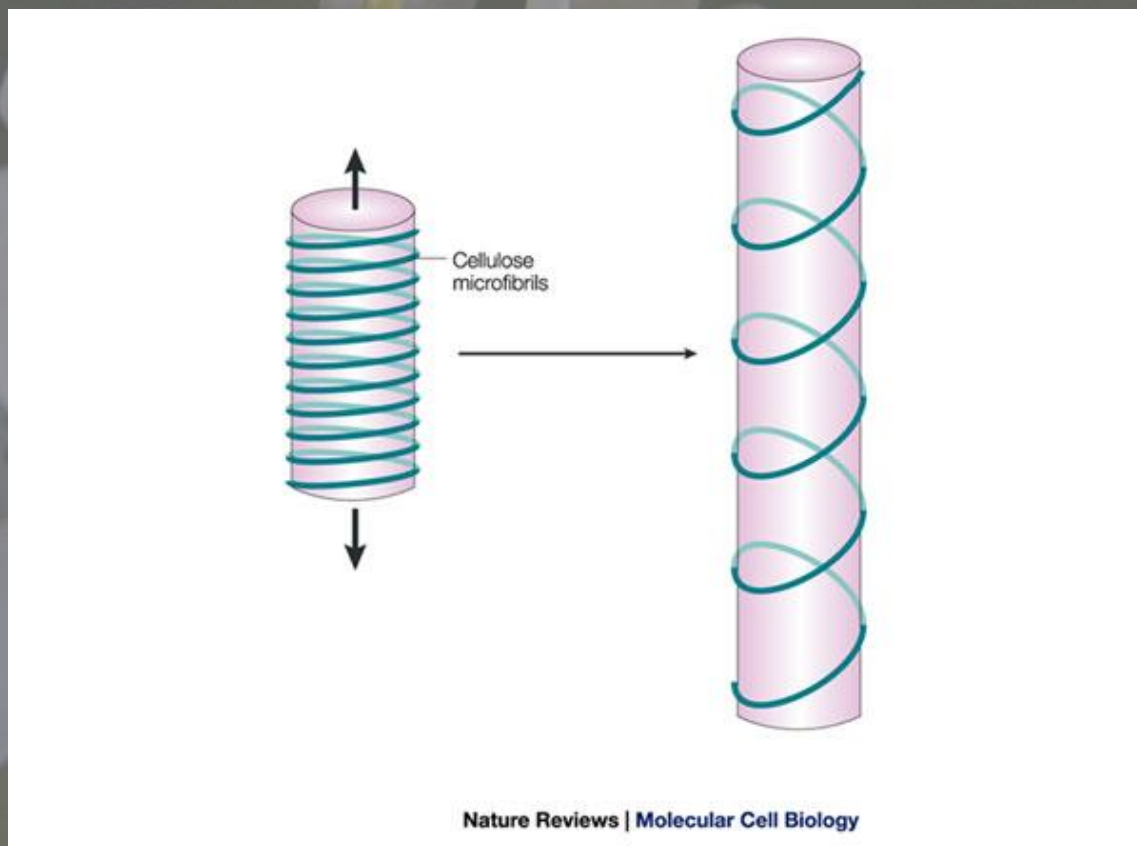
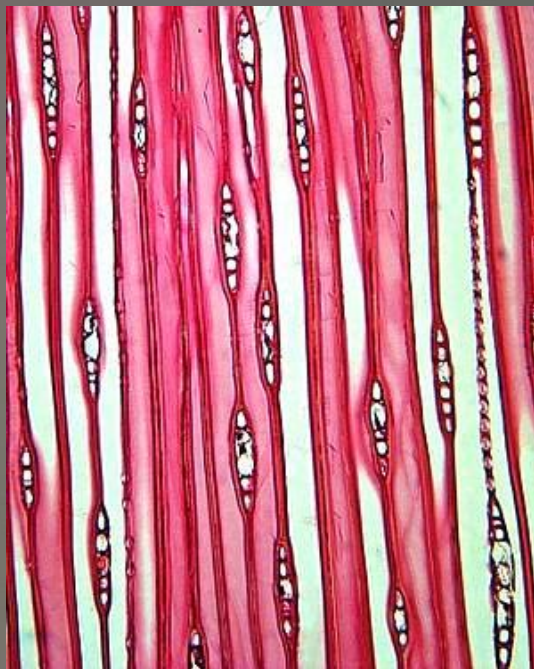


Путем делений клеток



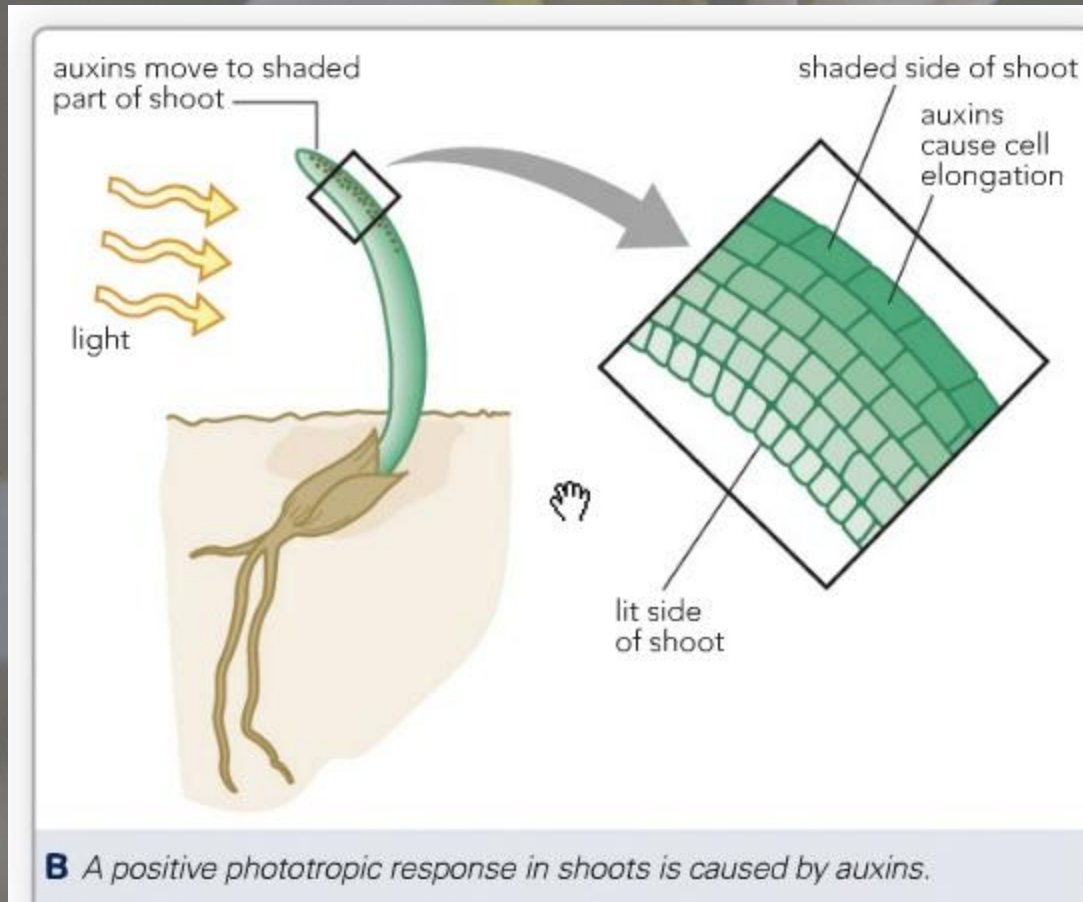
Путем растяжений клеток

# Ауксин вызывает растяжение клеток



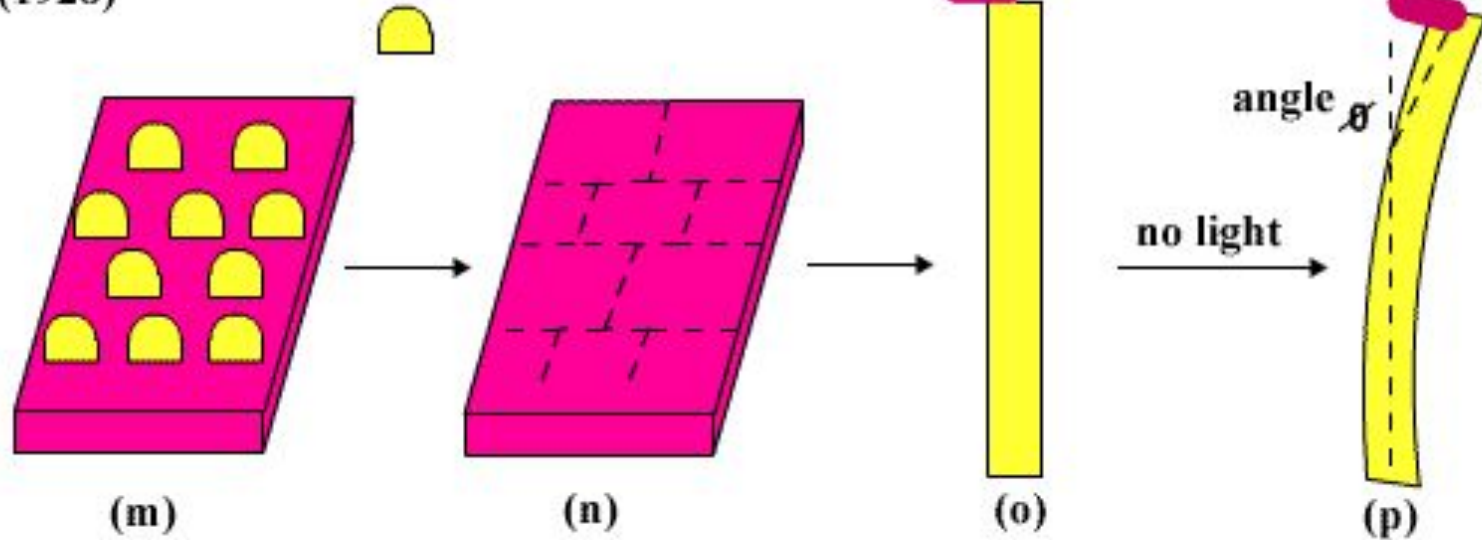


# Растяжение происходит на затененной стороне



# Опыт Вента и Холодного

Went (1928)



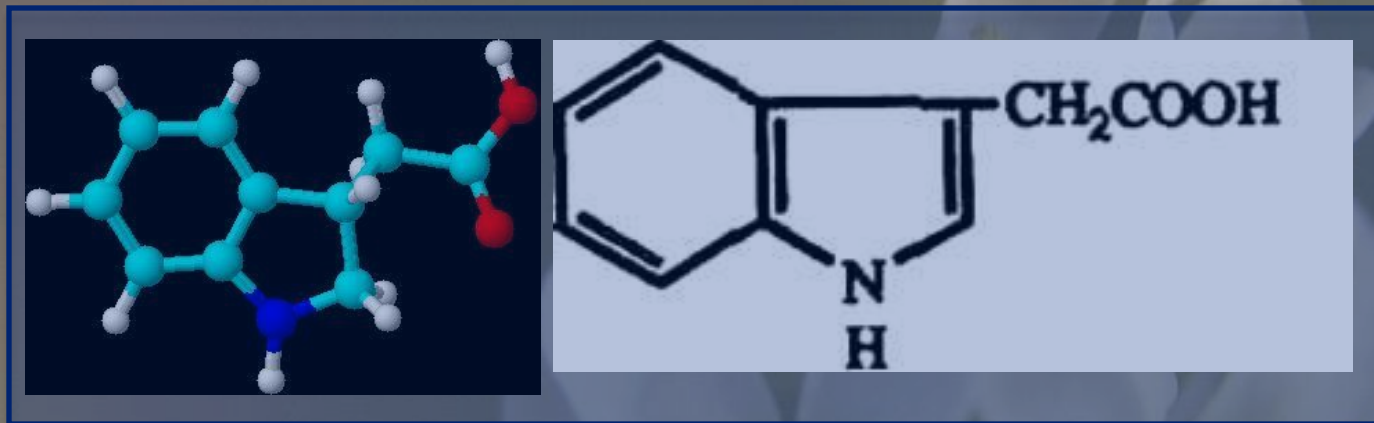
Coleoptile tips placed  
on a block of agar

Tips discarded and  
block carved up

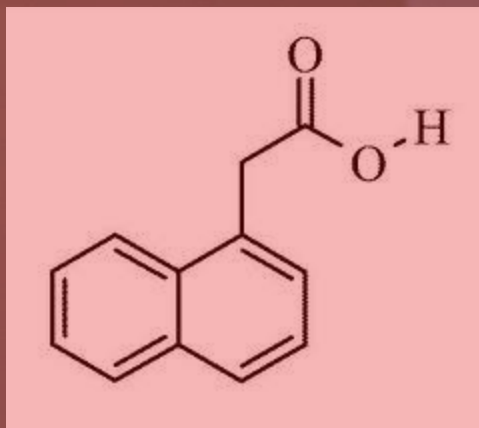
Block placed  
on one side of tip

Measured angle  
of curved growth

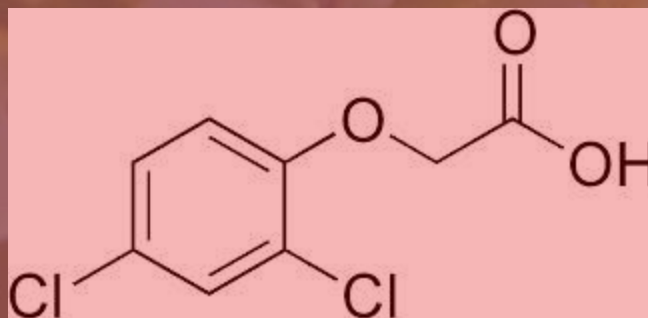
# Химическая природа ауксинов



Индолил-3-уксусная кислота

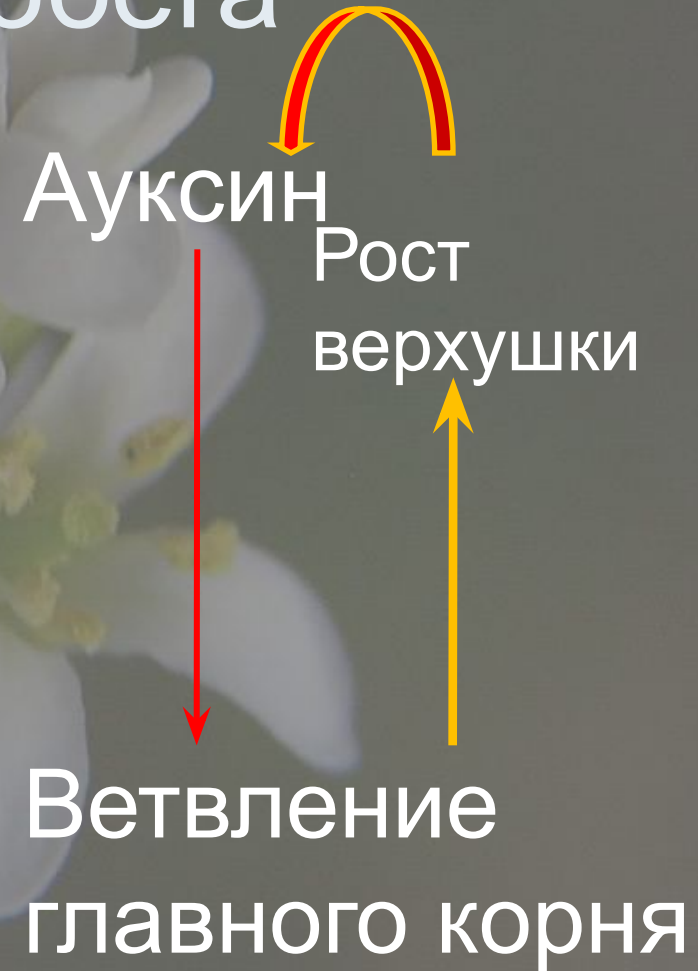
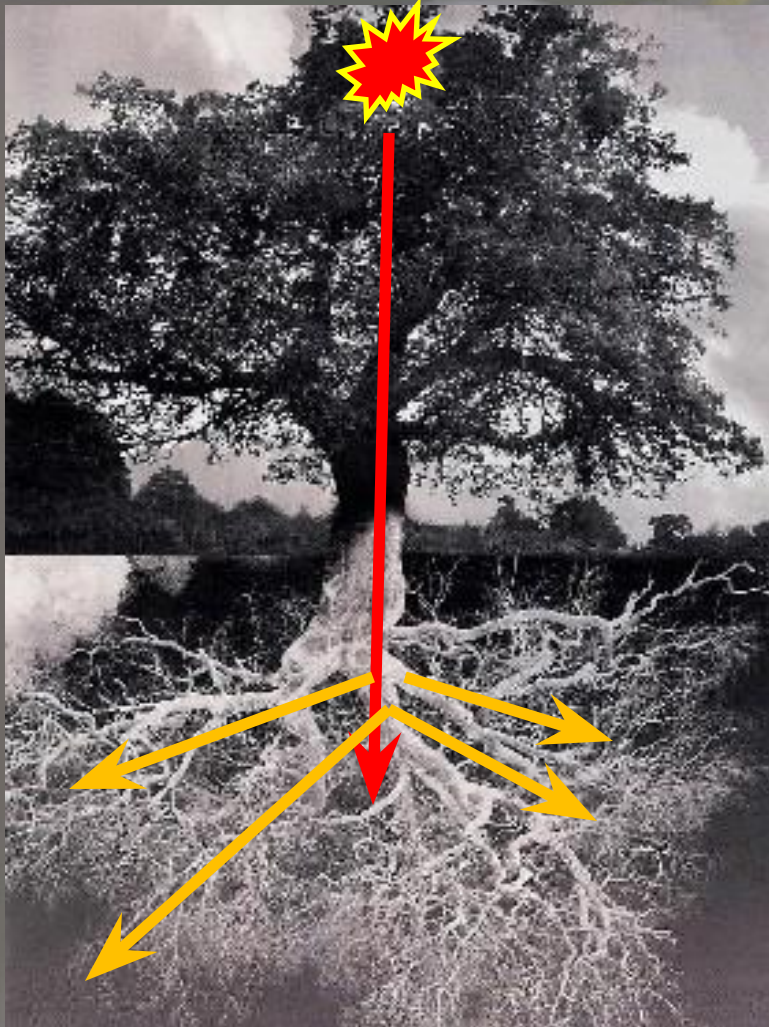


Нафтилуксусная кислота

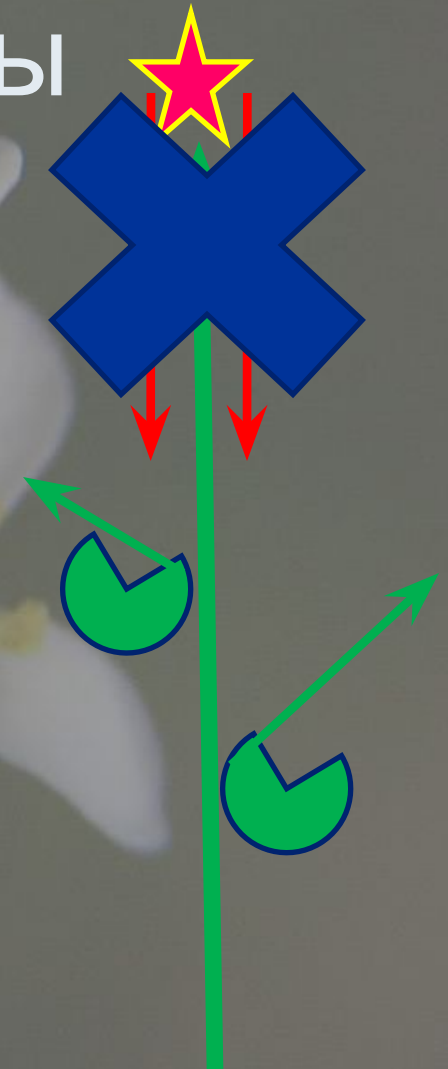


2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота)

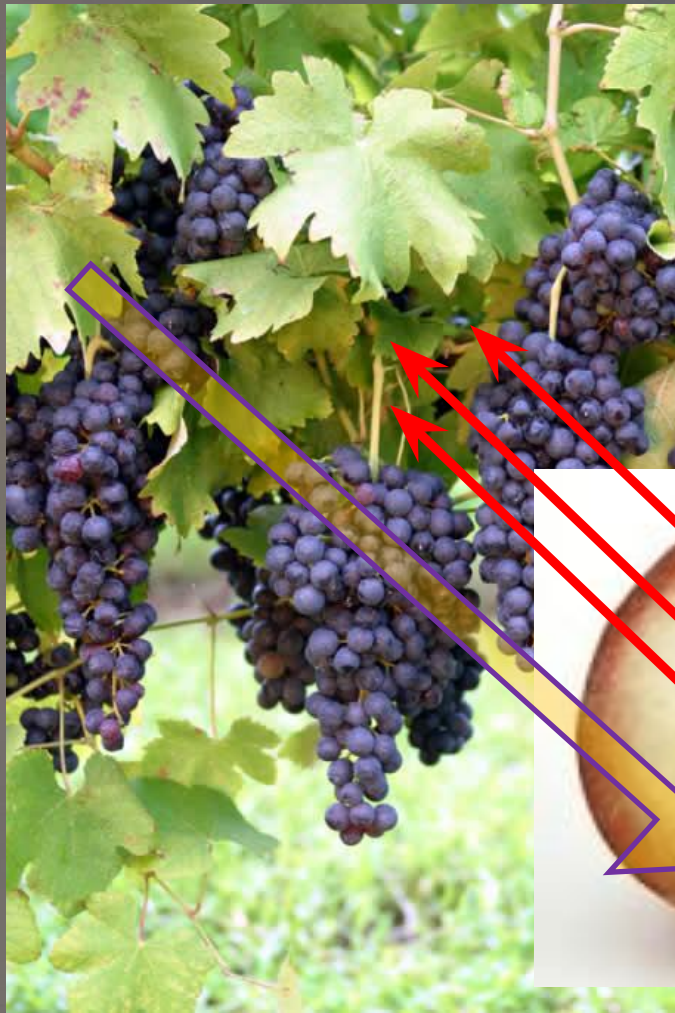
# Ауксин – сигнал благополучия от верхушки побега



# Ауксин контролирует архитектуру кроны

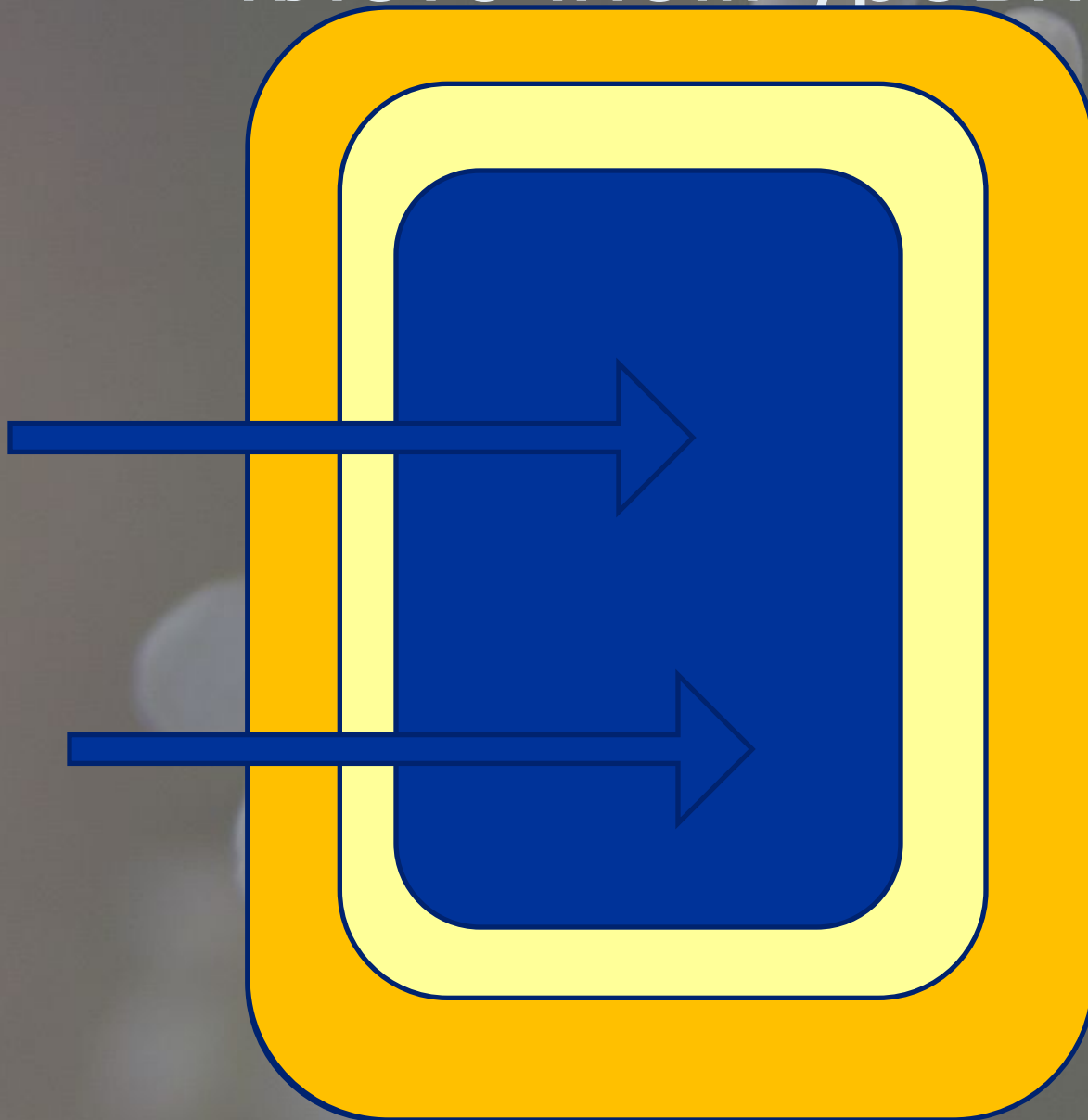


# Ауксин привлекает питательные вещества

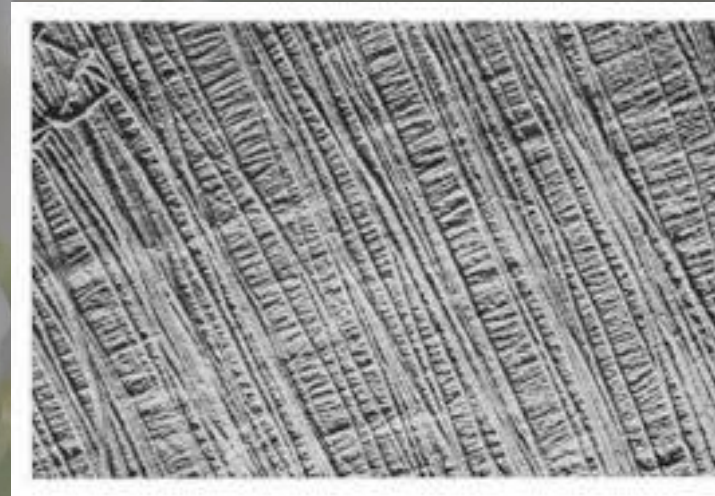
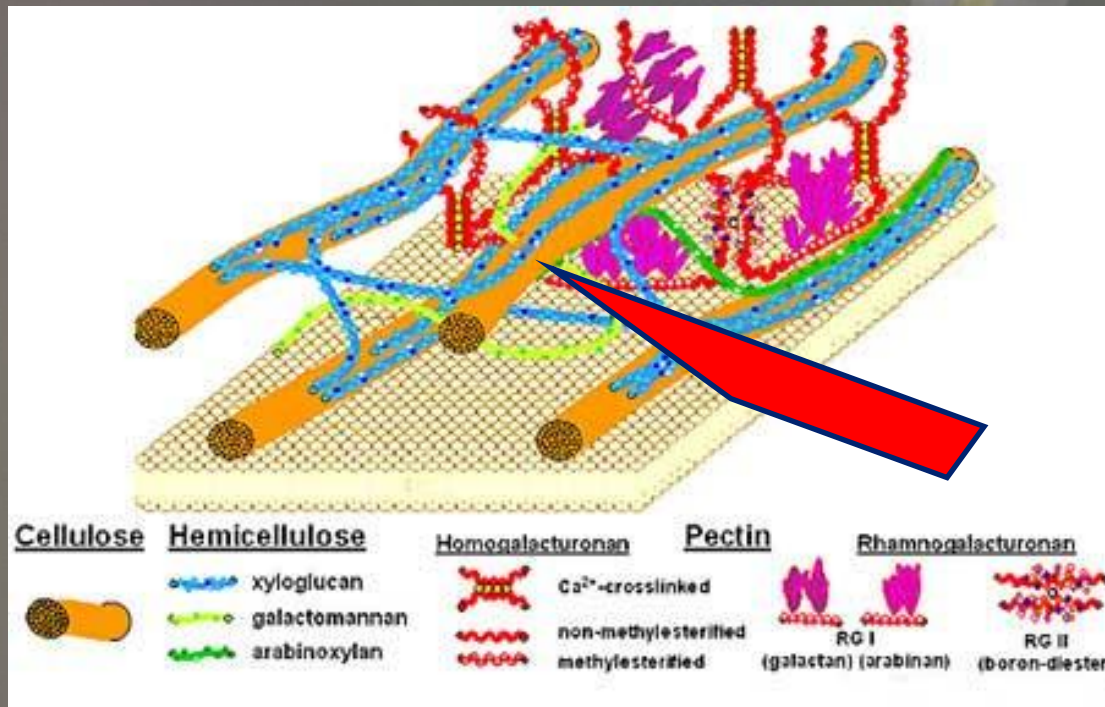


Обработка ауксином дает  
бессемянные плоды

# Как работает ауксин на клеточном уровне?



# Кислая среда делает клеточную стенку эластичнее



Направление  
откладывания  
волокон целлюлозы



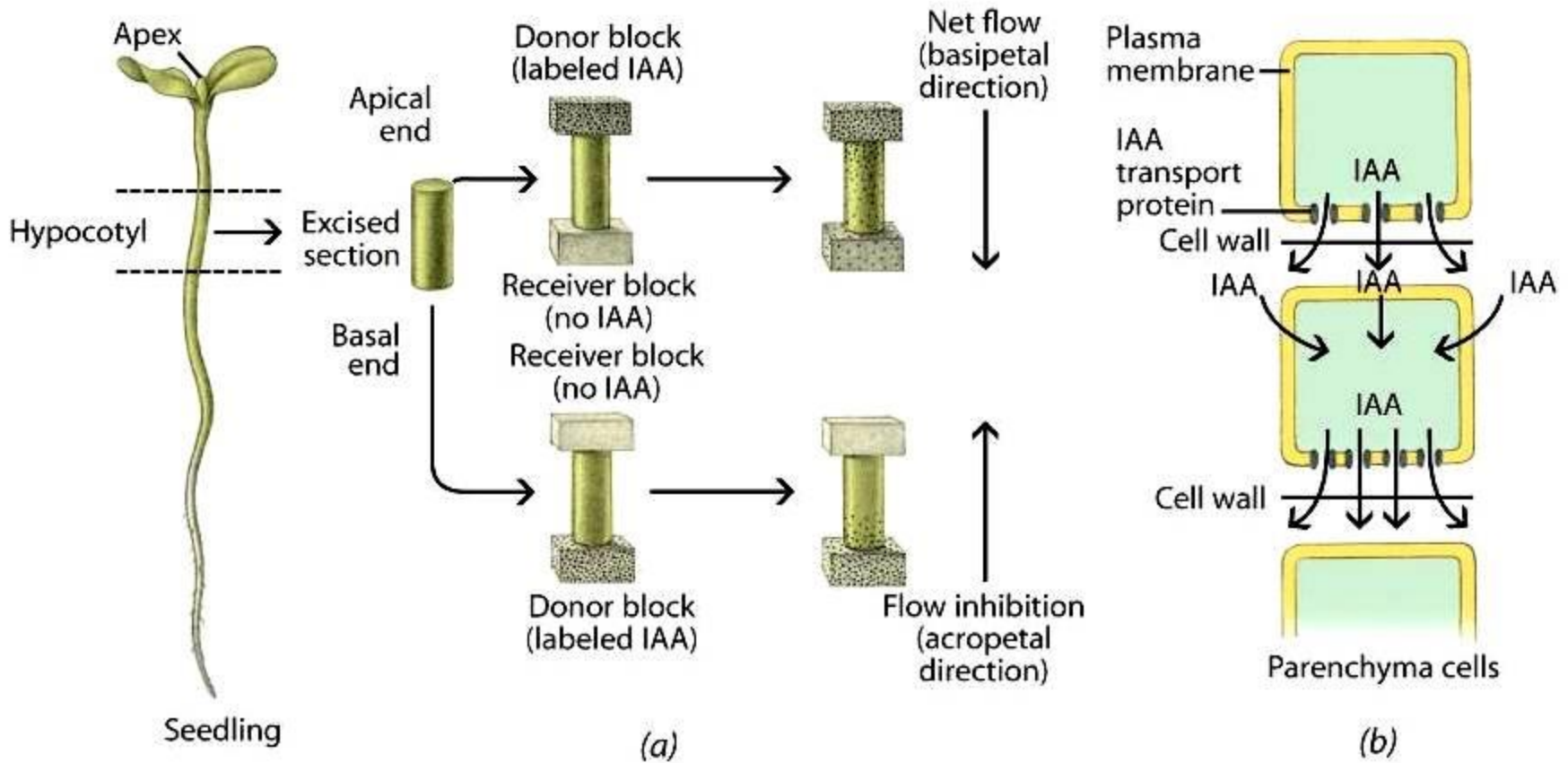
# Растяжение клеток идет по направлению потока ауксина

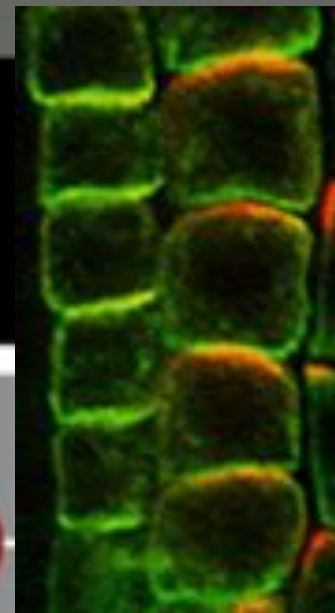
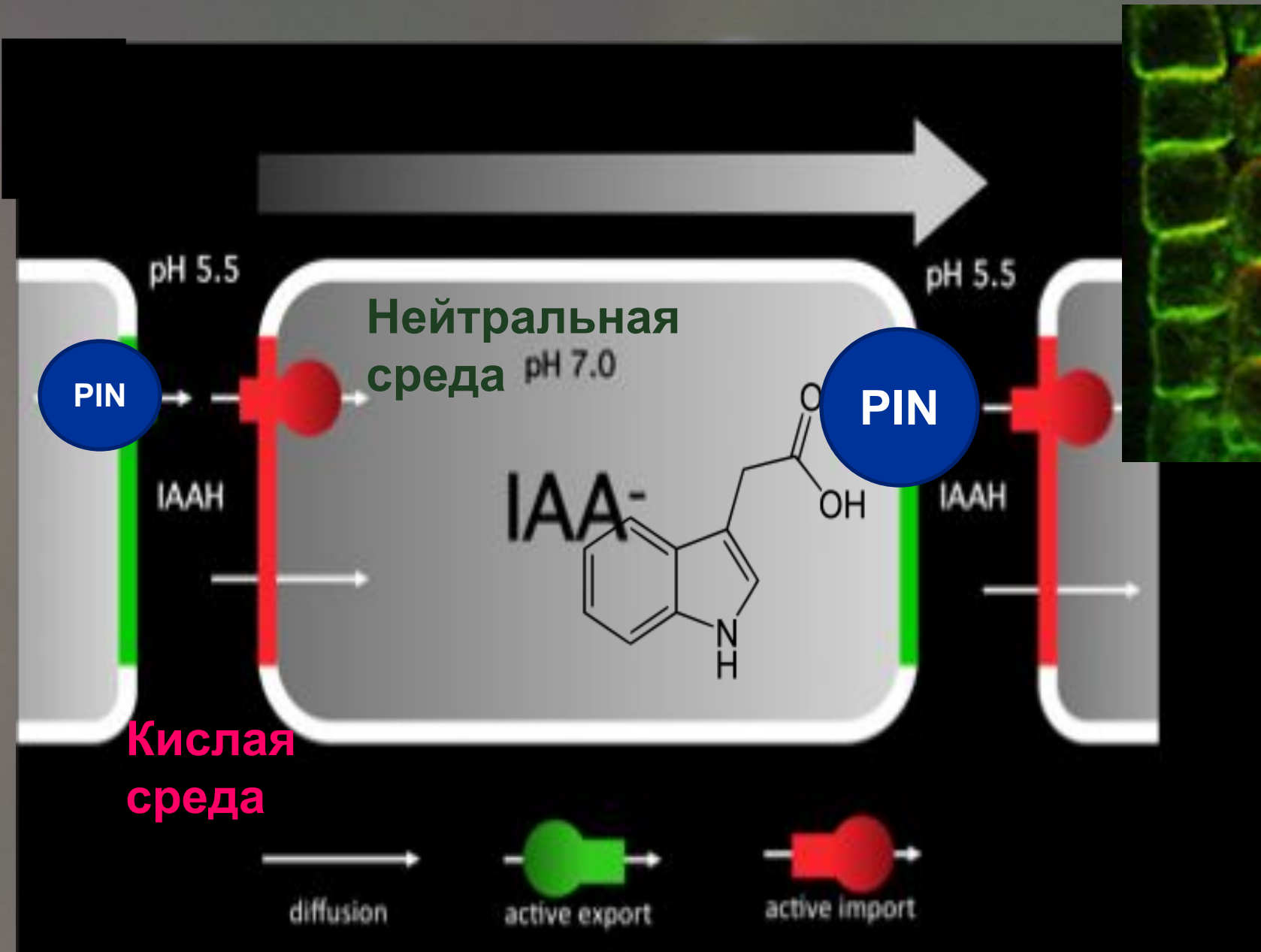


Как  
организовать  
направленный  
ПОТОК  
ауксина?

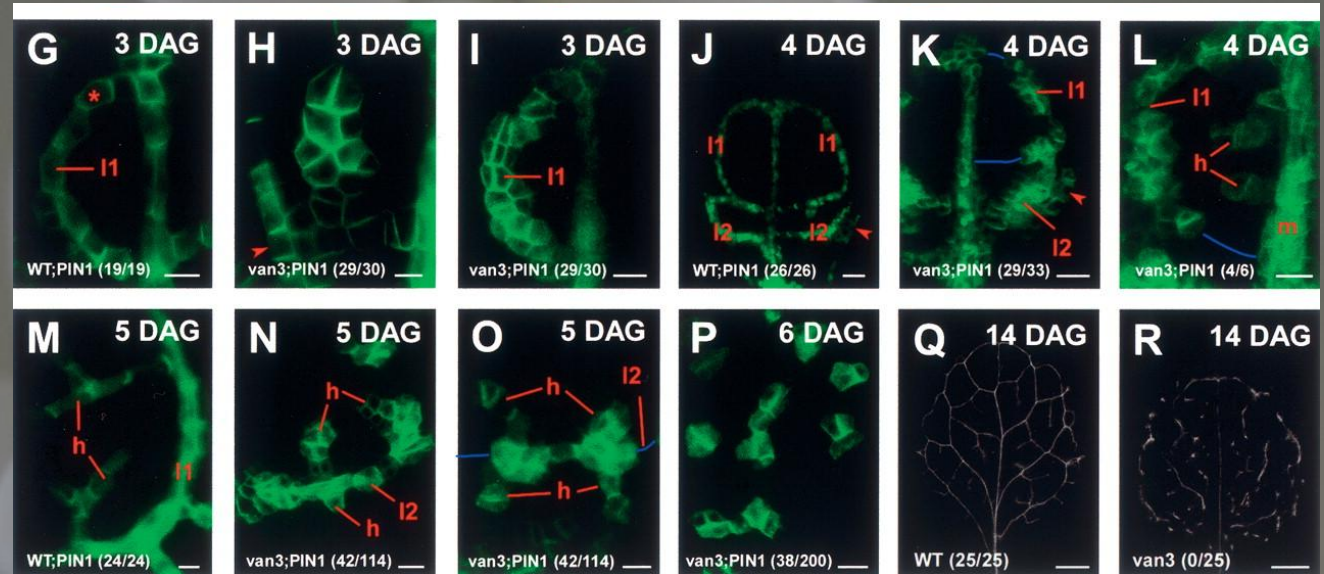
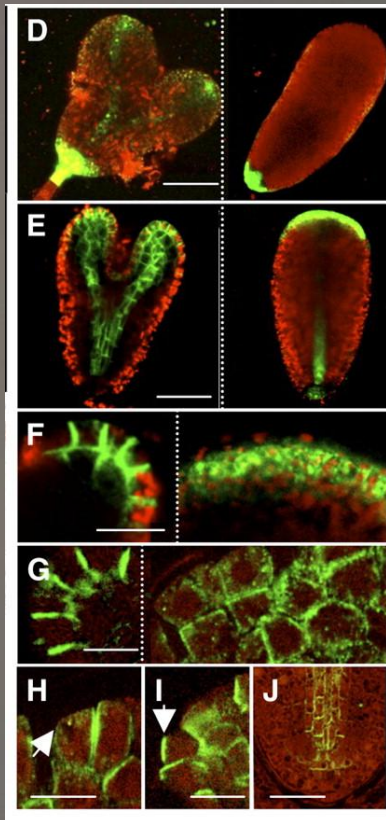
Клетки прокамбия и ксилемные элементы

# Полярный (направленный) транспорт ауксина





# Ауксин «рисует» облик растения – размечает проводящую систему и зоны активного роста



Разметка жилок будущего  
листа потоками ауксина

Потоки ауксина в зародыше маркируют корневой,  
побеговый полюса и проводящую систему

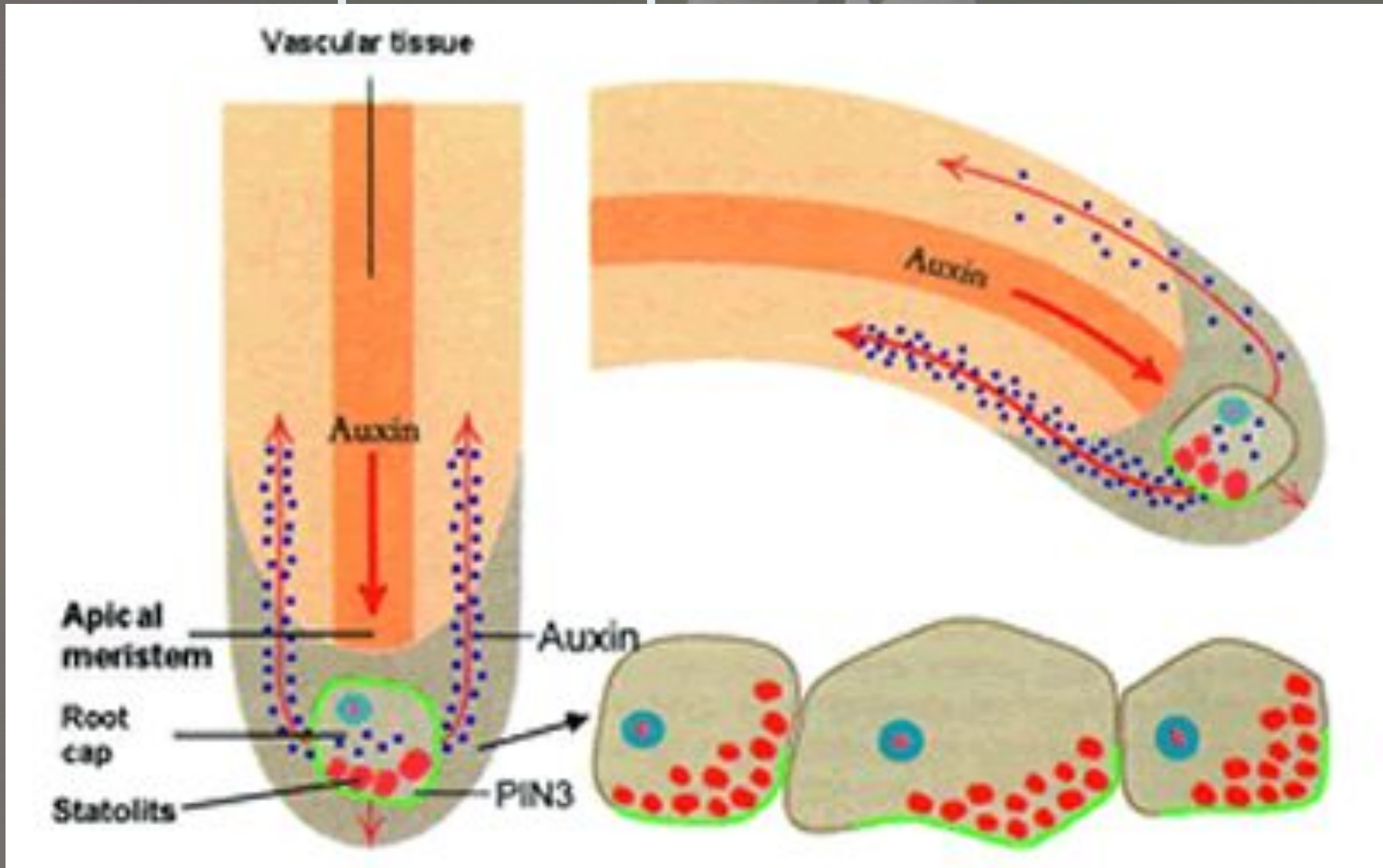
# Геотропизм у растений



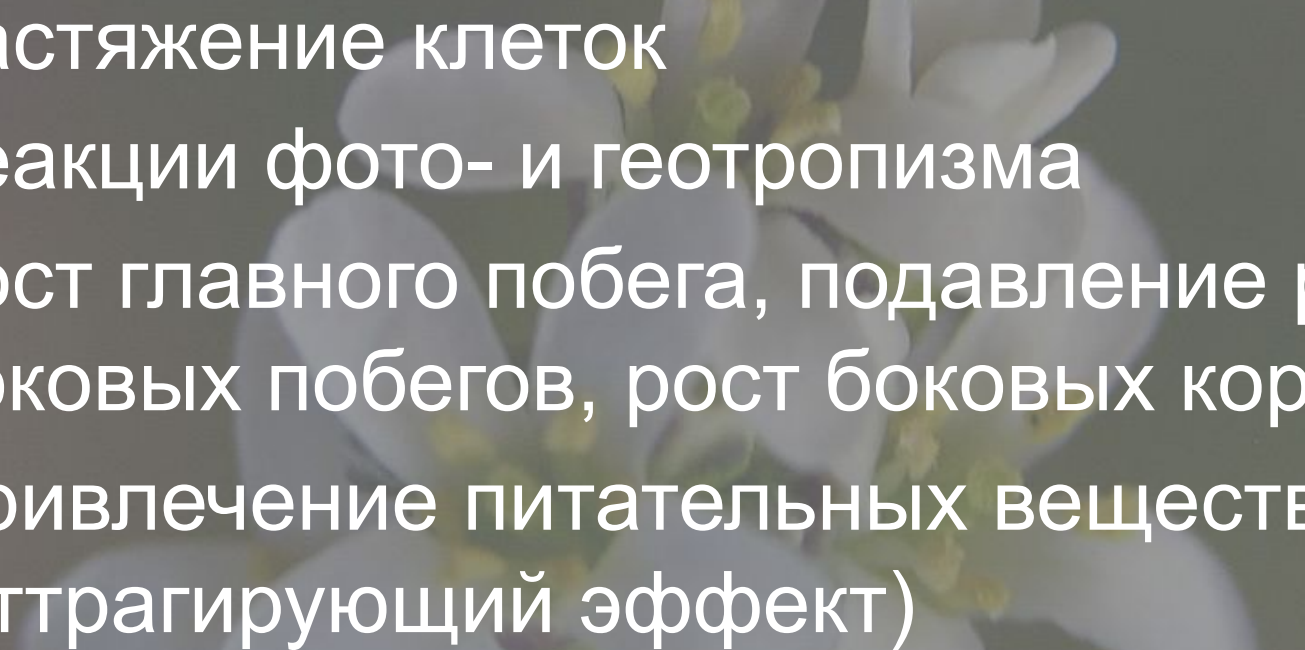
Вектор  
силы  
тяжести



# Потоки ауксина направляют рост корня вниз



# Основные эффекты ауксина

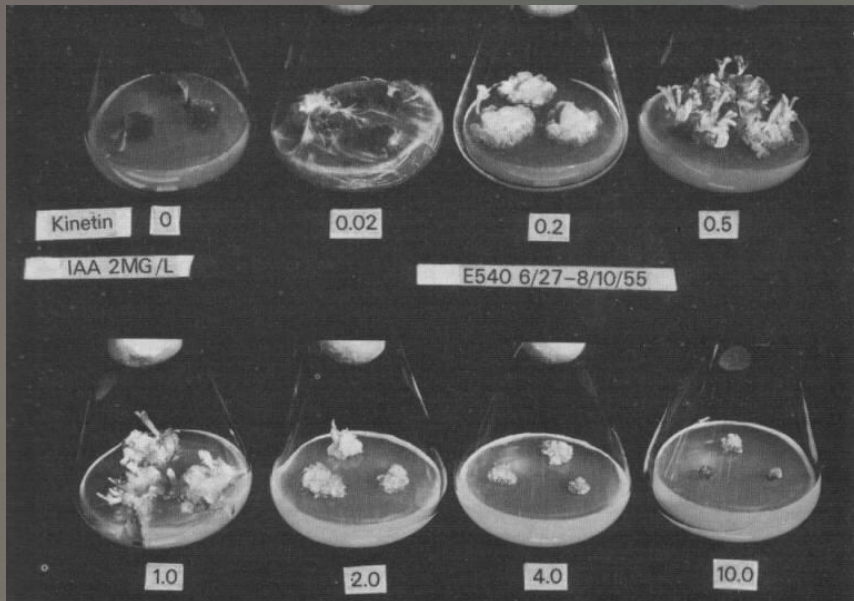
- Растяжение клеток
  - Реакции фото- и геотропизма
  - Рост главного побега, подавление роста боковых побегов, рост боковых корней
  - Привлечение питательных веществ (аттрагирующий эффект)
- 

# Основные эффекты ауксина

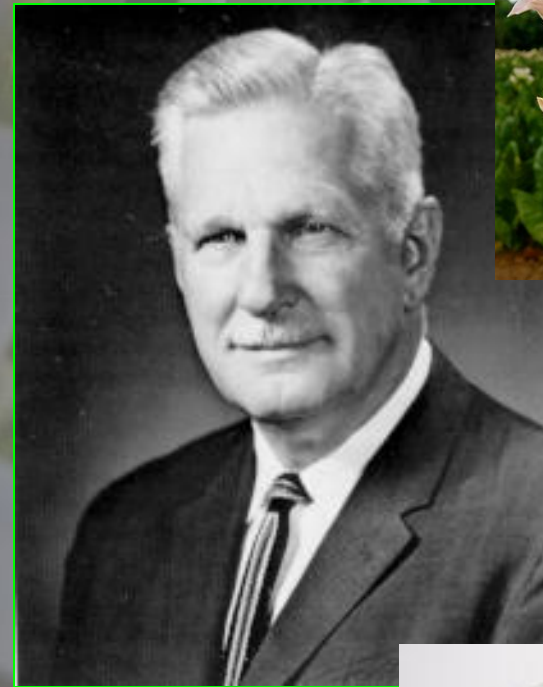
- Образование ксилемы – проводящих элементов для поднятия воды из корня
- Ауксин – морфоген, размечающий клеточное поле и определяющий направление дифференцировки клеток
- Ауксин в высоких концентрациях – гербицид



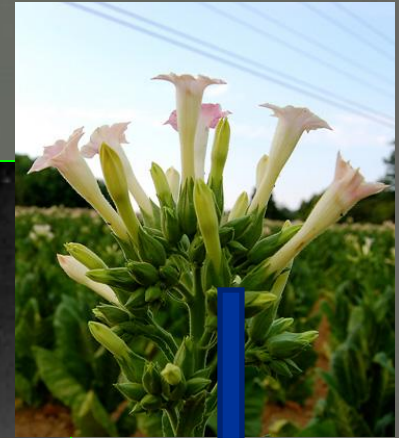
# Цитокинины — компаньоны ауксина



Фотография из статьи  
лаборатории Скуга, 1965г.  
Культуры растительных  
клеток на питательных  
средах с добавлением  
ауксина и цитокининов

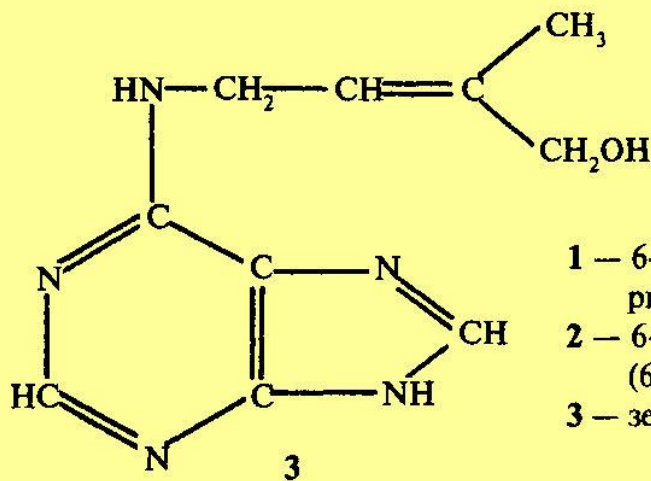
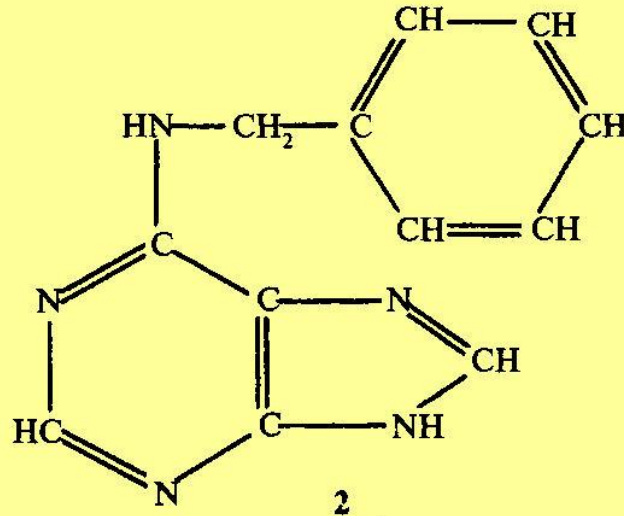
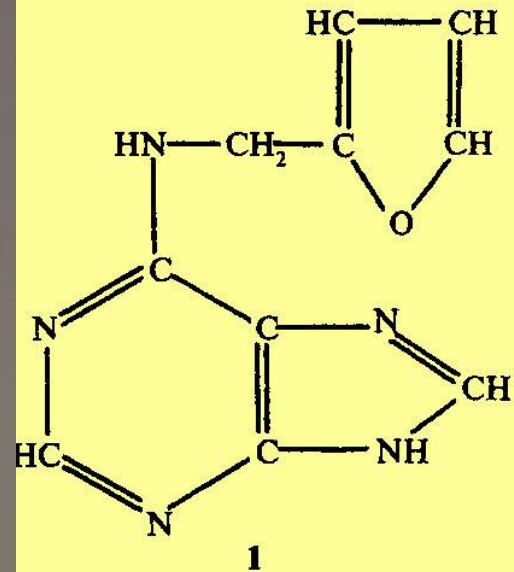


Фольке Скуг



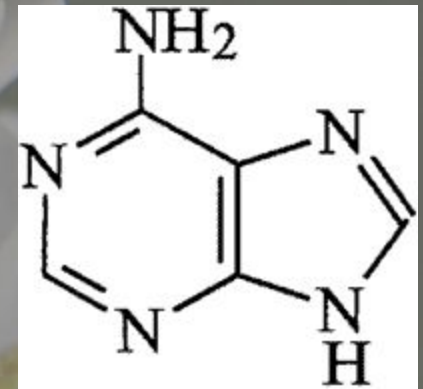
# Химическая природа

## ЦИТОКИНИНОВ



- 1 — 6-фурфуриламинопурин (кинетин);
- 2 — 6-бензиламинопурин (6-БАП);
- 3 — зеатин

Структура цитокининов

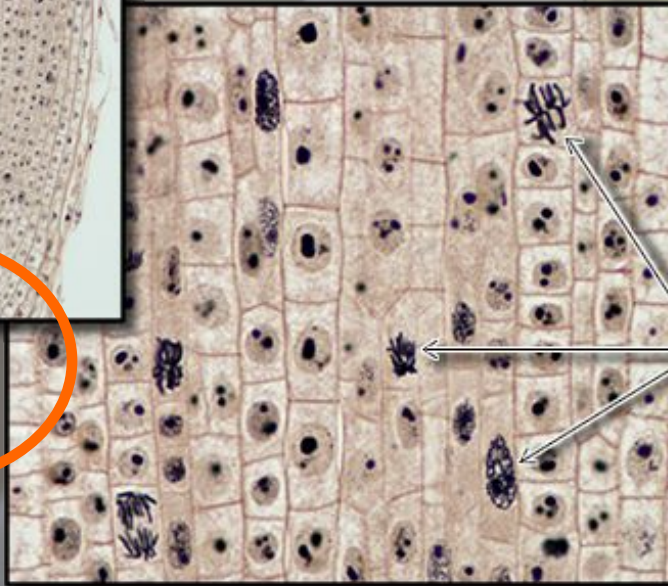


Аденин —  
нуклеотид в  
составе ДНК и  
РНК

# Цитокинин стимулирует

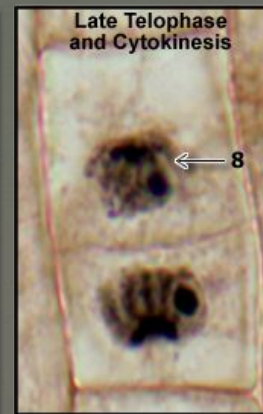
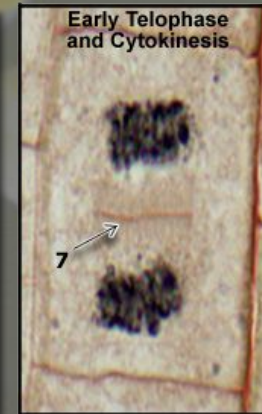
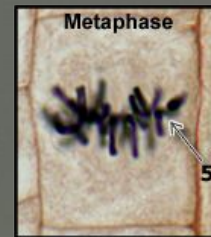
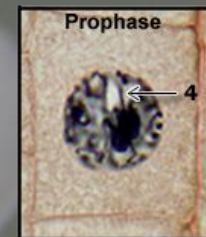
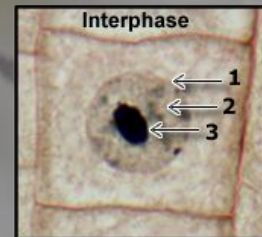
Plant Cell Division - Onion Root Tip

## деление клеток



### Stages of Plant Cell Division

Drag the cursor over the labels to read the description for each stage



Делящиеся клетки кончика корня

# Цитокинин стимулирует рост боковых побегов

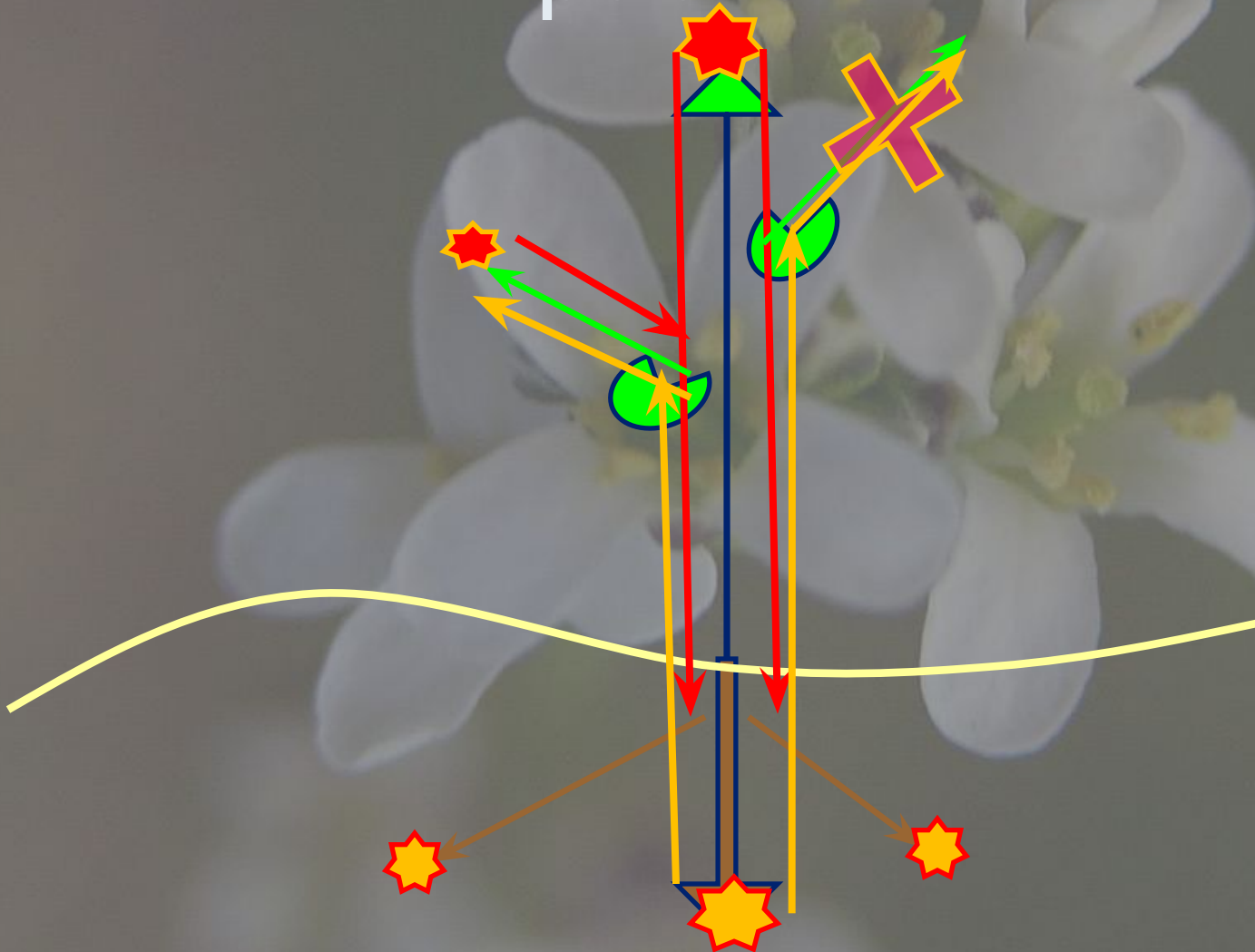


Боковой побег находится в пазухе листа



«Ведьмина метла» – аномальное ветвление побега, вызванное паразитическими грибами и/или бактериями

Ауксины + цитокинины =  
неограниченный рост  
растения?



# Как управлять морфогенезом растений в условиях *in vitro*

## ЦИТОКИНИН

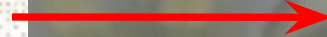
## АУКСИН



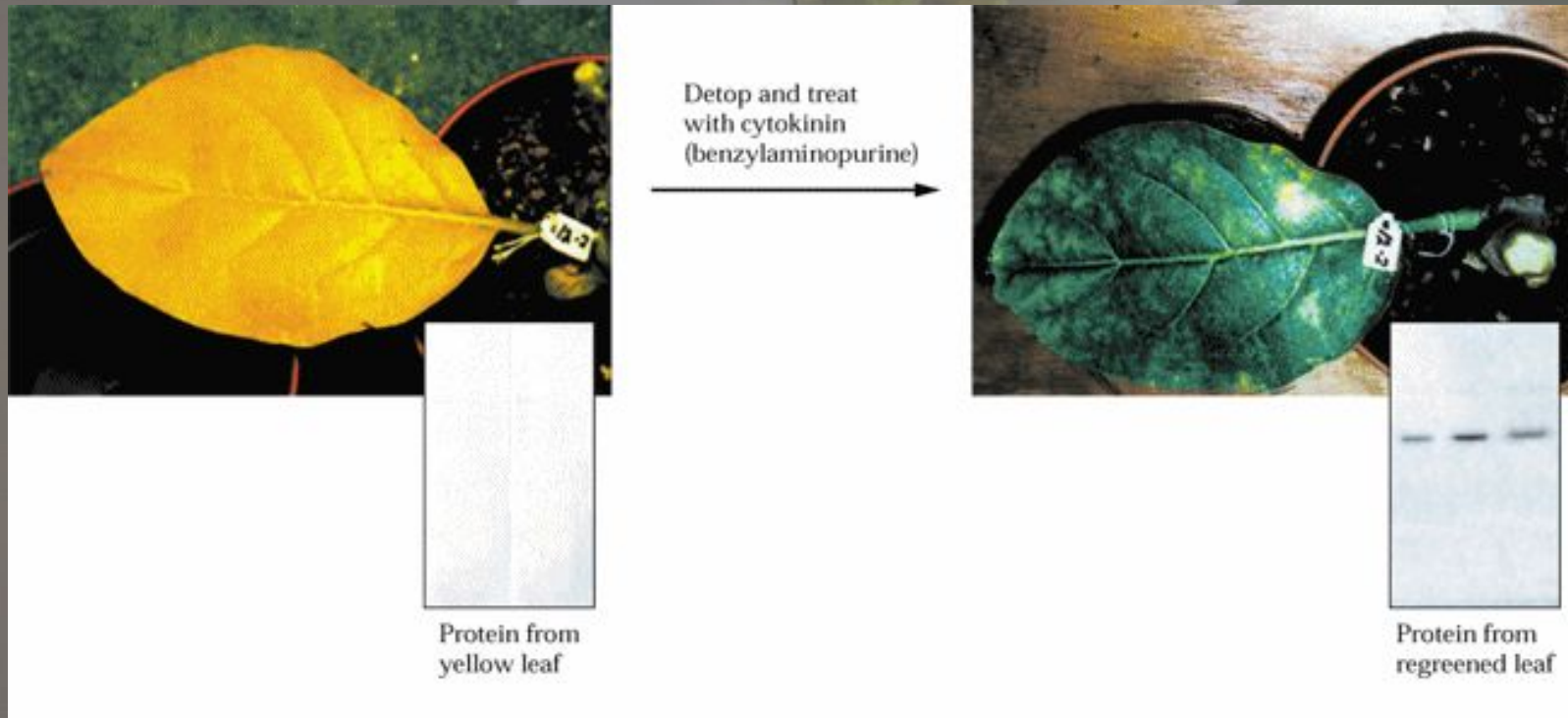
# Микроклональное размножение *in vitro*



Ауксин+цито-  
кинин



# Аттрагирующий эффект ЦИТОКИНИНОВ





# ЭФФЕКТЫ ЦИТОКИНИНОВ

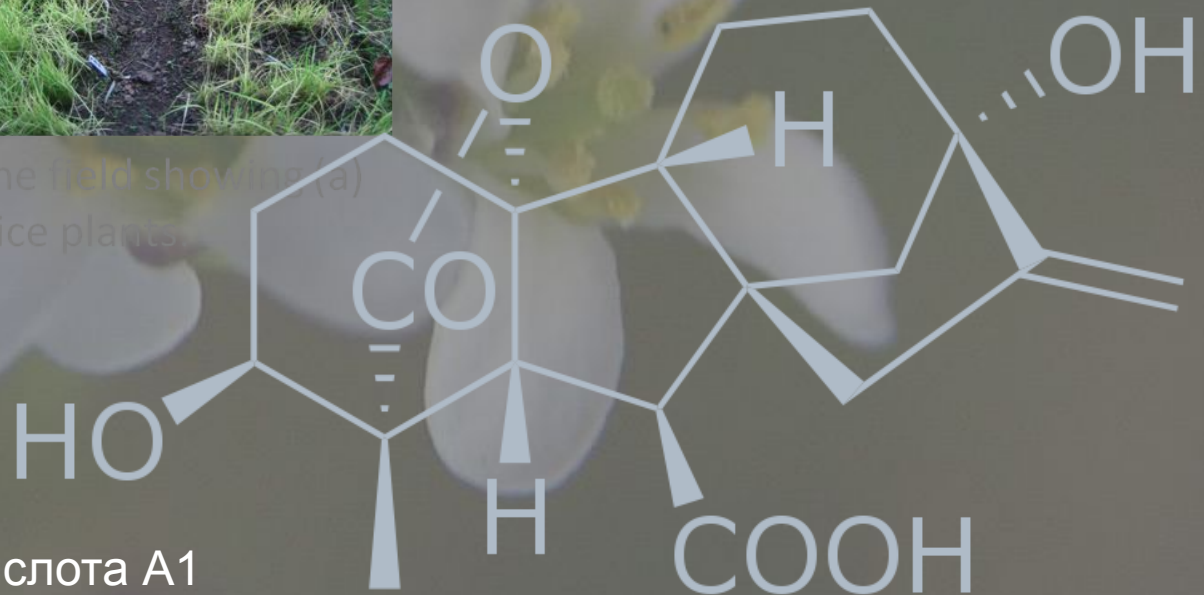
- Клеточные деления
- Рост боковых побегов и главного корня, подавление роста боковых корней
- Дифференцировка флоэмы-проводящих элементов для отправки сахаров из фотосинтезирующих органов
- Аттрагирующий эффект – привлечение питательных веществ

# Гибберелины



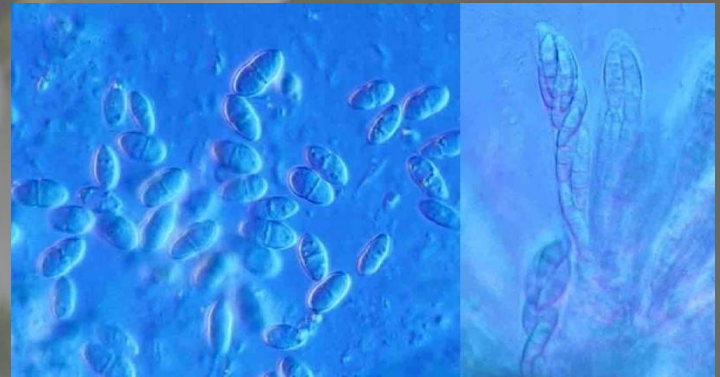
Болезнь «баканоз»  
(бешеный рис)  
вызывается грибом  
*Gibberella fujikuroi* и  
связана с синтезом  
гибберелинов

Figure 1. Bakanae infection in the field showing (a) elongation and (b) stunting of rice plants.



Гибберелловая кислота A1  
(ГК1)

# Поражения от гриба *Gibberella fujikuroi*

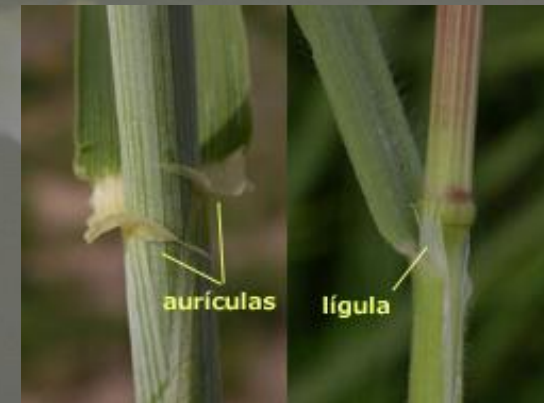
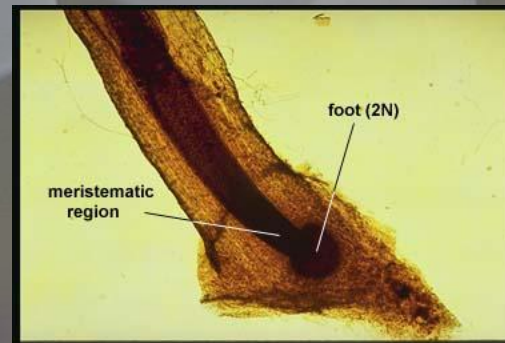
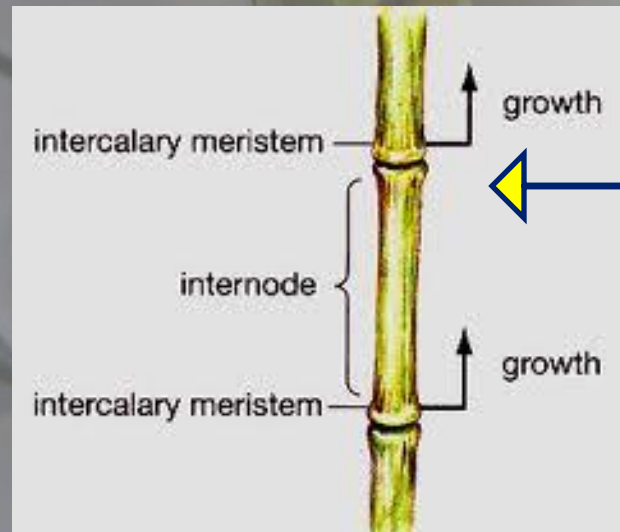


Аскоспоры гриба

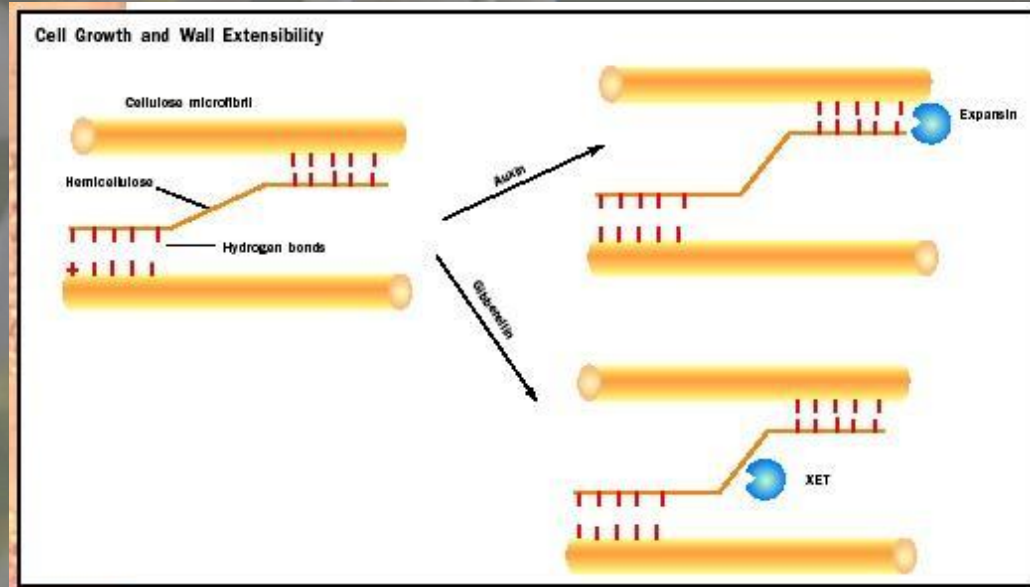
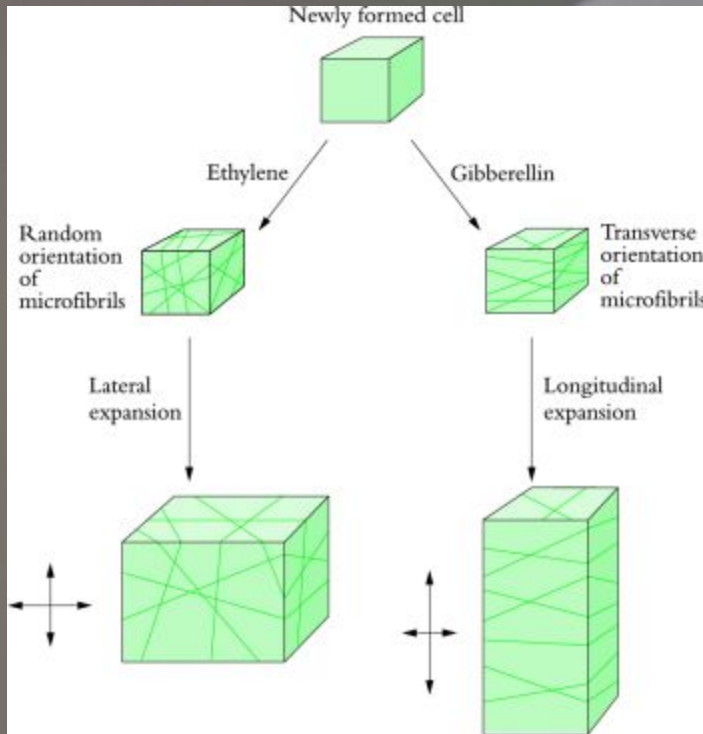
# Гибберелины вызывают удлинение междоузлий

# Гибберелины

# лины



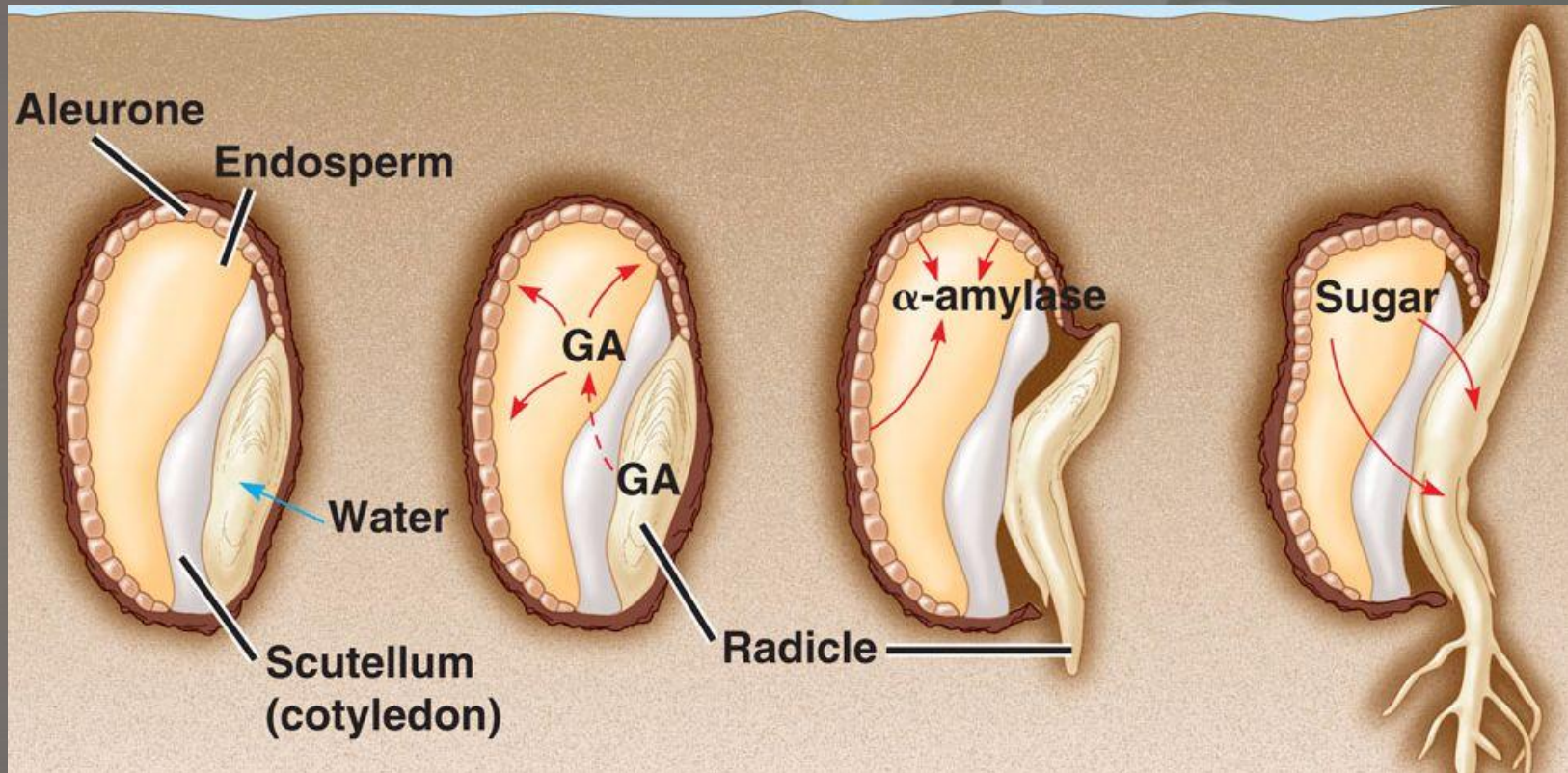
# Гибберелины вызывают растяжение клеток



# Гибберелины пробуждают спящие почки



# Гибберелины и прорастание семян



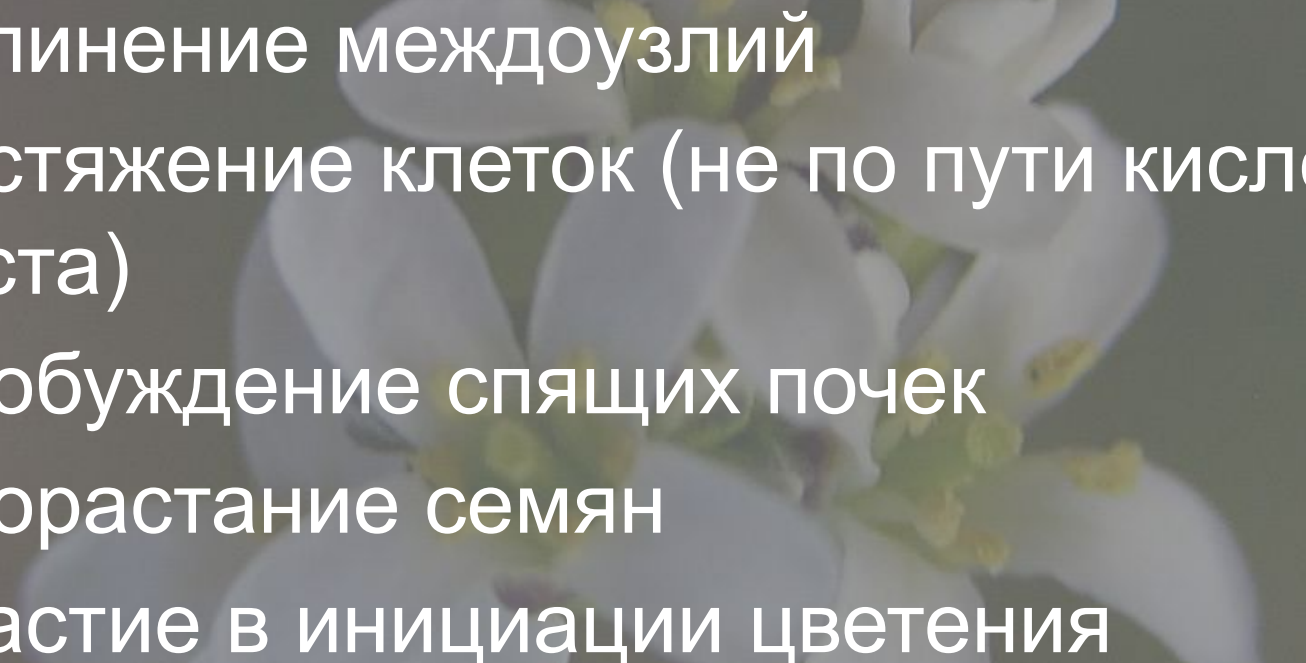
# Гибберелины и цветение



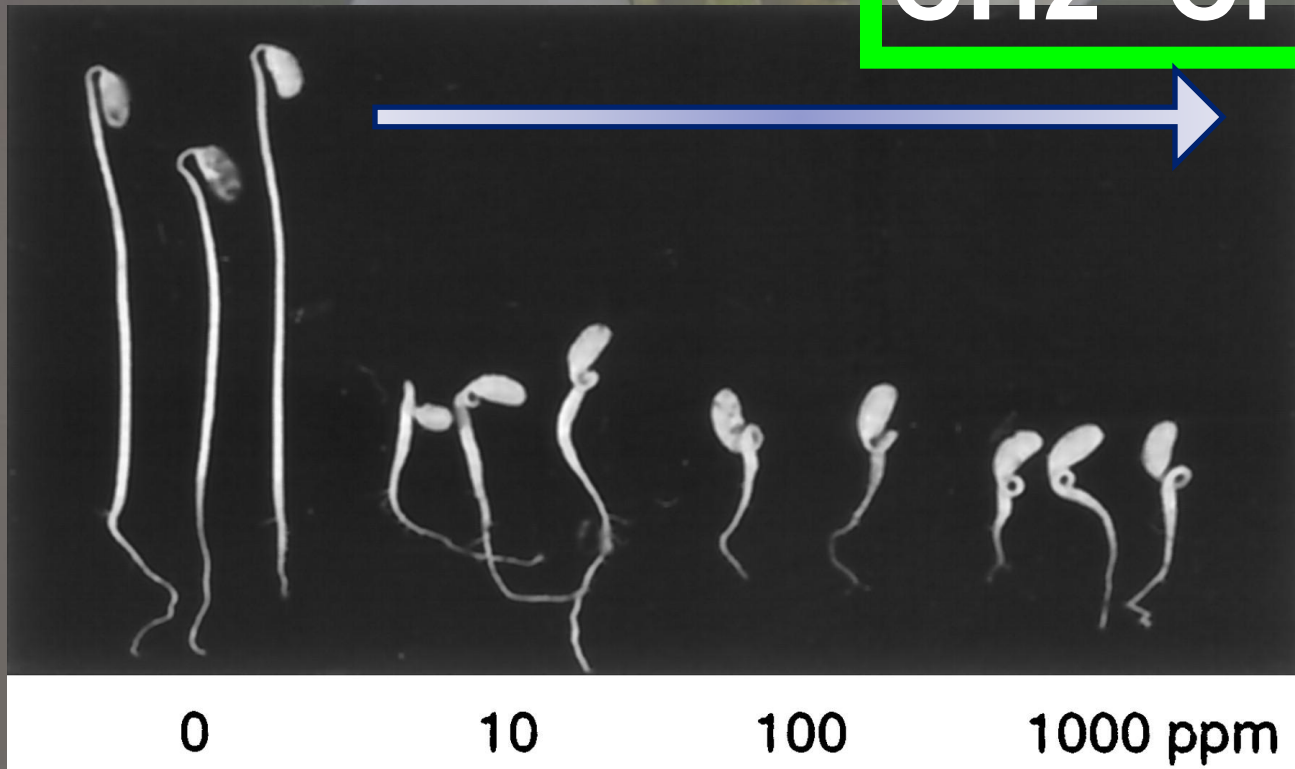
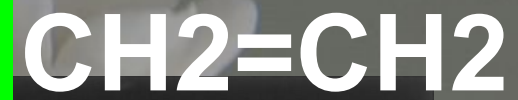
- Образование оси соцветия
- Участие в сложной регуляторной сети инициации цветения



# Основные эффекты гибберелина

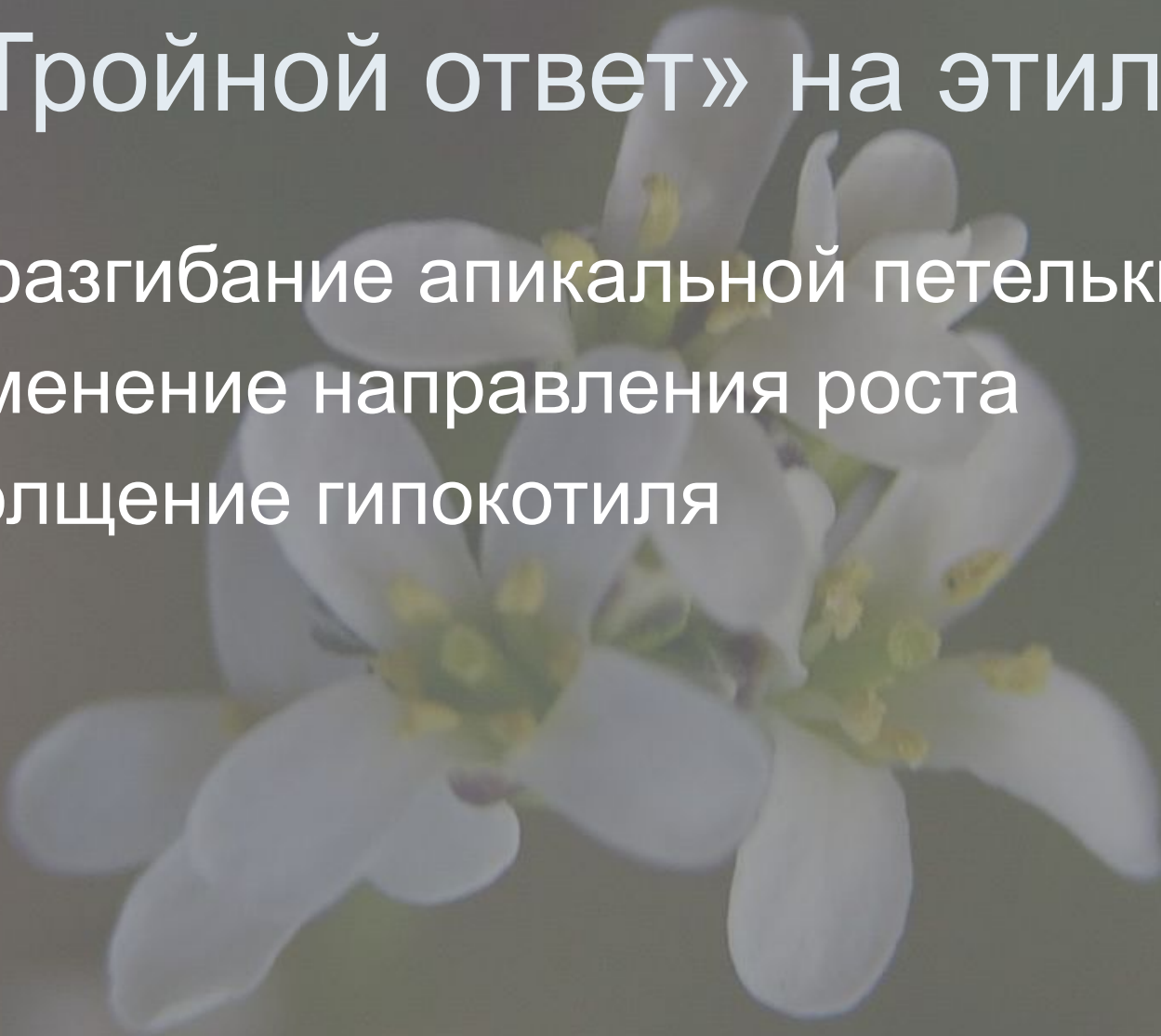
- Удлинение междоузлий
  - Растяжение клеток (не по пути кислого роста)
  - Пробуждение спящих почек
  - Прорастание семян
  - Участие в инициации цветения
- 

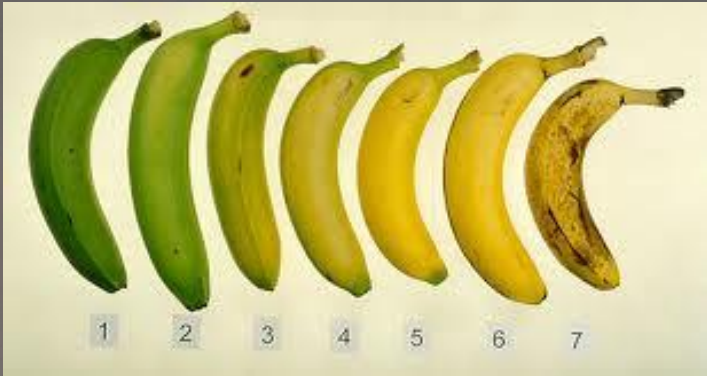
# Этилен



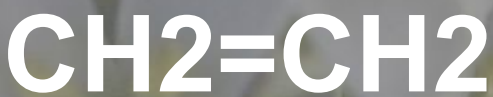
# «Тройной ответ» на этилен

- Неразгибание апикальной петельки
- Изменение направления роста
- Утолщение гипокотила

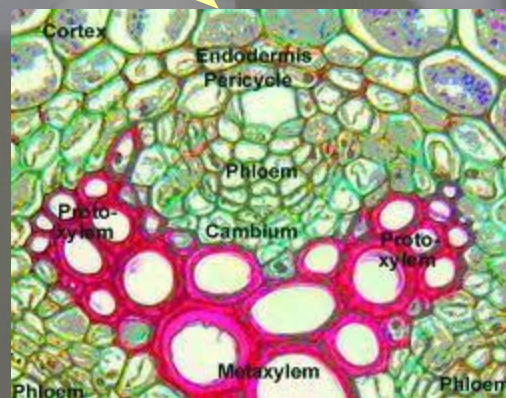




Устойчивость к механическому стрессу



Подавление роста



# Этилен и цветение ананасов



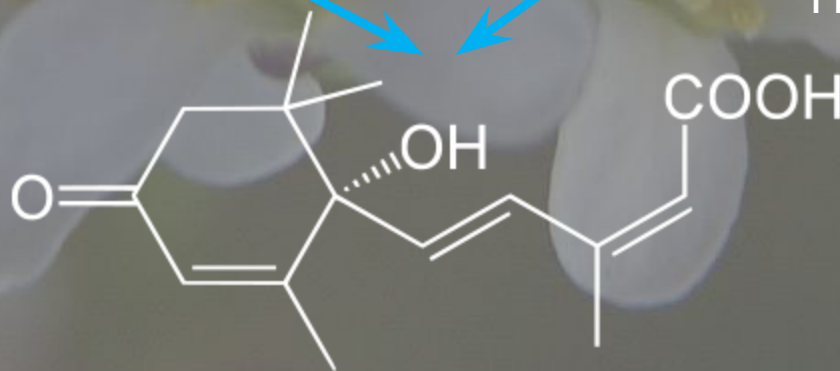
# Абсцизовая кислота



Коробочки хлопчатника



Почки березы



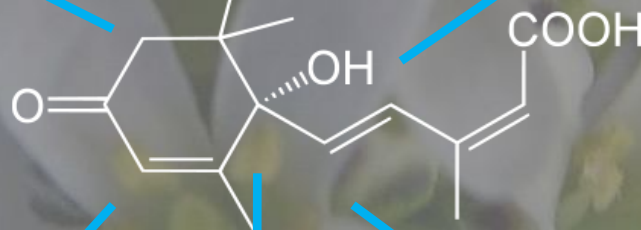
# Карта эффектов АБК



Вынужденный листопад



Закрывание устьиц



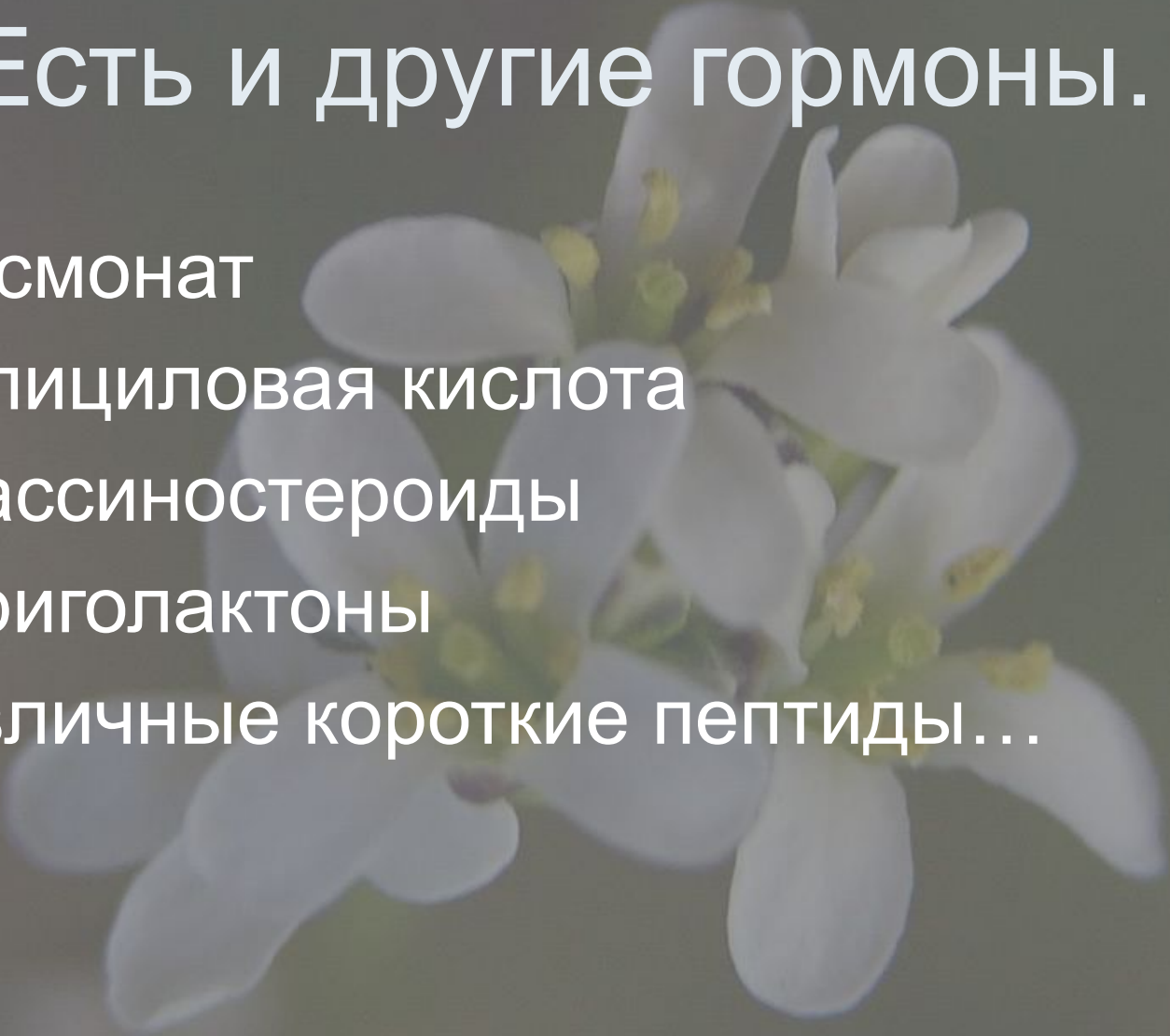
Покой семян

Ответ на засоление, засуху, замораживание



Зимний покой растений

# Есть и другие гормоны...

- Жасмонат
  - Салициловая кислота
  - Брассиностероиды
  - Стриголактоны
  - Различные короткие пептиды...
- 





**Спасибо за внимание!**