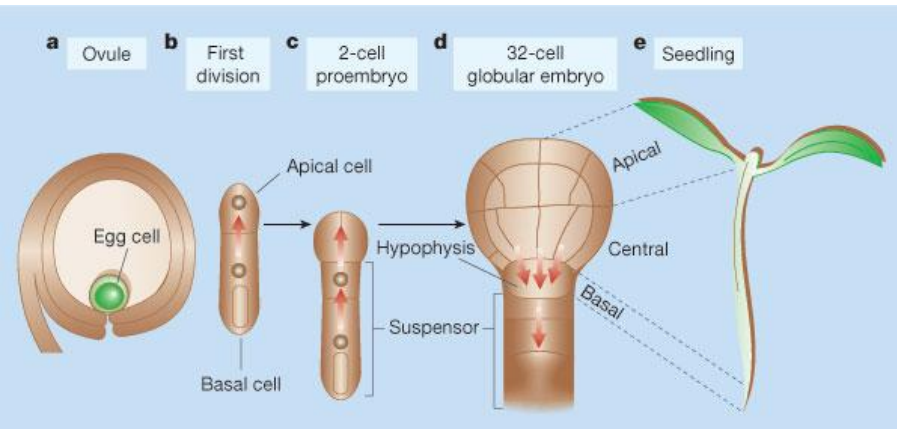


# Рост и развитие растений



*Передвижение ауксина при эмбриогенезе*



***Рост*** – это количественные изменения в ходе развития, которые заключаются в необратимом увеличении размеров клетки, органа или целого организма.

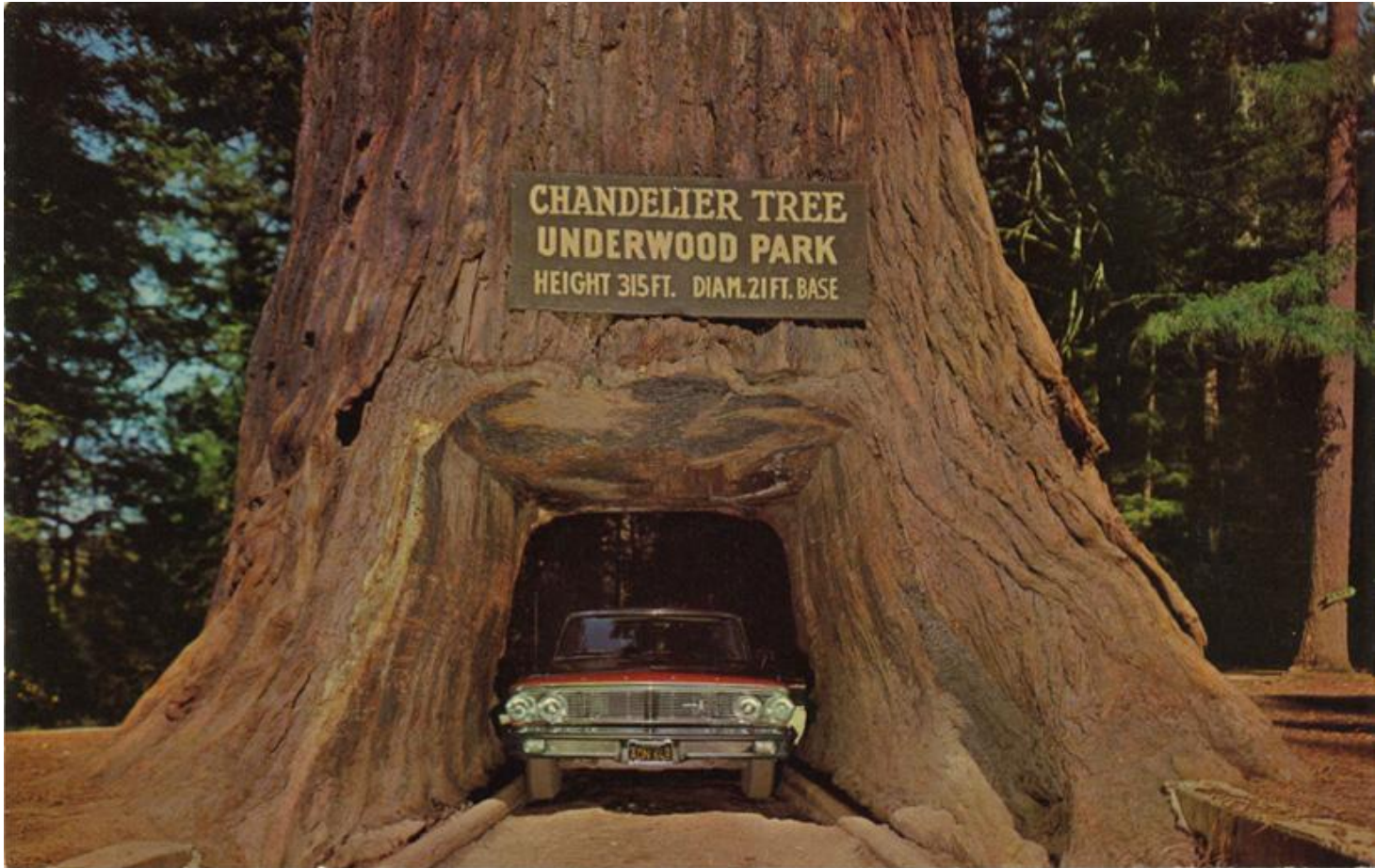
***Развитие*** – это качественные изменения компонентов организма, при которых имеющиеся функции преобразуются в другие. Развитие – это изменения, происходящие в растительном организме в процессе его ***жизненного цикла***. Если этот процесс рассматривать как установление формы, то он называется ***морфогенезом*** (см. морфологию и анат. в курсе ботаники)

***Пример роста – разрастание ветвей, благодаря размножению и увеличению клеток. Примерами развития являются образование проростков из семян при прорастании, образование цветка и т. д.***



**Онтогенез** – индивидуальное развитие организма от зиготы (или вегетативного зачатка) до природной смерти.

*Включает в себя все жизненные процессы и продолжается у разных растений от 10–14 дней до 3–5 тыс. лет. Самыми долгоживущими являются секвой – до 5 тыс. лет.*





## Этапы онтогенеза:

**Эмбриональный этап** у растений, размножающихся семенами, – это период формирования зародыша и семени от оплодотворения яйцеклетки до начала прорастания семени; для вегетивно размножающихся растений – период формирования почек в органах вегетативного размножения от возникновения почки до начала ее прорастания.

В это время ростовые процессы находятся в скрытой фазе или фазе подготовки.

Происходит синтез основных метаболитов, ядра, образование ростовых гормонов.



***Ювенильный этап*** – период заложения, роста и развития вегетативных органов от прорастания семени до появления способности к образованию репродуктивных органов.

В начале ювенильного периода растения не переходят к образованию репродуктивных органов даже в оптимальных условиях; потом они постепенно приобретают способность к репродукции, т. е. это этап доминирования ростовых процессов.

В это же время растение и его органы активно увеличиваются в размерах, происходит новообразование отдельных элементов растения (клеток, тканей, органов).

Многие авторы отмечают взаимодействие фитогормонов в период интенсивного роста растительного организма.

**Зрелость** – период цветения в семенных или репродукции в вегетативно размножающихся растениях, от появления первичных зачатков репродуктивных органов до формирования бутонов, цветков, клубней, луковиц и других органов, образование новых зародышей. В этот период процесс роста сопряжен с элементами генеративного развития.

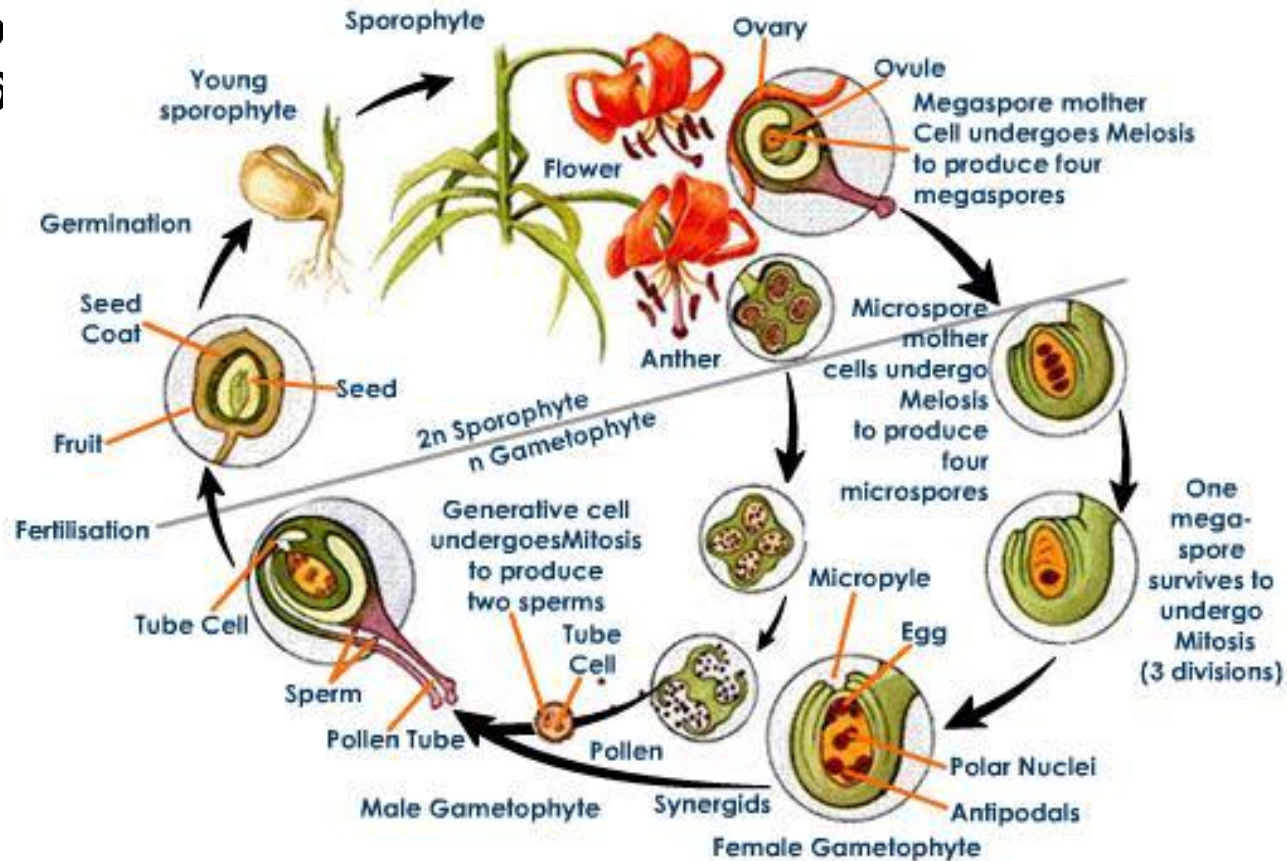
Совместно с ростом вегетативных частей растения происходит **детерминация** генеративных органов – приобретение клеткой, тканью, органом или организмом состояния готовности к реализации определенных наследственных свойств.

**Детерминация** развития характеризуется готовностью к развитию по определенному типу. Другими словами, растение переходит от этапа вегетативного размножения к этапу генеративного, т. е. к этапу спелости.



Следующий этап – **размножение** – период плодоношения, роста, развития и поспевания плодов и семян в растениях, размножающихся семенами; или поспевание клубней, луковиц и других органов у вегетативно размножающихся растений.

*Во время этого этапа доминируют процессы роста генеративных органов, увеличение размеров семян или других органов. В этот период доминируют природ*



Последний этап – ***старение*** – период от полного прекращения плодоношения до природного отмирания растений.

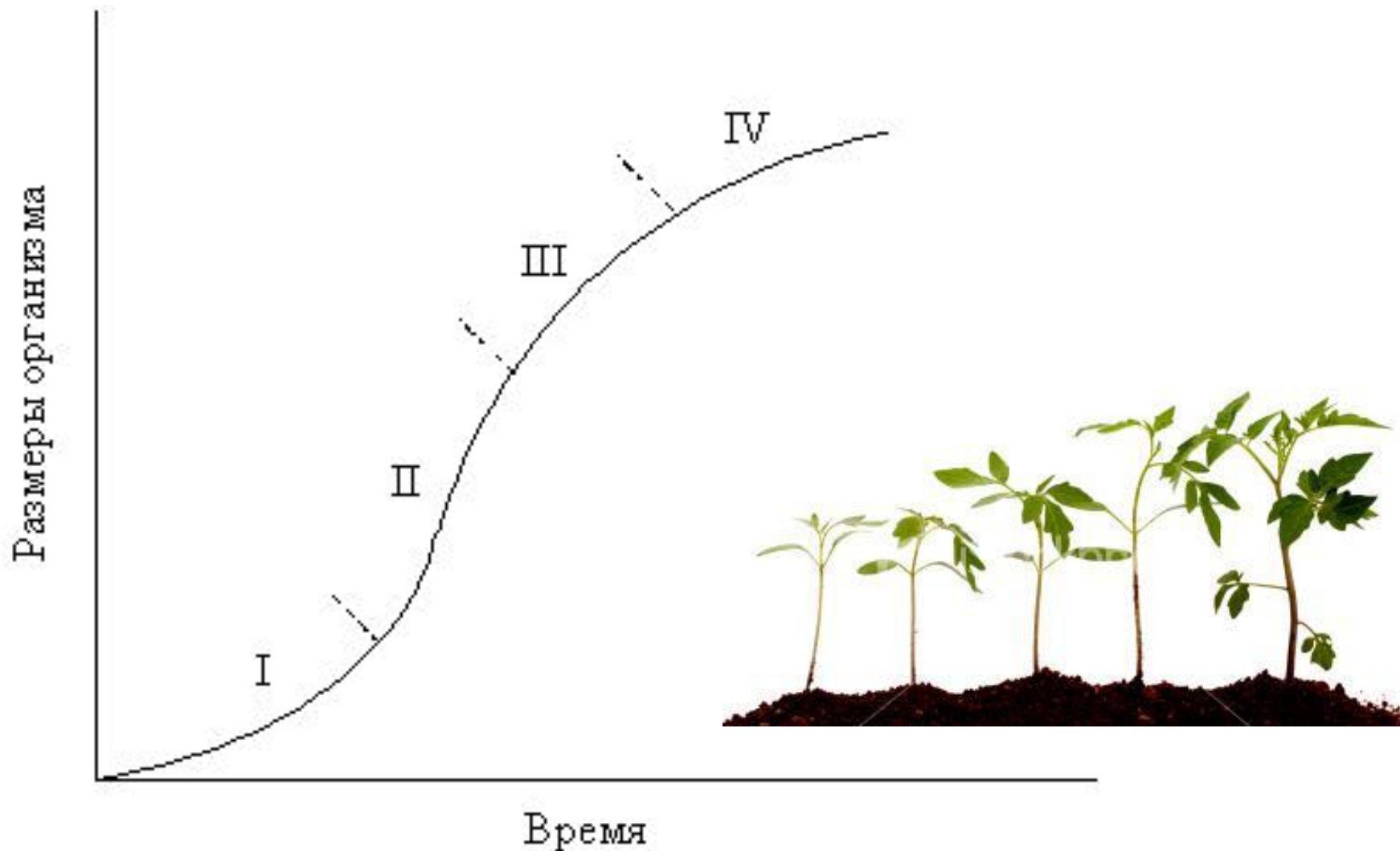
Рост в этом случае происходит очень редко.

Замедляют старение факторы, стимулирующие синтез РНК и белков, например, гормоны ***цитокинины***.





***Кривая роста***, характерная для роста всех органов, растений, популяций и т. д. (от сообщества до молекулярного уровня) имеет S-образный, или сигмоидный вид. ***Определяет ФЕНОМ растения!***



Кривую роста можно разделить на ряд участков:

**I - начальная лаг-фаза**, протяжение которой зависит от внутренних изменений, служащих для подготовки к росту

**II - логарифмическая фаза**, или период, когда зависимость логарифма скорости роста от времени описывается прямой

**III - фаза постепенного снижения скорости роста**

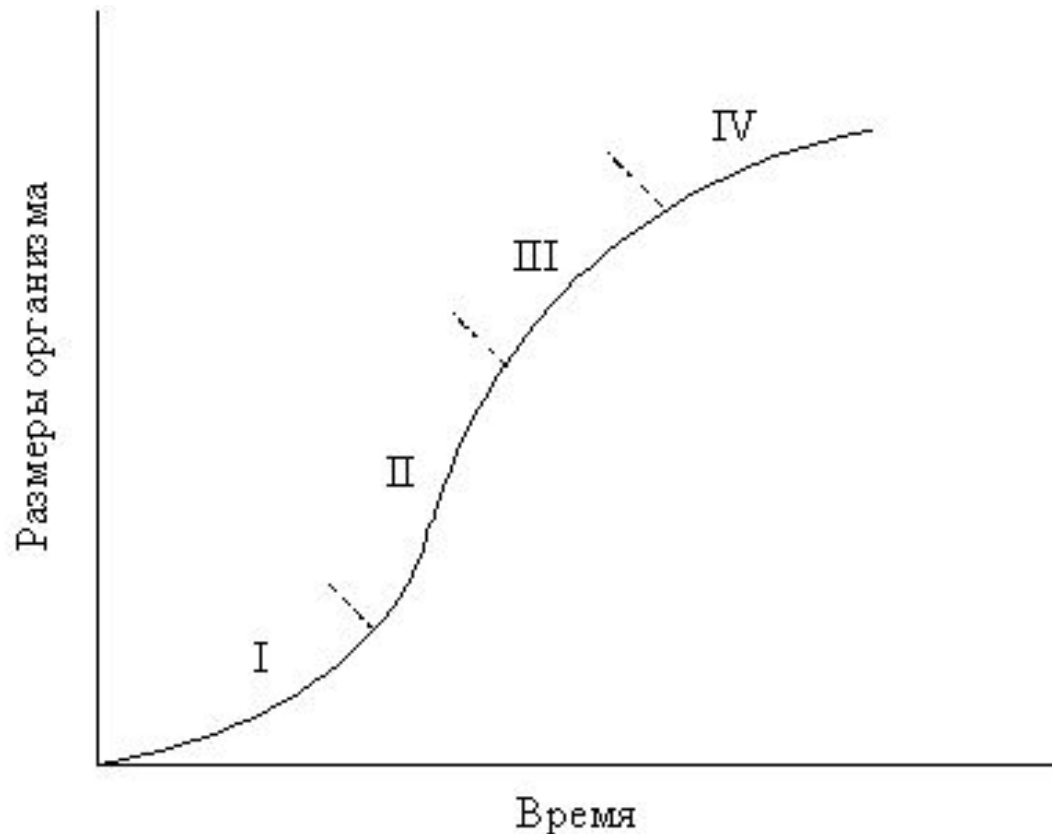
**IV - стационарная фаза,**

на протяжении

которой организм

достигает стационарного

состояния.

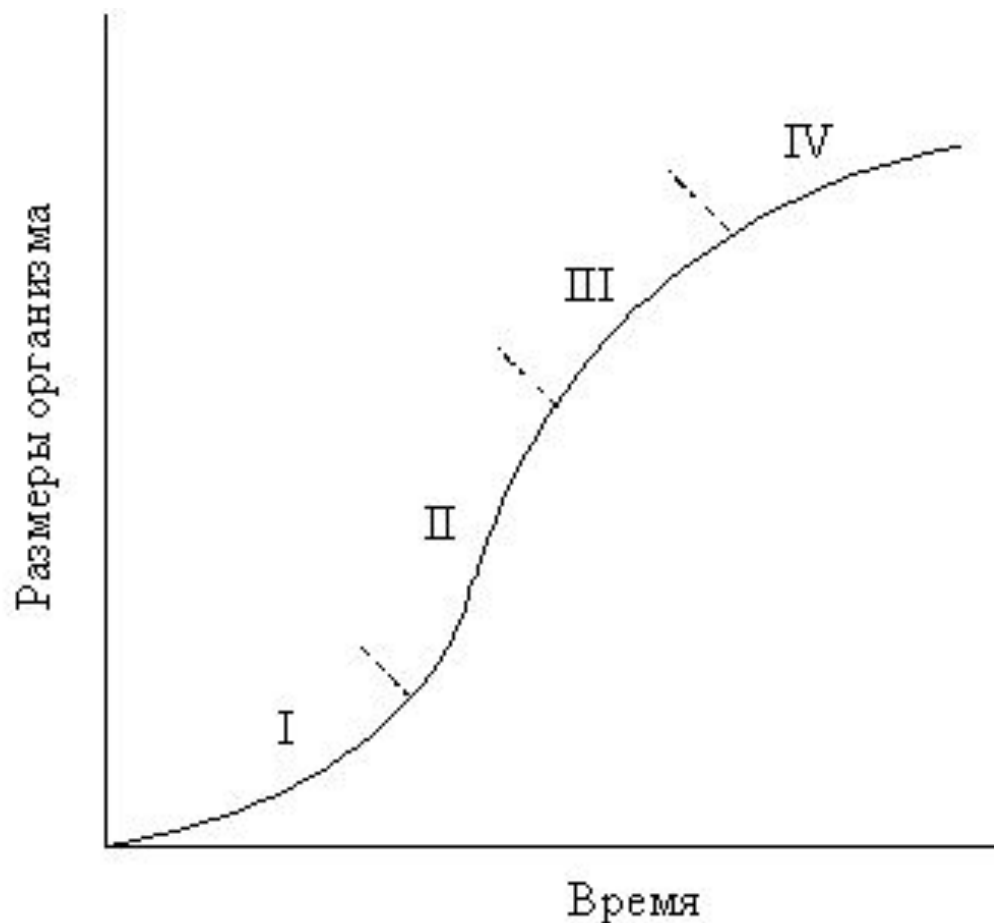


Кривые роста свидетельствуют о существовании разных типов *физиологической регуляции роста*.

В период лаг-фазы функционируют механизмы, связанные с образованием ДНК и РНК, синтезом новых ферментов, белков, а также биосинтезом гормонов.

В период логарифмической фазы наблюдается активное растяжение клеток, появление новых тканей и органов, увеличение их размеров, т. е. происходят этапы видимого роста.

По наклону кривой можно судить о генетическом фонде, который определяет ростовой потенциал данного растения, а также насколько хорошо соответствуют условия потребностям растения.

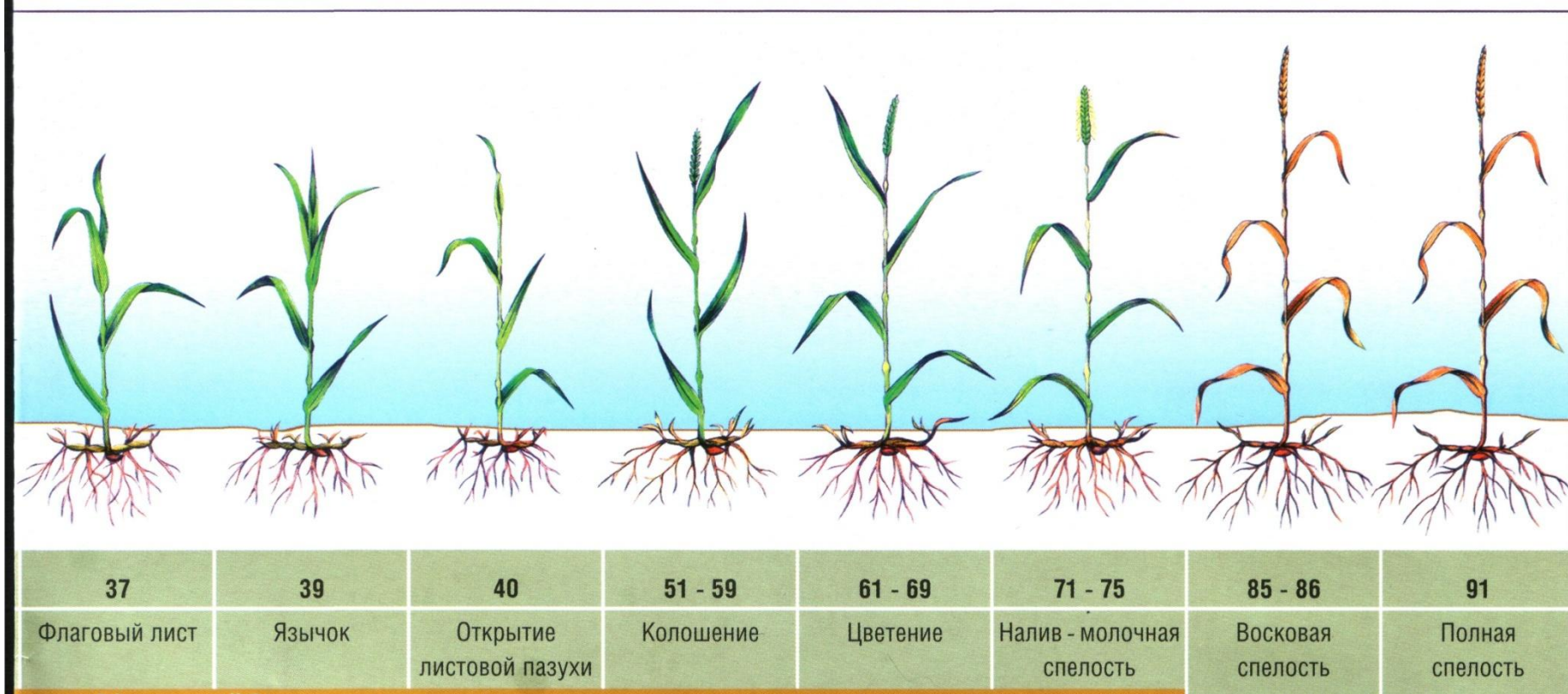




**Скорость роста побегов однодольных сельскохозяйственных растений составляет в среднем  $0,2-2 \mu\text{м}/\text{мин}$  (до 3 см в сут), многих тропических растений – до  $7-12 \mu\text{м}/\text{мин}$  (~ 10-15 см в сутки), а у побегов бамбука –  $200-400 \mu\text{м}/\text{мин}$  (30-60 см в сутки).**

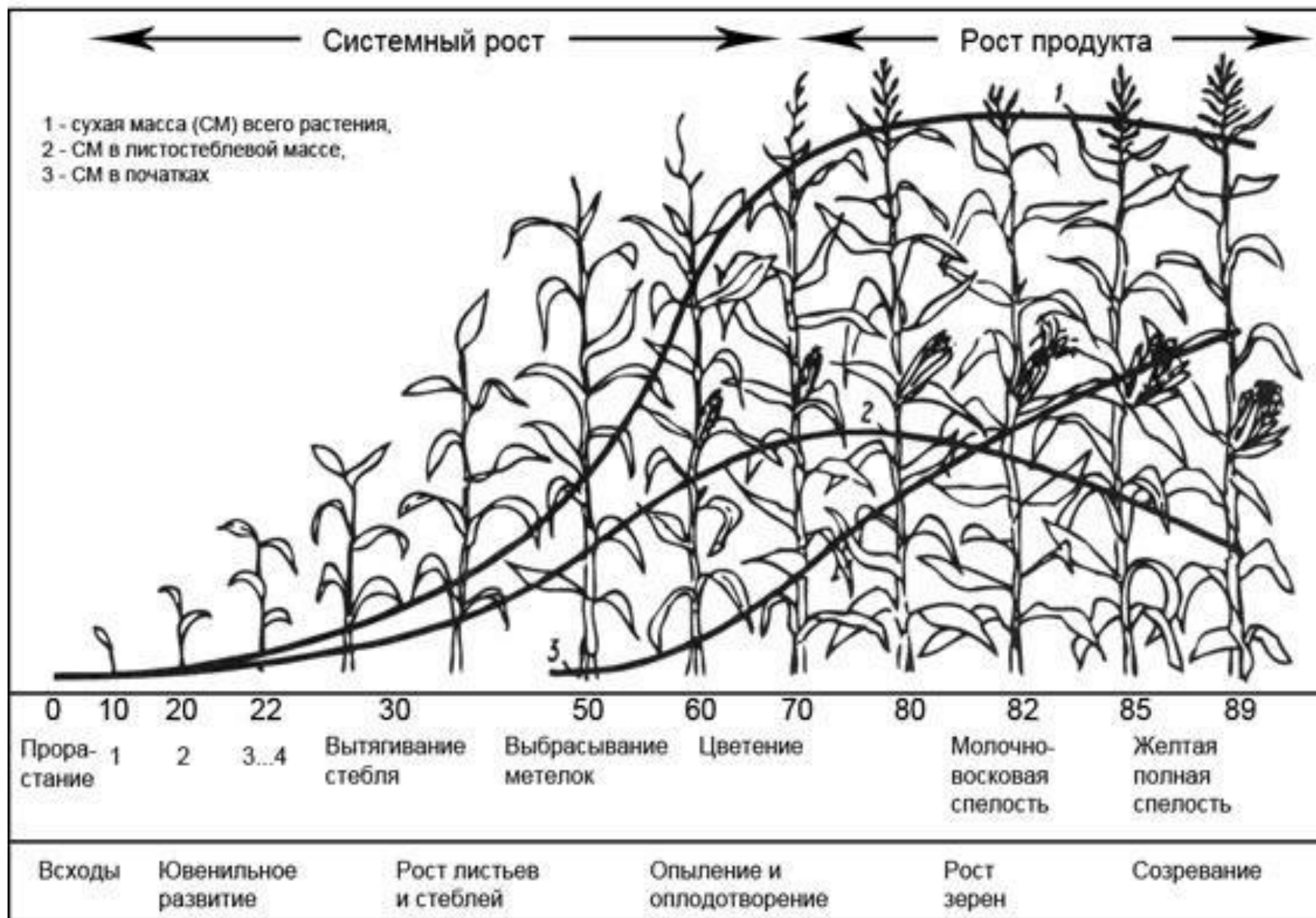


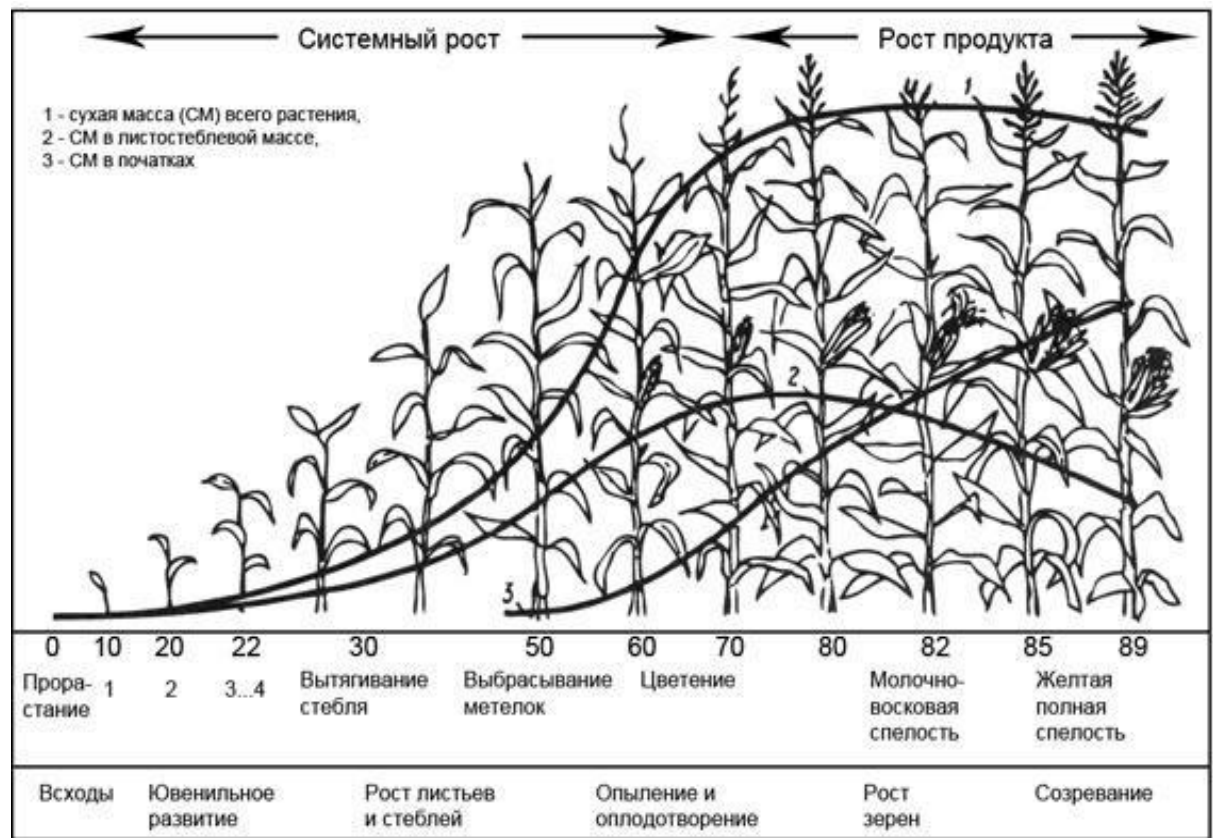
## Стадии роста и развития пшеницы:



## Пример важности анализа скорости роста для с/х растений.

Рост и развитие растений кукурузы и рост содержания сухой массы (СМ):





**Пример прикладной физиологии роста и развития растений см. по ссылке:**

[http://agromage.com/stat\\_id.php?id=440](http://agromage.com/stat_id.php?id=440)

У многоклеточных растений в отличие от животных рост (за исключением ранних стадий развития зародыша) происходит главным образом в определенных участках, *меристемах*.

***Меристемы*** – это зоны в растительном организме, где происходит регулярное размножение растительных клеток. Это *стволовые клетки растений*, активные на всем протяжении жизни и образующиеся при необходимости.

Эти зоны расположены *апикально*, т. е. на вершине растущего органа (в главных и боковых побегах и корнях), *базипетально* (в листьях и междоузлиях) или *интеркалярно*, например над узлами в солоmine злаков.

Между листом и стеблем в пазухах листьев закладываются *пазушные почки*. Пазушные почки, которые длительное время не дают побегов, называют спящими; при определенных условиях они пробуждаются и из них развиваются побеги.





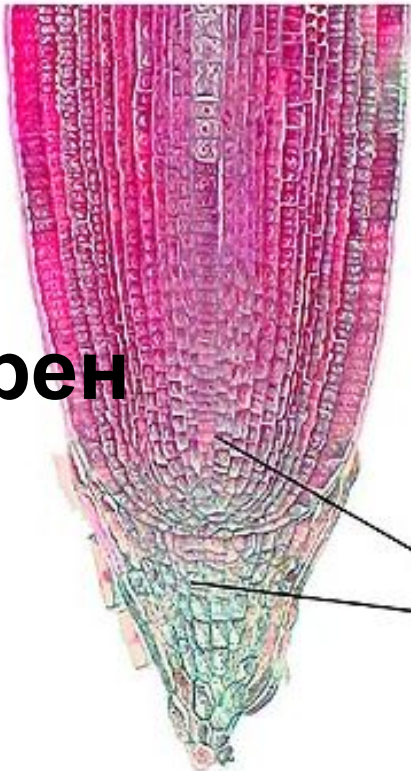
**Апикальная  
меристема**

**Апикальные меристемы  
обнаружены у  
однодольных и  
двудольных.**

**побе**

**Меристемы** – «вечные»,  
«нестареющие», эмбрионные ткани,  
способные неограниченному росту.

**Г**



**корен**

**Ь**

**Апикальные меристемы**  
локализованы в кончиках корней и  
побегов, а также в пазушных почках  
побегов.

Апикальные меристемы удлиняют  
побеги и корни. Этот процесс часто  
называют первичным ростом.

**Апикальная  
меристема**

# ***Латеральная меристема***

**(также называемая *вторичной*) – слой меристематических клеток, отвечающих за рост побега и корня в толщину.**

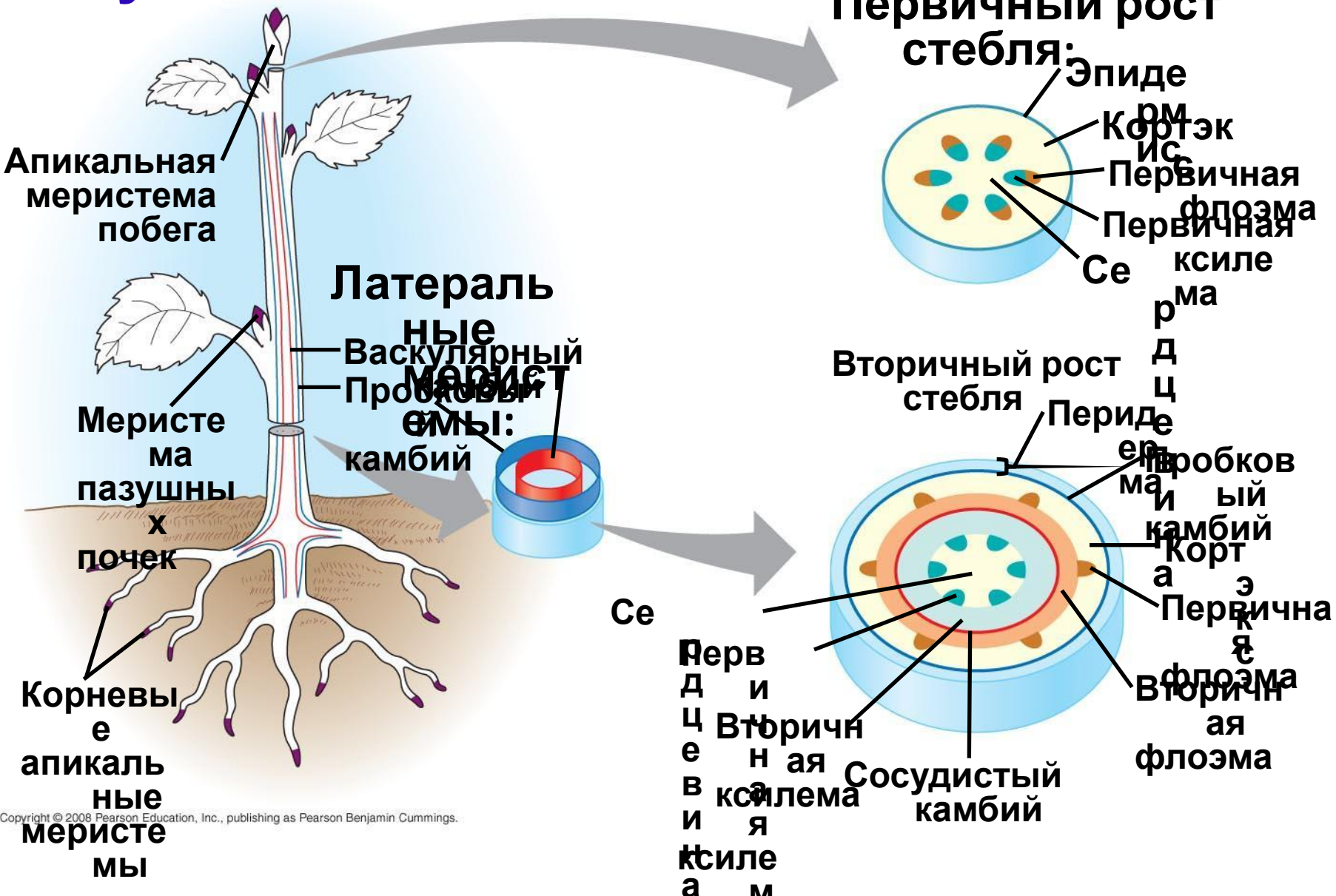
***Эта меристема не существует у однодольных!***

**Два основных типа:**

**Васкулярный (сосудистый) камбий – «бесконечно» продуцирует вторичную ксилему и вторичную флоэму, давая рост «древесине».**

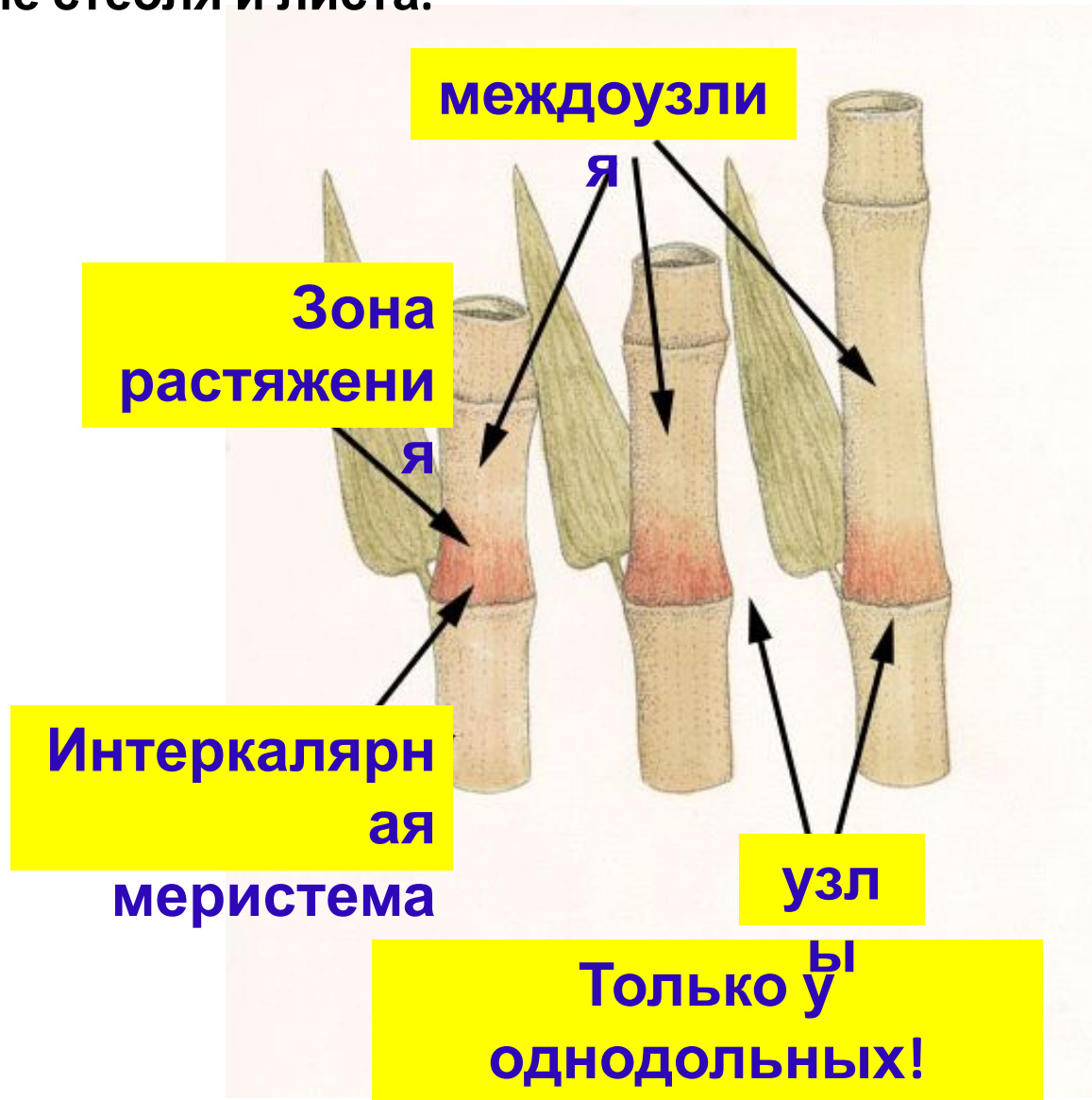
**Пробковый камбий – формирует клетки коры деревьев.**

# Меристемы двудольных

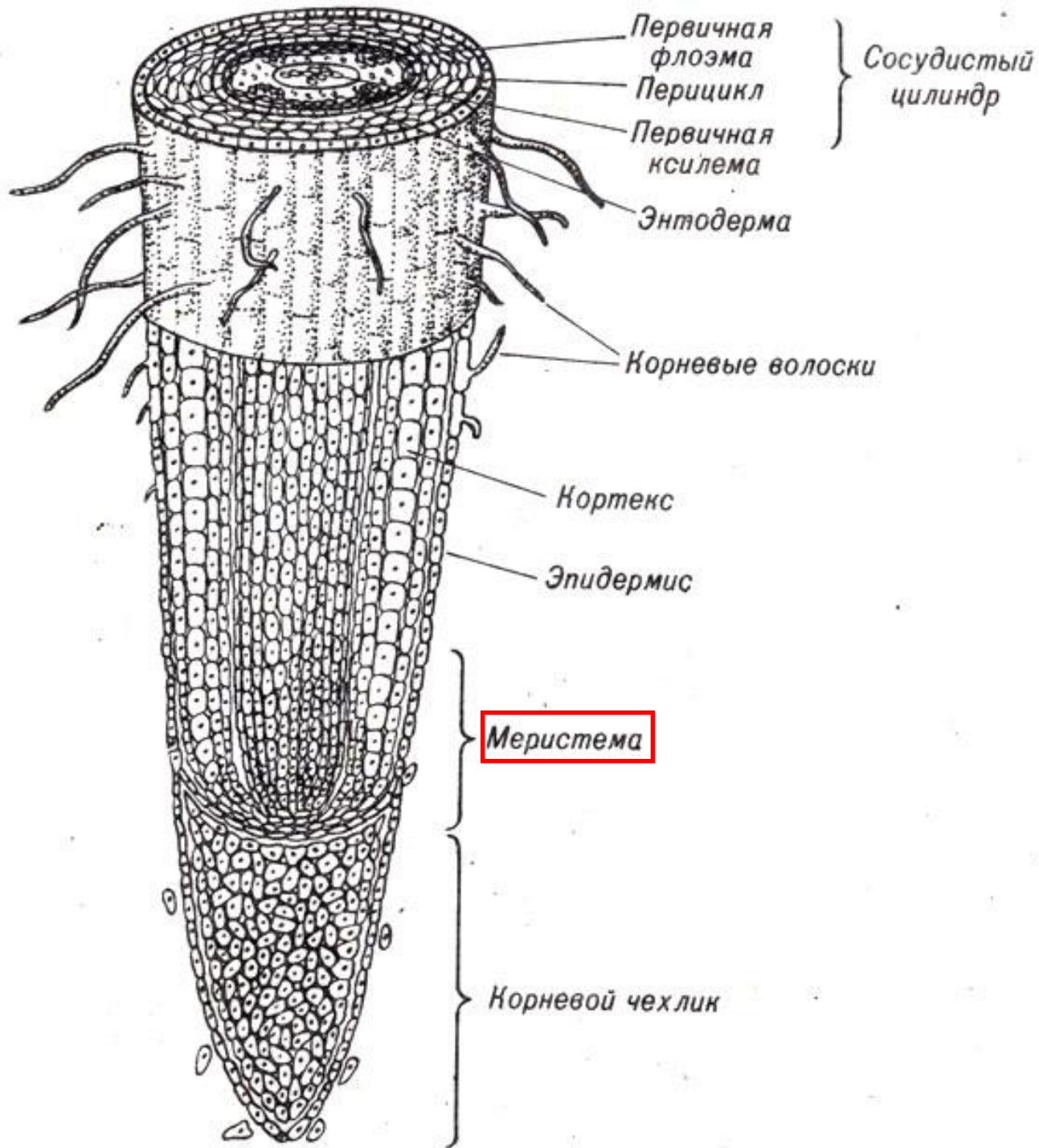


# Интеркалярная (вставочная) меристема

Локализована в основании узлов (нодов). Обеспечивает «клеткам» удлинение стебля и листа.



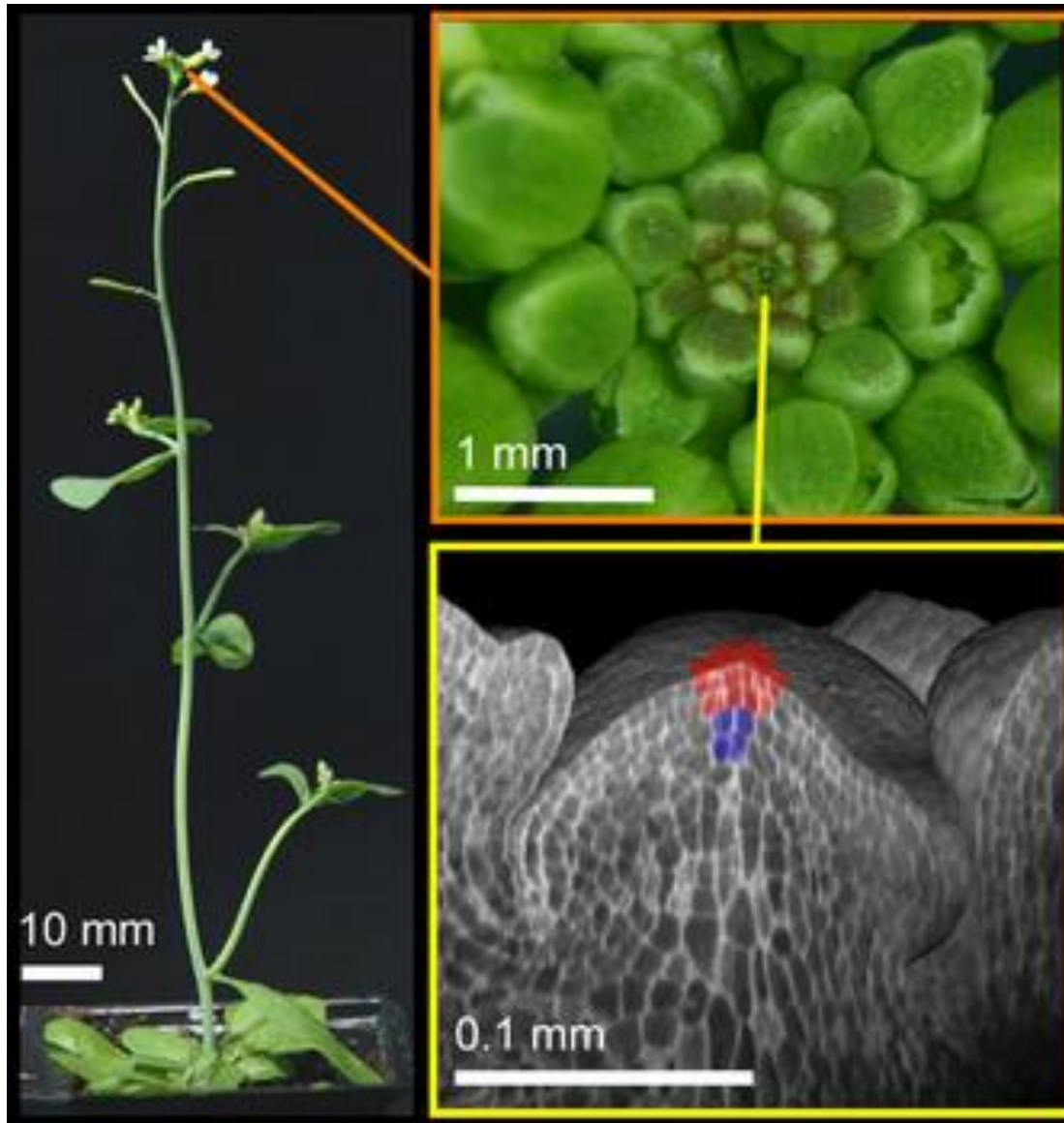




# Типы меристем и их функции

Тип	Локализация	Роль
Апикальная	Кончики корней и побегов	Первичный рост (часто удлинение), образование «первичного тела» растения
Латеральная	Зрелые части растения, параллельно продольной оси органа	Вторичный рост (часто утолщение). Васкулярный камбий дает начало вторичным проводящим тканям; образуется перидерма, которая замещает эпидермис и содержит пробку
Интеркалярная	Между участками постоянных тканей, например в узлах у однодольных	Рост в длину в промежуточных участках

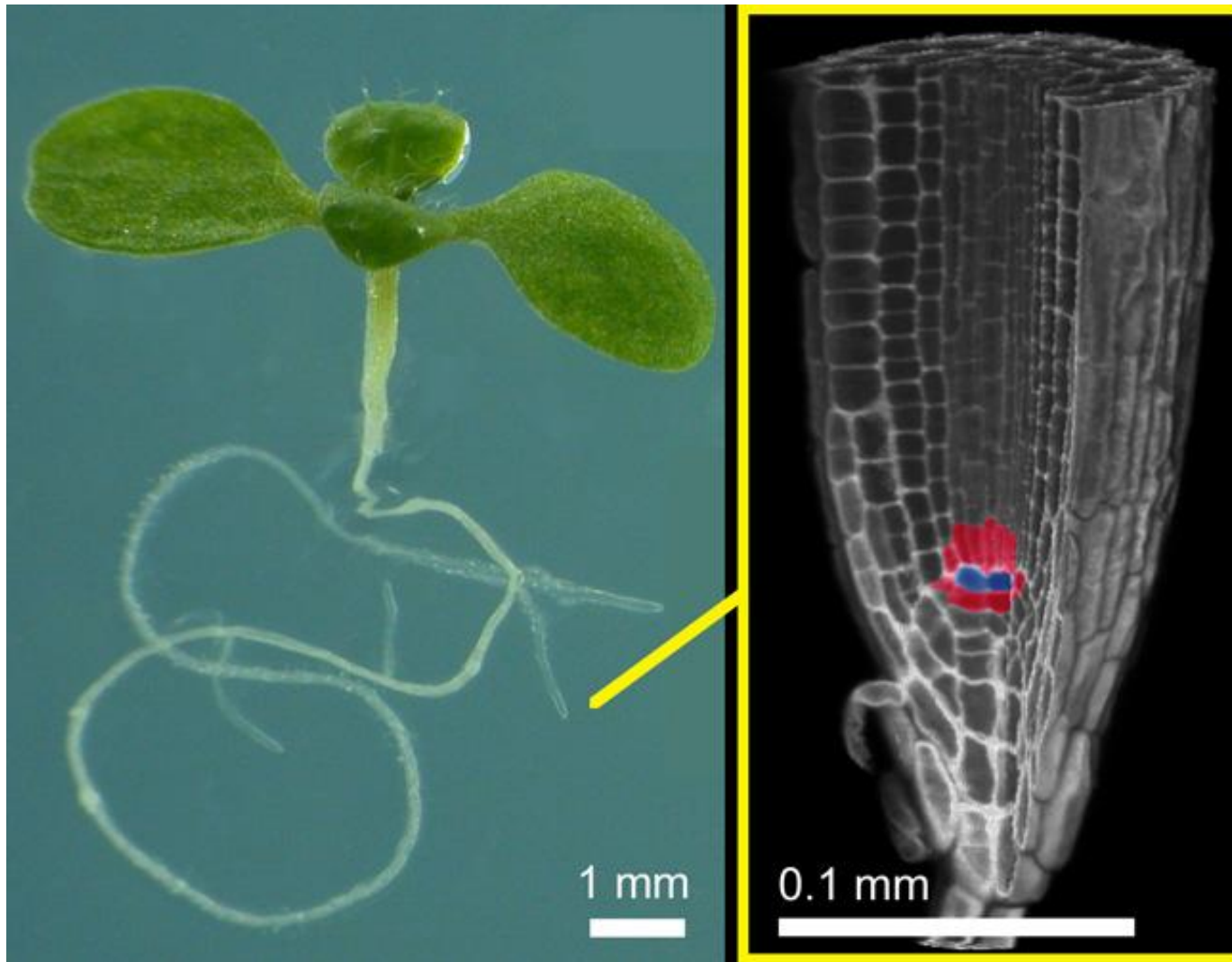
# Стволовые клетки растений



On the left, an *Arabidopsis* plant is shown, with the growing shoot tip indicated by the orange line. The orange box shows a top view of the shoot tip at higher magnification, with the shoot meristem in the center (indicated by the yellow line), surrounded by flower buds of increasing age.

The yellow box shows a virtual section through a three-dimensional reconstruction of the shoot meristem, based on microscopy images. **The cells marked in red are the shoot stem cells; the cells in blue are required to maintain the stem cells;** descendants of the stem cells are displaced to the periphery of the meristem, where they are periodically recruited to form a new organ (in this case, a new floral bud).

# Стволовые клетки растений

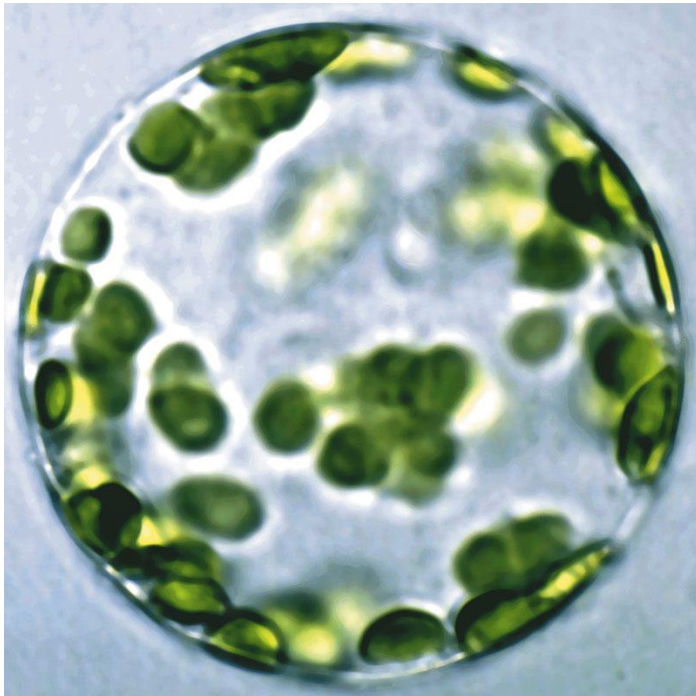


*Arabidopsis* plant is shown, with one of the root tips indicated by the yellow line. The yellow box shows a virtual section through a three-dimensional reconstruction of the root meristem, based on microscopy images. In the center of the root meristem, a small group of cells called **the quiescent (покоящийся) center (blue)** are surrounded by stem cells (red), whose descendants continue to divide for a while before differentiating into the various tissues that form the root.



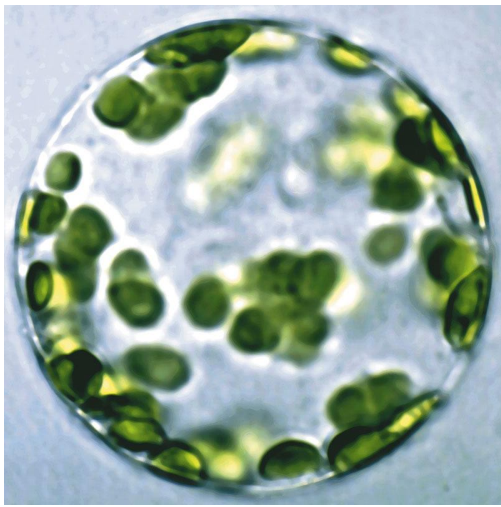
Уникальная способность растительной клетки – под влиянием воздействий реализовать принадлежащую ей *тотипотентность* и давать начало целому организму.

*Тотипотентной* является любая клетка растения, так как она владеет полным генофондом, т. е. всеми возможностями будущего организма. Тотипотентные клетки – генетически однородные «способные к омоложению» клетки.



*протопласт*



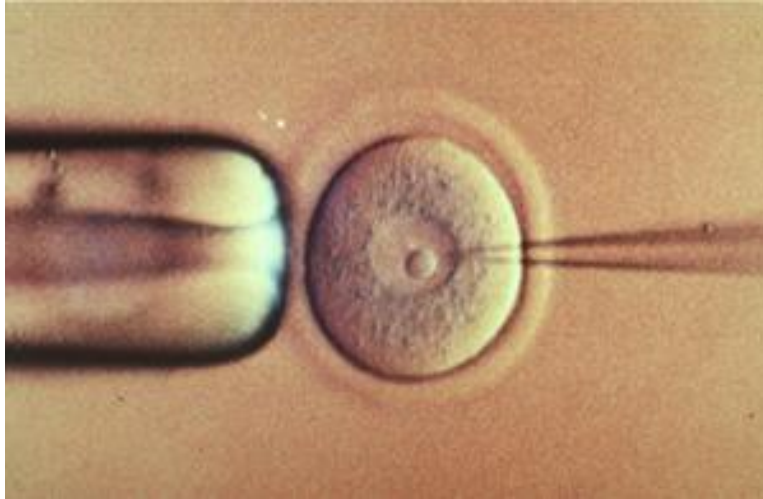


**протопласт**



**Первичное  
деление  
протопласта**

SCIENCEPHOTOLIBRARY



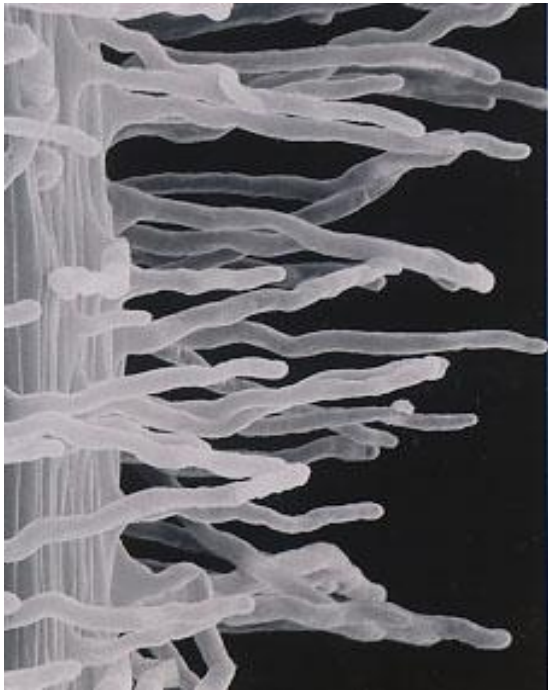
**При необходимости можно  
добавить или убрать гены**



**Одна клетка растения  
всегда способна дать  
целое растение!**

SCIENCEPHOTOLIBRARY





**Важнейший вопрос биологии растений – «КАК РАСТЕТ КЛЕТКА?»**

**Он пока не решен. Классические представления о росте клетки растяжением:**

**Рост растяжением представляет собой последующее увеличение объема клетки при сильном поступлении воды и образовании вакуолей, но при незначительном увеличении массы протоплазмы. Кроме быстрого поступления воды происходит и новообразование специальных белков.**

**На первом этапе** в клетке, способной к растяжению, наблюдаются два процесса – замедление синтеза компонентов цитоплазмы и медленное образование компонентов клеточной оболочки. На этом этапе увеличивается интенсивность дыхания, наблюдается активное новообразование фосфолипидов.



30 May 2003  
**Science**  
Vol. 300 No. 5624  
Pages 1263-1960 \$10

**На втором этапе под воздействием ИУК размягчаются оболочки.** Этот процесс связан с активацией деятельности ряда целлюлозо- и пектолитических ферментов, благодаря которым повышается эластичность клеточных оболочек.

Кроме того, генерируются активные формы кислорода, полярно «разрезающие» молекулы биополимеров клетки на более мелкие фрагменты, приводя к ослаблению клеточной стенки.

Одновременно в клетке идет образование вакуолей, повышается активность гидролитических ферментов, вакуоли наполняются сахарами, аминокислотами и другими осмотически активными соединениями.

Таким образом, вода поступает в клетку и формируется большая центральная вакуоль.



***Второй этап растяжения*** клетки обусловлен рядом биохимических реакций, среди которых ведущую роль играет индолил-уксусная кислота (ИУК – это ауксин, фитогормон), запускающая выделение  $H^+$ -ионов из цитоплазмы ( $H^+$ -помпа).

В итоге подкисляются клеточные стенки, в них активируются ферменты типа кислых гидролаз и разрываются кислотолабильные связи.

В результате происходит два типа изменений в оболочке – образование просветов и сдвиги углеводных слоев, т. е. своеобразное растяжение матрикса.

***Последний этап*** растяжения – ***остановка***. Три классические гипотезы, объясняющие процесс остановки растяжения:

- 1.** Ауксин активирует не только разрыхление оболочки и разрыв ковалентных связей, но и активирует синтез элементов вторичной клеточной стенки; последняя тормозит растяжение клетки.
- 2.** В клетке происходит синтез предшественников лигнина, которые участвуют в разрушении ауксина и торможении клеточного растяжения.
- 3.** В клетке на последнем этапе растяжения синтезируется в большом количестве этилен – фитогормон - антагонист ауксина и ингибитор клеточного растяжения.