

# Действия на растения низкой температуры

- **Низкотемпературный стресс (*cold shock*)** - совокупность ответных реакций растений на действие холода или мороза, соответствующих генотипу растений и проявляющихся на разных уровнях организации растительного организма от молекулярного до организменного
- **Холодоустойчивость** – способность теплолюбивых растений переносить действие низких положительных температур.

Растения, которые не повреждаются и не снижают своей продуктивности при температуре от 0 до +10° С называются **ХОЛОДОСТОЙКИМИ**



# СХЕМА ПОВРЕЖДЕНИЯ КЛЕТОК ПРИ ВНЕКЛЕТОЧНОМ ОБРАЗОВАНИИ ЛЬДА



# ТИПЫ ОБРАЗОВАНИЯ ЛЬДА В МОРОЗОУСТОЙЧИВЫХ РАСТЕНИЯХ



## ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЙ

- редко наблюдается в природе
- результат быстрого замерзания
- повреждения механической природы (разрыв мембран)
- всегда летально

## ВНЕКЛЕТОЧНЫЙ

- наблюдается во всех растениях зимой
- результат медленного замерзания
- вызывает повреждения, редко гибель

## ВНЕОРГАННЫЙ

- вблизи меристематических тканей
- оказывает наименее повреждающее действие

# Устойчивость к перезимовке складывается из 2х этапов

## Первый этап

Уход от воздействия путем перехода в состояние покоя.

- Обезвоженные ткани, например, семена, споры грибов, могут сохраняться при температуре около абсолютного нуля ( $-273^{\circ}\text{C}$ ).



## Второй этап

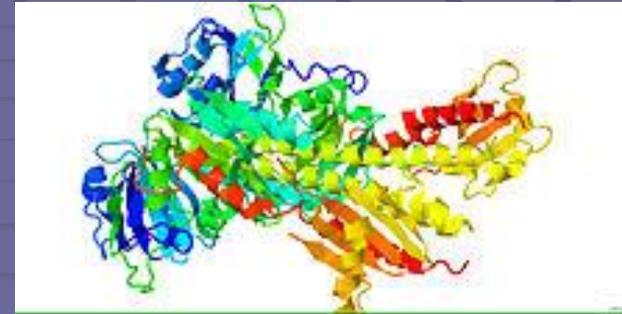
Возникновение физиологических и биохимических приспособлений в ходе естественного закаливания в осенний период

Закаливание происходит на свету в 2 фазы:

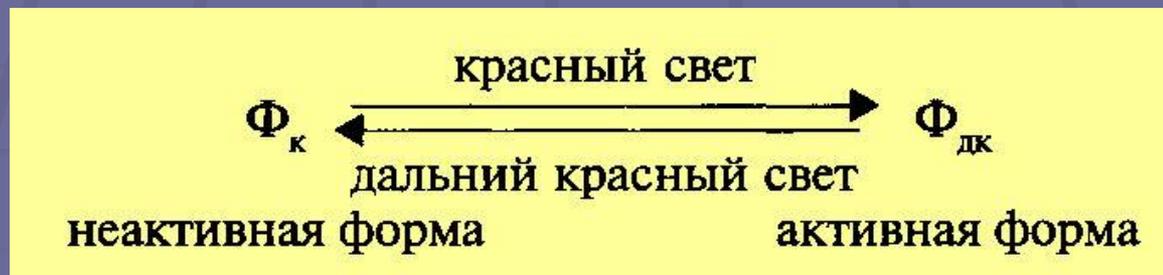
- 1 при низких положительных температурах,
- 2 в условиях отрицательных температур-медленное охлаждение

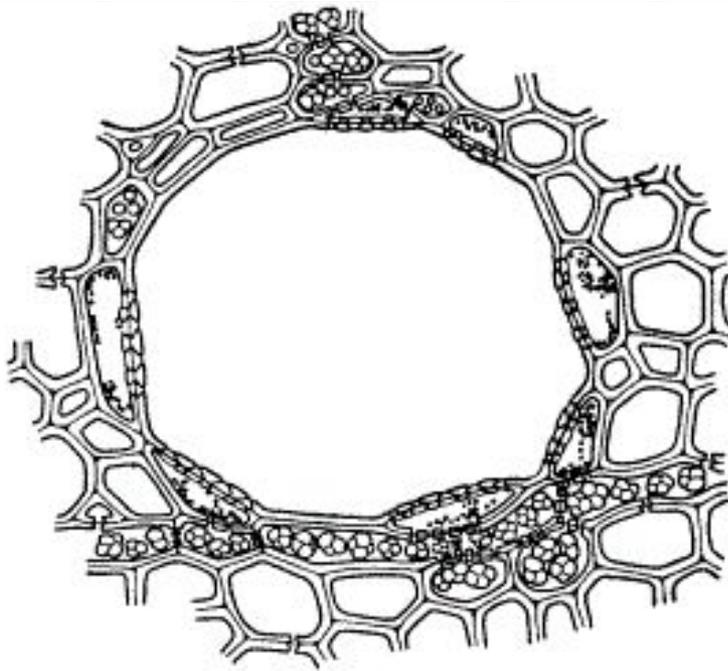
**Фитохром** — фоторецептор, сине-зеленый пигмент, существующий в двух взаимопревращающихся формах. Фитохром — это белок, содержащий билиновый хромофор.

Фитохром участвует в рецепции изменений освещенности, активирует гены, которые кодируют белки, связанные с переходом в состояние покоя у растений.

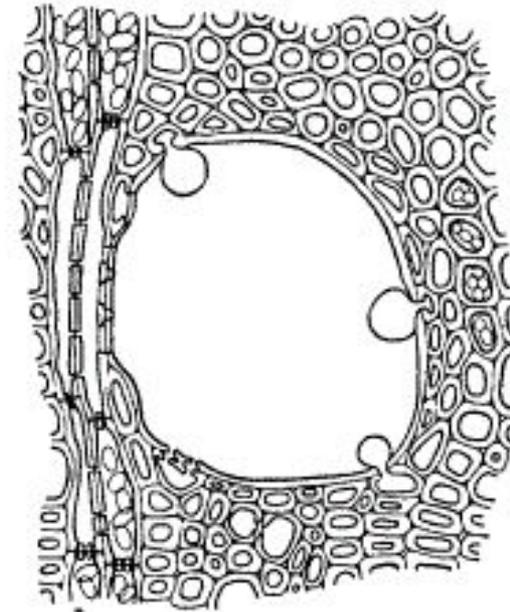


Фитохром существует в двух формах: поглощающей красный свет при 660 нанометрах ( $\Phi_k$ ) и поглощающей дальний красный свет при 730 нанометрах ( $\Phi_{dk}$ ).





Сосуд из древесины ствола грецкого ореха, окружённый паренхимой



Образование тилл в сосуде древесины грецкого ореха

При действии низкой температуры у древесных растений формируются почки возобновления. Почечные чешуи, молодые листья и осевые части внутри почек накапливают АБК и фенольные ингибиторы роста.

Прекращается деятельность камбия и феллогена. Клетки ксилемной паренхимы, находящиеся вблизи сосудов, врастают в них через поры и образуют тиллы, закупоривающие сосуд. В тиллах происходит отложение крахмала, солей кальция и смолистых веществ.

Устойчивость к перезимовке:

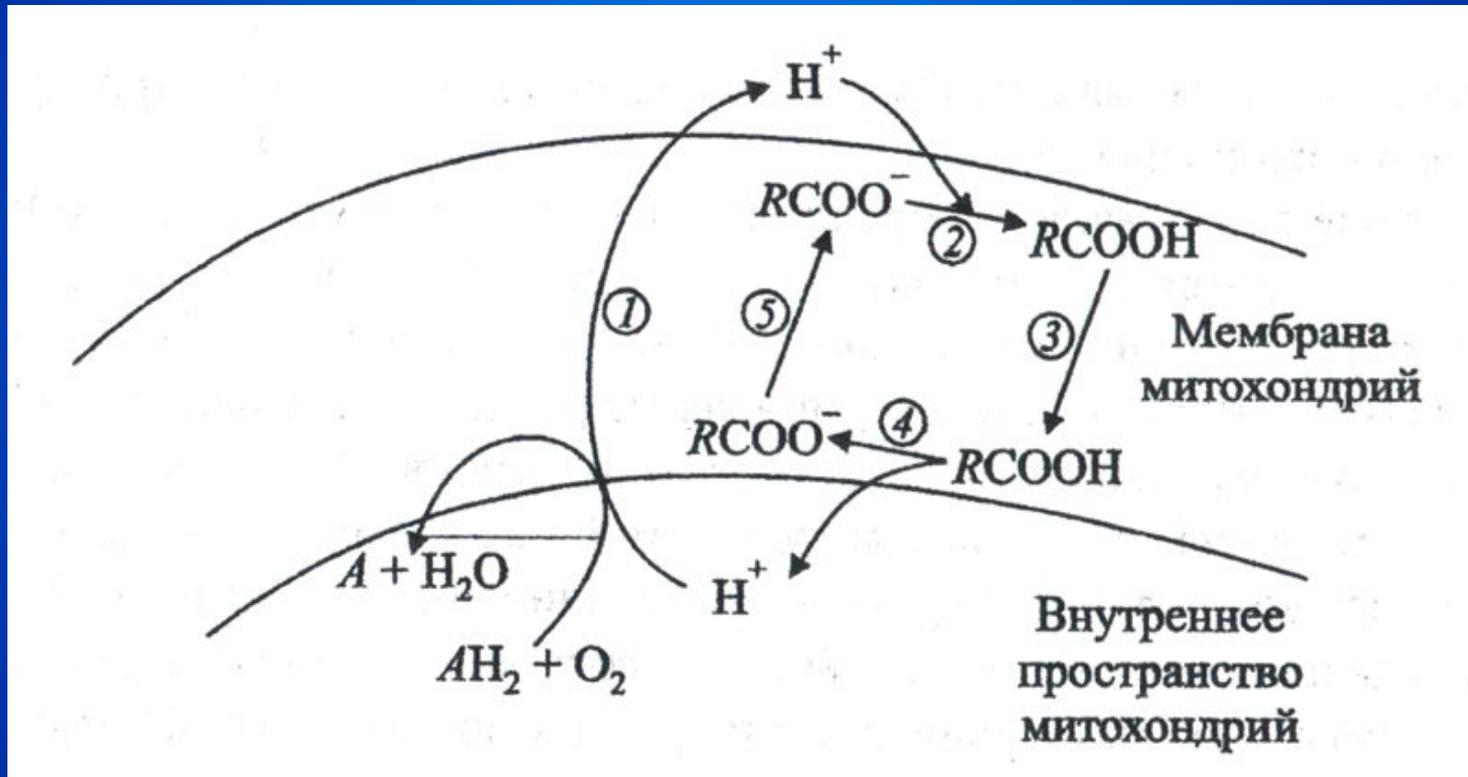
## **Второй этап**

Возникновение физиологических и биохимических приспособлений в ходе естественного закаливания в осенний период

Закаливание происходит на свету в 2 фазы:

- 1 при низких положительных температурах (+5-0 °C),
- 2 в условиях отрицательных температур-медленное охлаждение

# Роль свободных жирных кислот в генерации тепла в митохондриях при низкой температуре (по Скулачеву, 1998)



**$RCOOH$ ,  $RCOO^-$  – жирная кислота и ее анион**  
 **$AH_2$  – дыхательный субстрат**  
 **$A$  – продукт дыхания**



# Физиологические и молекулярные механизмы адаптации к отрицательным температурам

- *Накопление криопротекторов – сахаров и других совместимых осмолитов*
- *Изменение состава мембранных липидов и увеличение текучести мембран*
- *Ограничение роста внеклеточного льда и синтез антифризных белков*
- *Синтез стрессовых белков холодового ответа.*  
COR-белки холодового ответа, промоторы которых имеют одинаковый регуляторный элемент CRT/DRE, с которым связывается трансфактор CBF1, запускающий экспрессию всех COR-генов.

# Вторая фаза закаливания

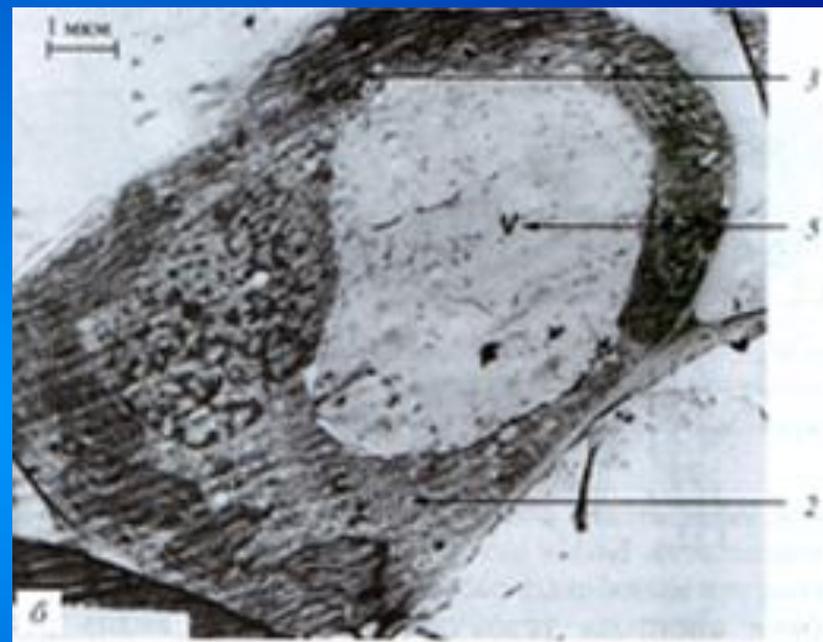
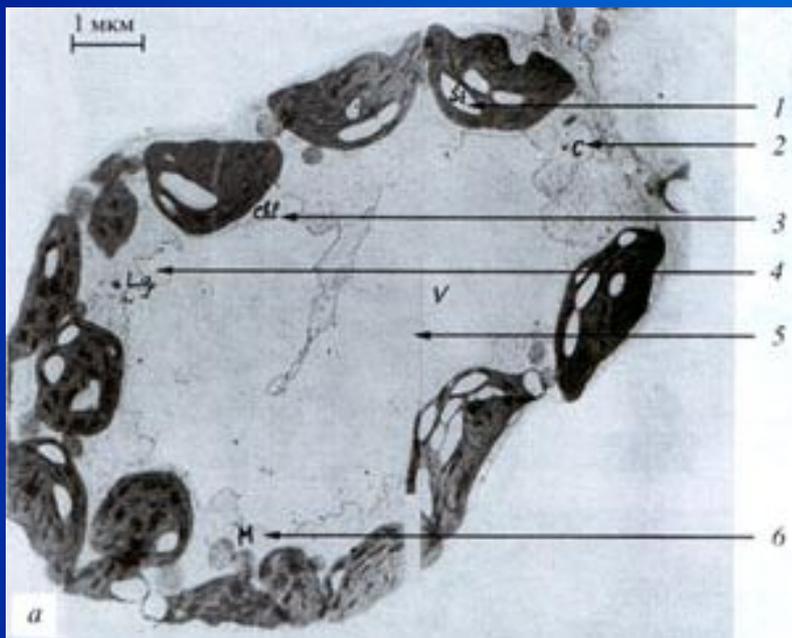
Осуществляются 2 основных приспособления:

- 1) транспорт свободной воды из клетки;

*Основную роль в транспорте свободной воды из клеток к местам внеклеточного образования льда играют мембраны. Высокая проницаемость мембран при замораживании обеспечивается увеличением содержания ненасыщенных жирных кислот.*

- 2) повышение устойчивости клетки к обезвоживанию. *Водоудерживающие силы увеличиваются за счет криопротекторов. Закаленные клетки не повреждаются концентрированным клеточным соком, т.к. в этот период они находятся в химически инертном состоянии.*

## Клетки мезофилла листьев озимой пшеницы в вегетирующем (а) и закаленном (б) состояниях



1 – крахмальное зерно, 2 – цитоплазма, 3 – хлоропласт, 4 – липидная капля, 5 – вакуоль, 6 - митохондрия

## Хлоропласты листьев озимой пшеницы в вегетирующем (а) и закаленном (б) состояниях



1 – крахмальное зерно, 2 – грана, 3 – тилакоид, 4 – липидная капля

# Действие других почвенно-климатических факторов зимне-весеннего периода:

<i>Выпревание</i>	в нехолодные зимы с толстым снежным покровом. Количество сахаров снижается с 20-25% до 2-4%
<i>Вымокание</i>	весной, когда на поверхности почвы скапливается талая вода, не впитывается в почву
<i>Ледяная корка</i>	после оттепели возникает мороз, вода замерзает над растением. Лед непроницаем для кислорода, хорошо проводит тепло, растение вымерзает
<i>Выпирание корней</i>	во время оттепели вода успевает впитаться в почву, а затем замерзает при понижении температуры
<i>Зимняя засуха</i>	при сильных и продолжительных ветрах, при нагреве солнечными лучами
<i>Зимне-весенние ожоги</i>	в районах с солнечной зимой на южной стороне ветвей и молодых стволах появляются ожоги. Чаще у неопробковевших частей растений

