

# **ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**

**Курс лекций**

***Лектор – доцент Панфилова  
Ольга Федоровна***

# Жизнь растения

- Превращение веществ
- Превращение энергии
- Превращение формы
- Превращение информации

# Уровни изучения жизни

- Молекулярный
- Клеточный
- Тканевой
- Органный
- Организменный
- Популяционный
- Эколого-географический
- Планетарный

# Предмет физиологии растений

- Изучение функций растений
- Установление их роли и взаимосвязи в целостном организме
- Выявление зависимости функциональных проявлений от условий среды

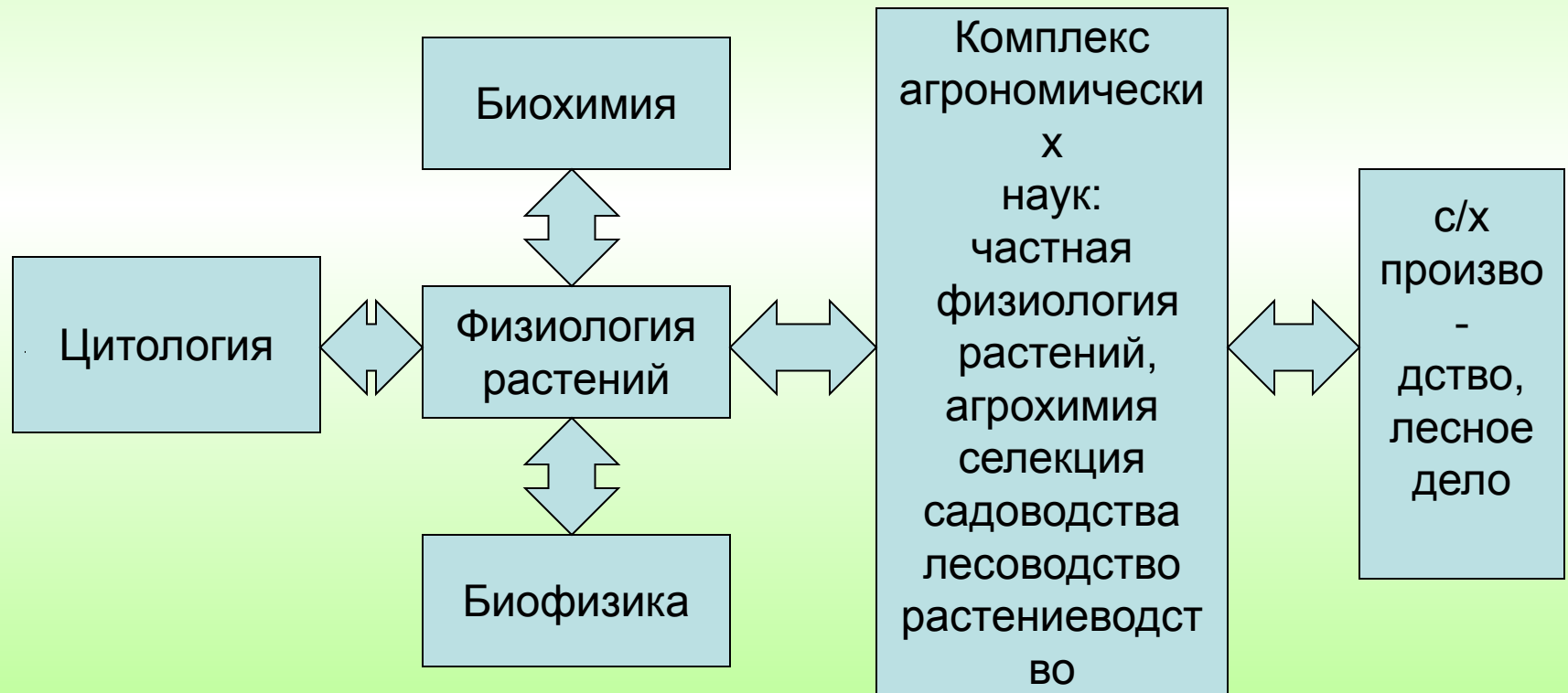
# Цель физиологии растений

- Научное обоснование приемов охраны природы.
- Разработка физиологических основ практических мероприятий по повышению продуктивности и устойчивости растений.

# Особенности древесных растений

- ❖ Продолжительность жизни, исчисляемая сотнями лет.
- ❖ Исключительная громоздкость => необходимость четкой координации функций различных органов и частей дерева.
- ❖ Относительно малые размеры флоэмной части по сравнению с объемом ксилемы.
- ❖ Древесные растения выдерживают вековые воздействия неблагоприятных условий, оставляющих следы в виде неравномерных по толщине годичных слоев древесины; изучает наука – дендроклиматология.
- ❖ Позднее вступление в плодоношения, периодичность плодоношения, длительный период формирования семян и созревания плодов.

# Место физиологии растений среди других наук (А.Л. Курсанов)



# Задачи :

- Научиться так регулировать жизнедеятельность дерева, чтобы получать как можно больше стволовой древесины высокого качества в течение более короткого времени.
- По внешнему виду или с помощью простых приборов определять причины нарушений жизнедеятельности и обеспечить мероприятия, направленные на повышение устойчивости.
- Знать физиологические основы выращивания посадочного материала.
- Подбор ассортимента для озеленения городов, полезащитного лесоразведения
- Обеспечить оптимизацию внешних условий.
- Знать пределы своих возможностей в регулировании условий, чтобы не нарушить гомеостаз ценоза.



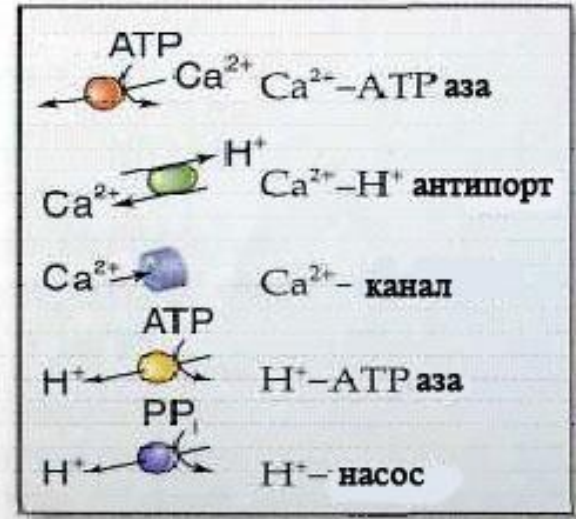
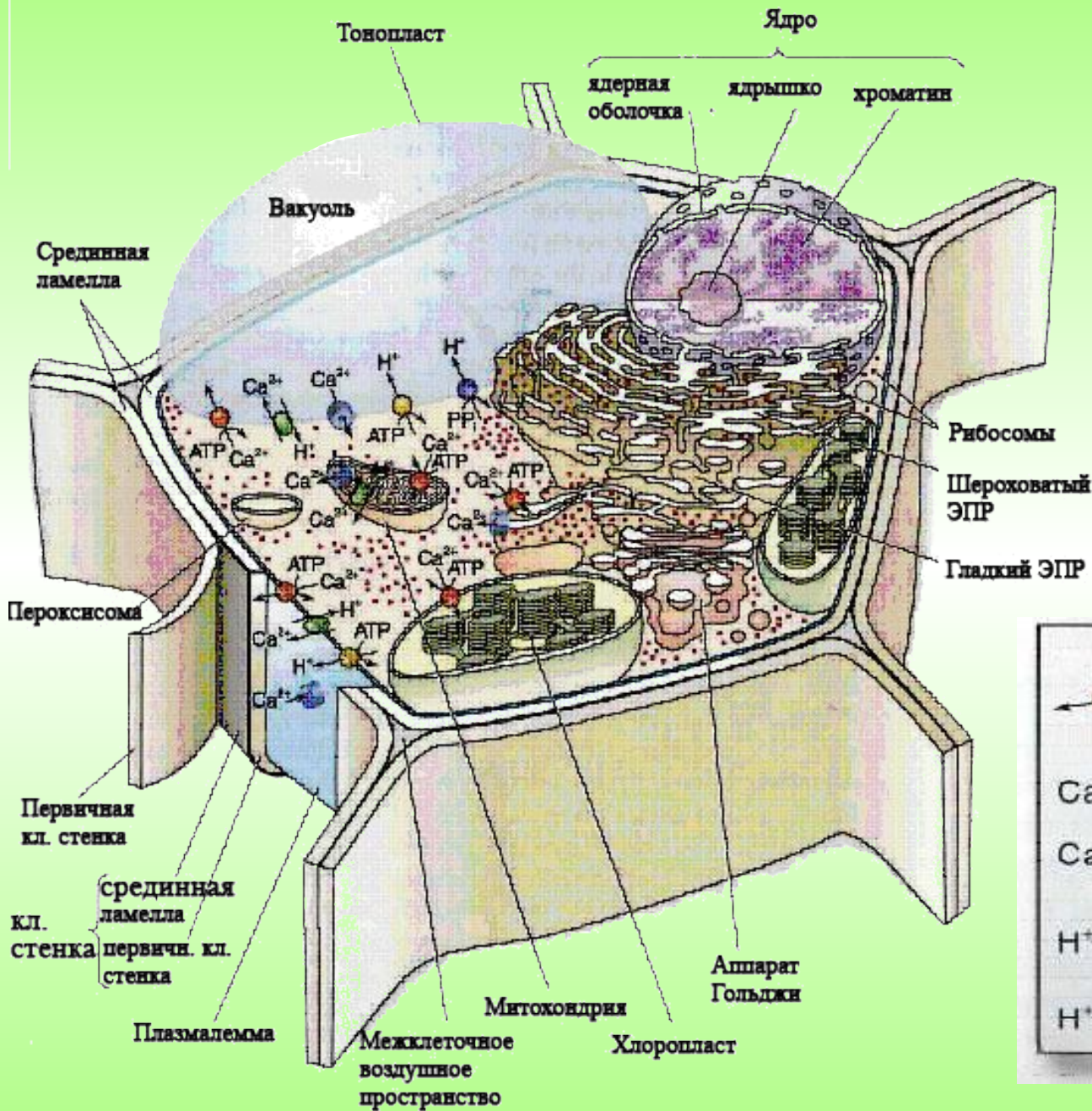
# **Тема Строение и функционирование растительной клетки.**

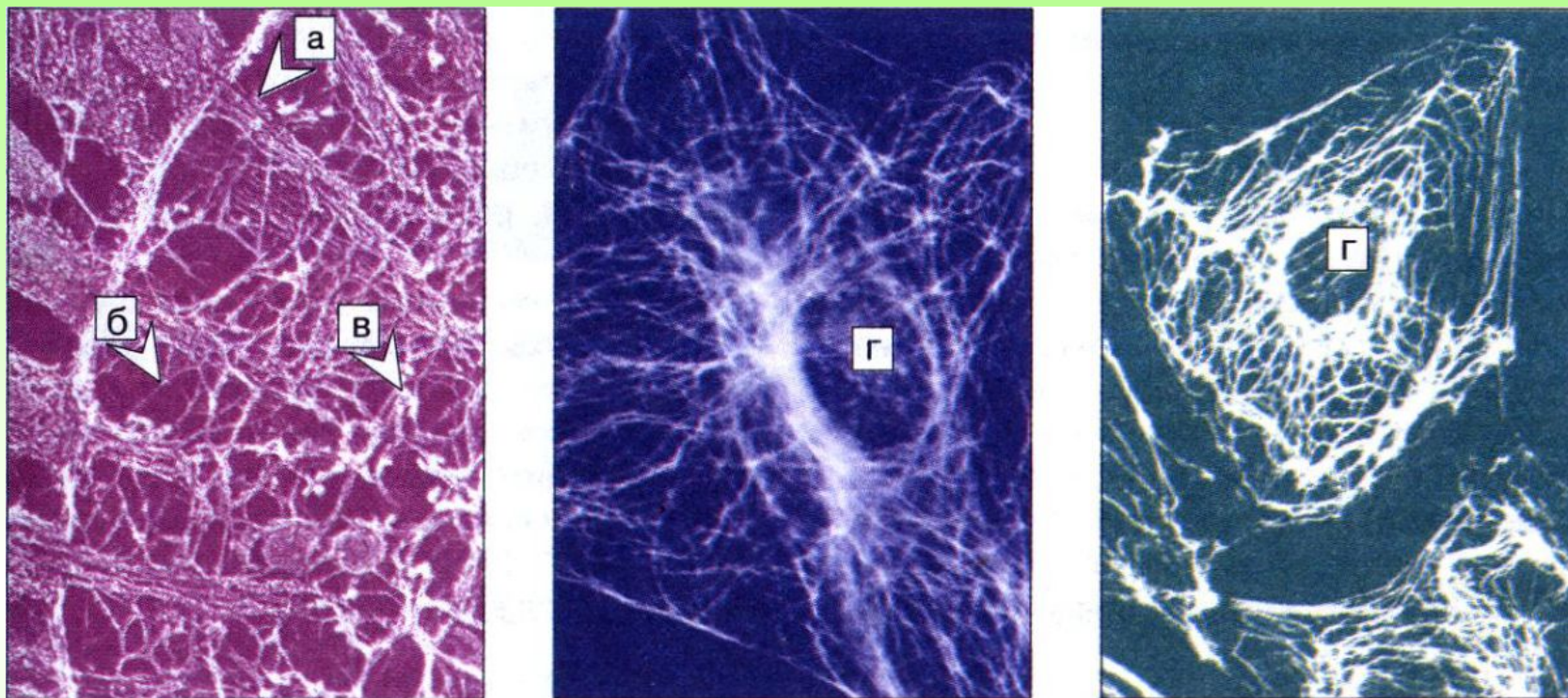
## **Рассматриваемые вопросы**

**Особенности строения растительной клетки.**

**Регуляция обмена веществ и энергии в клетке.**

**Реакция клеток и тканей на внешнее воздействие.**





а – микрофиламенты  
б – белок спектрин  
в – промежуточные волокна  
г - ядро

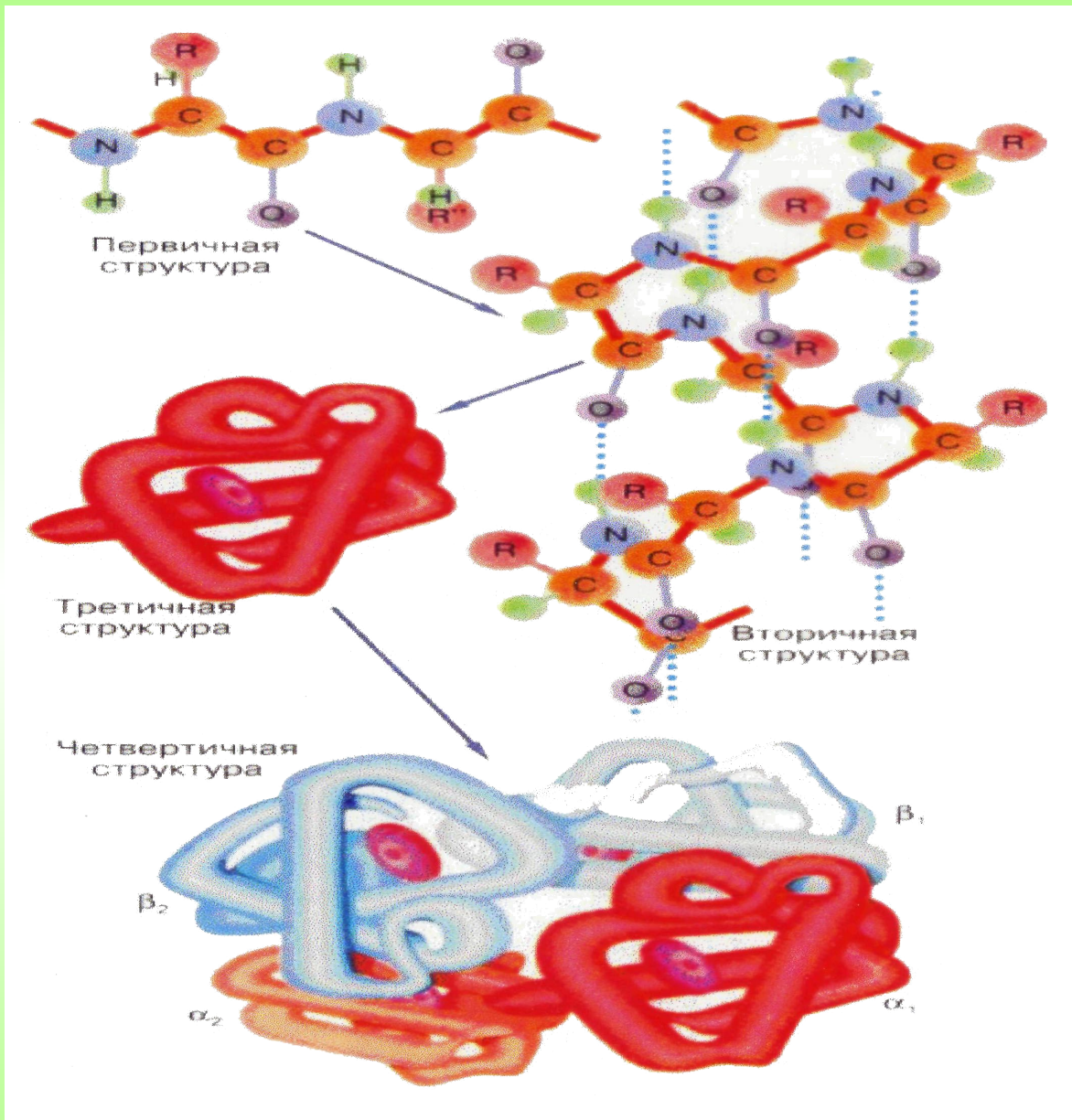


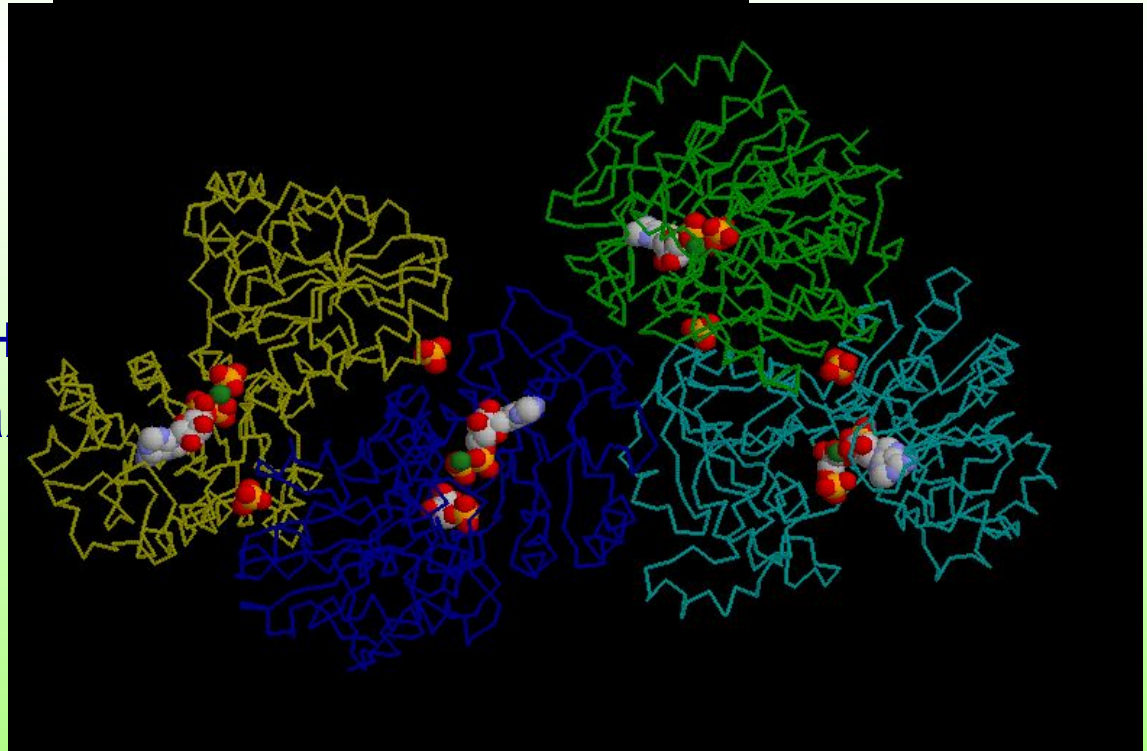
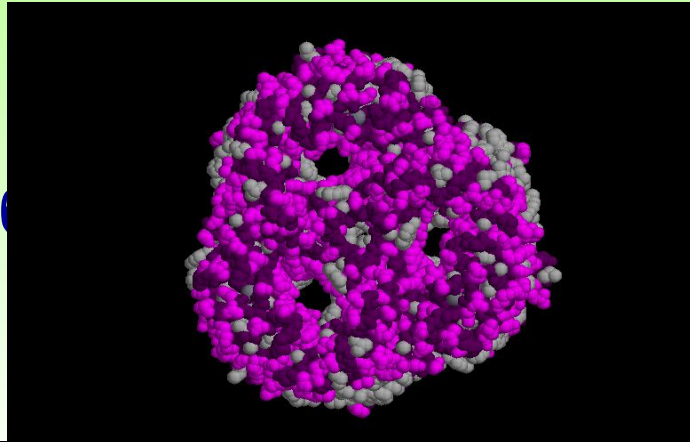
Схема  
первичной,  
вторичной,  
третичной и  
четвертичной  
структуры  
молекулы  
гемоглобина

# Ферменты, их состав и свойства

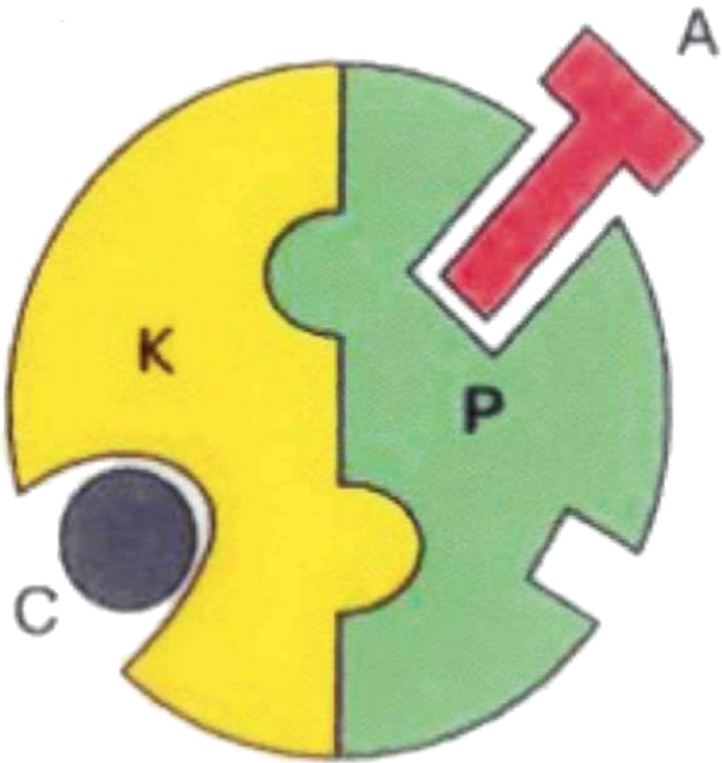
Состав:

однокомпонентные (с

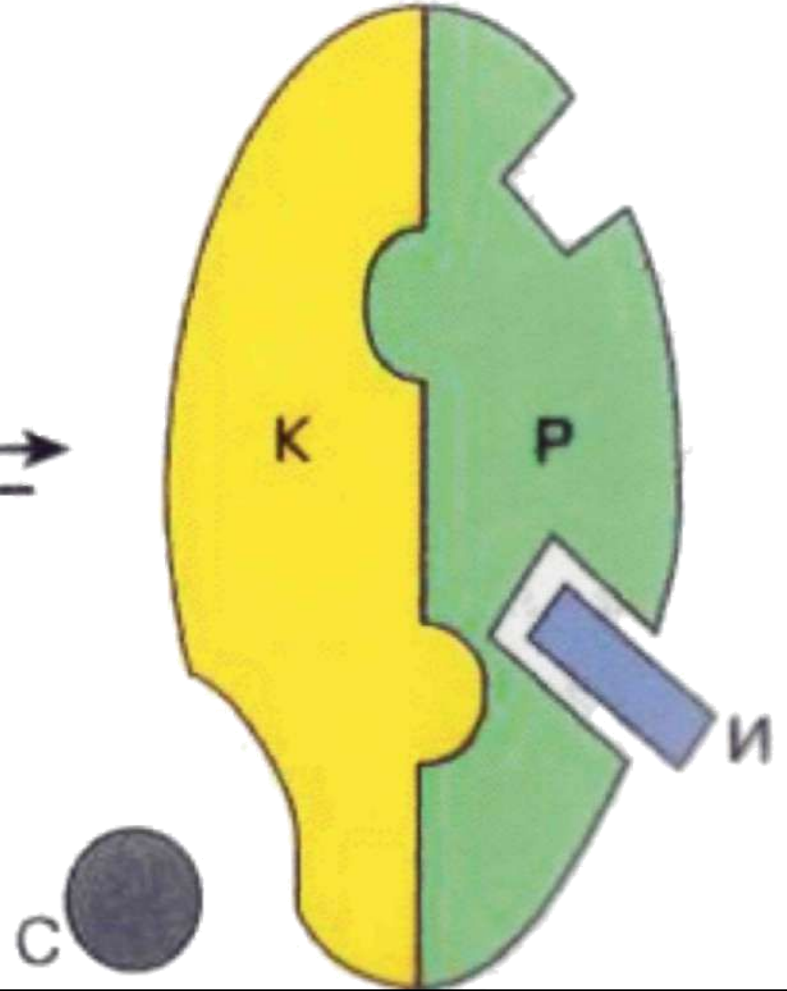
Двухкомпонентные  
(белок + кофермент  
или простетическая  
группа)

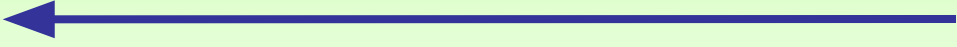


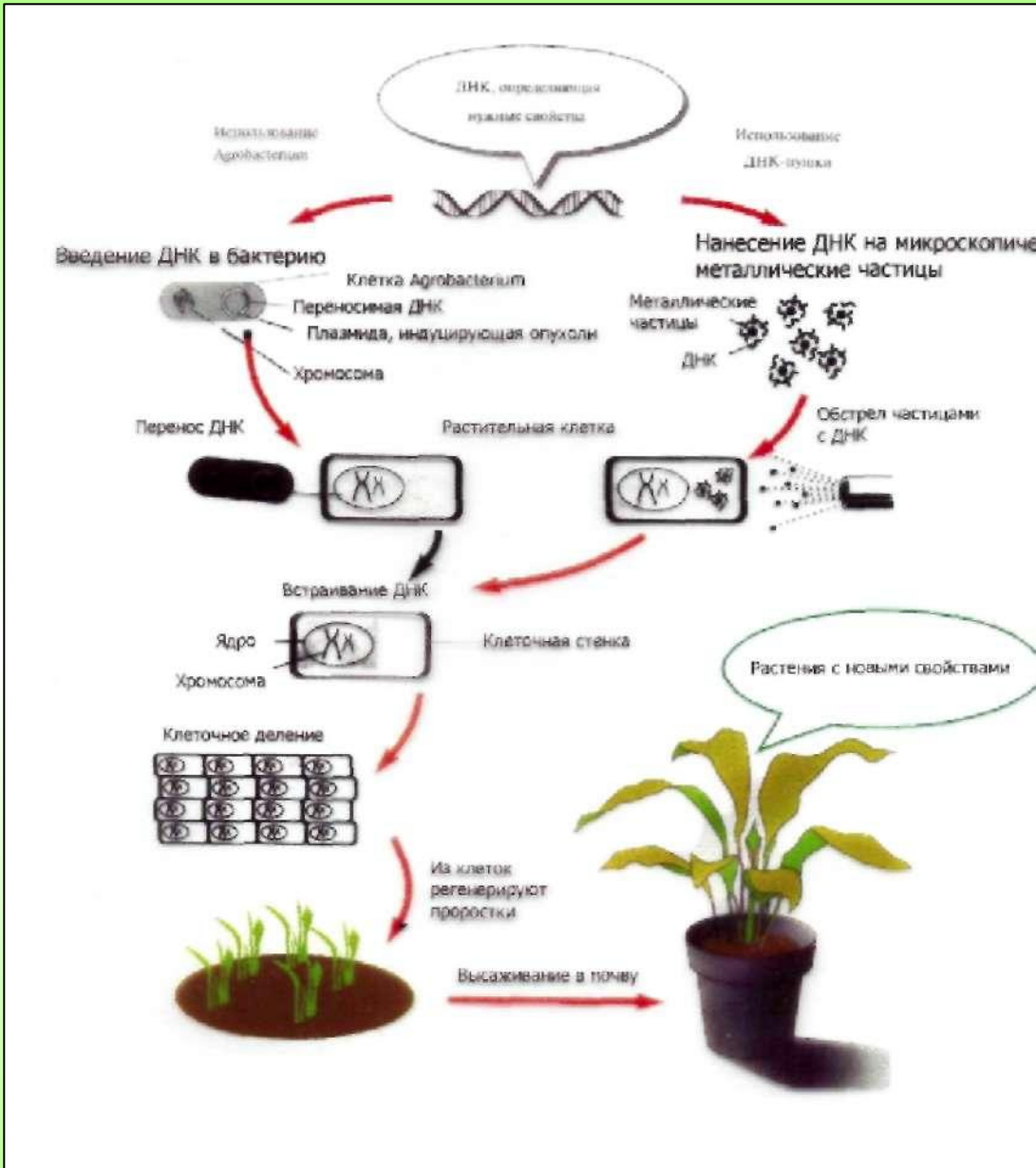
I



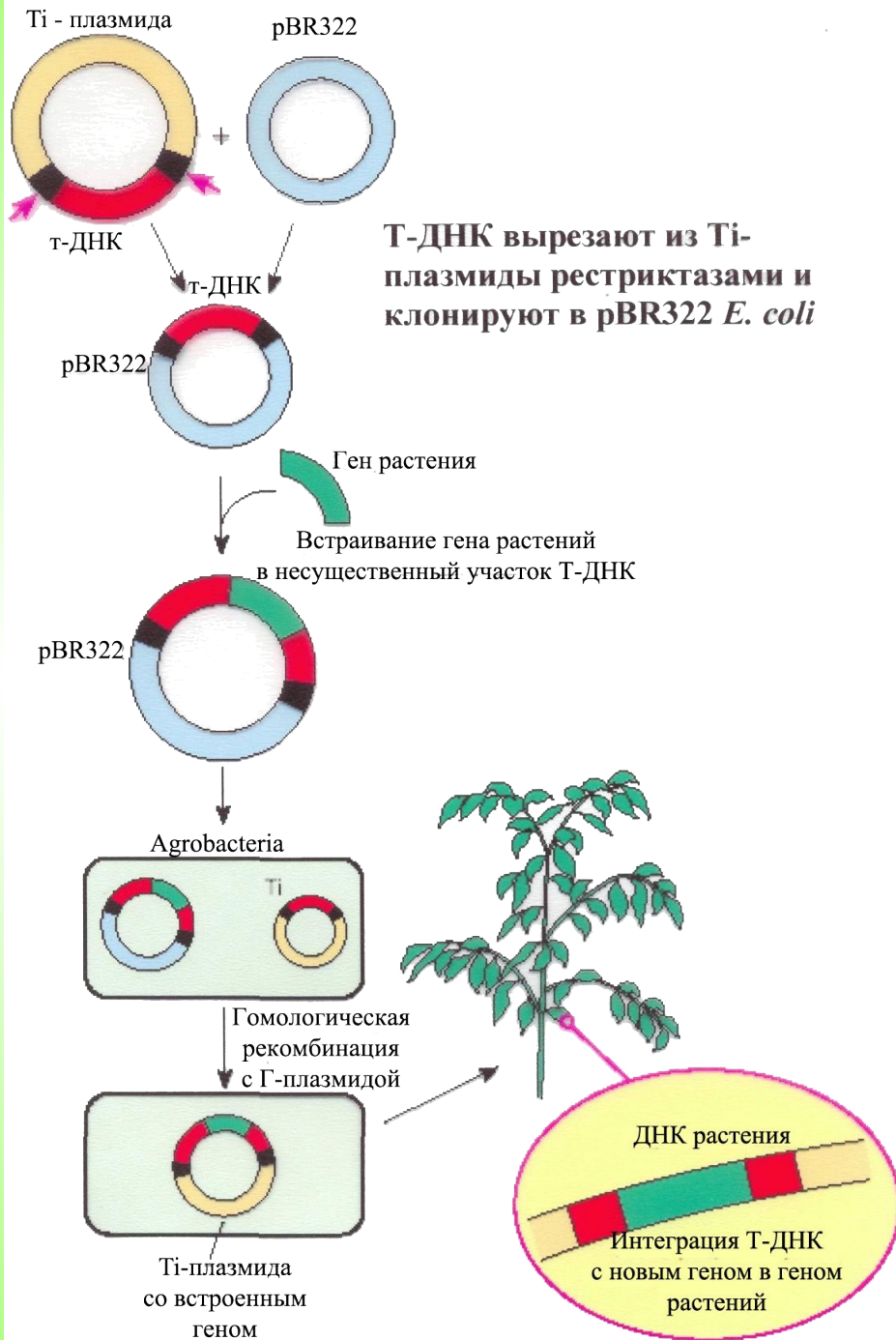
II











**T-ДНК вырезают из Ti-плазмиды рестриктазами и клонируют в pBR322 *E. coli***

# Получение трансгенных растений с помощью агробактерий

# **Лекция 2 Мембранное строение – основа функционирования клетки**

## **План лекции**

**2.1 Структурная основа внутренней организации клетки.**

**2.2 Состав и строение мембран.**

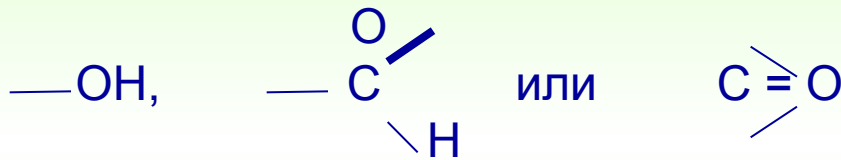
**2.3 Функции мембран и уникальные свойства клетки.**

**2.4 Транспорт веществ через мембрану.**

# Углеводы и липиды растительной клетки, их функциональная роль

## Углеводы

- **Моносахариды**  $C_n H_{2n} O_n$  ( $C_3 - C_7$ )



Роль:

- участники фотосинтетических и дыхательных циклов;
- промежуточные продукты биосинтезов;
- компоненты нуклеотидов, полисахаридов;
- запасные вещества (сочные плоды).

## 2 Олигосахариды

сахароза, мальтоза, лактоза, рафиноза

### Роль сахарозы:

- транспортная
- осмотический актив
- защитная
- запасная

### 3 Полисахариды ( $10^2 - 10^5$ моносахаридов)



*гомополисахариды:*      *гетерополисахариды:*

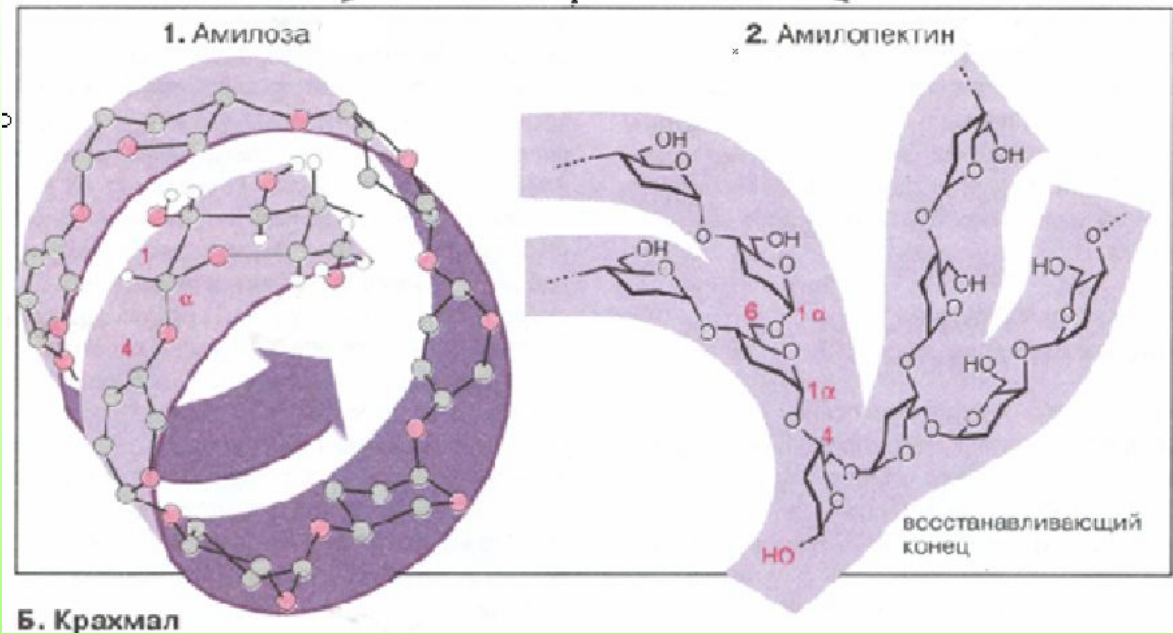
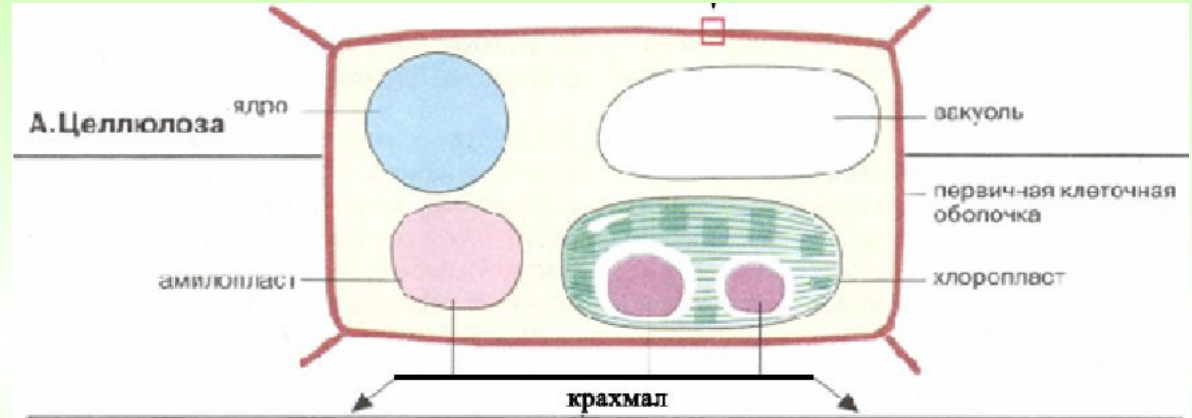
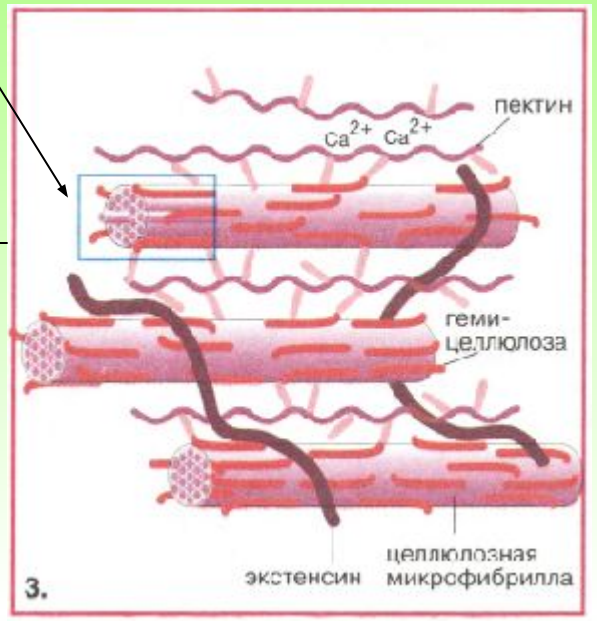
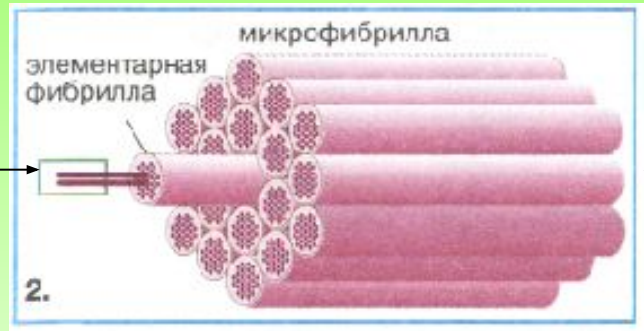
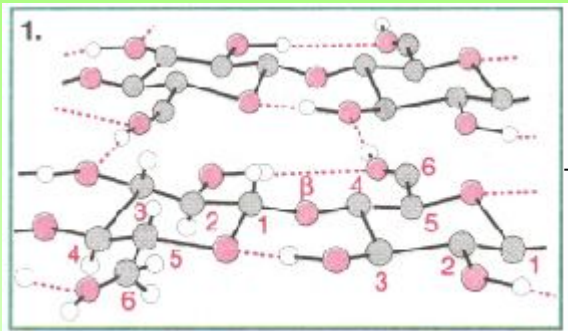
крахмал, инулин,                      пектиновые вещества,

целлюлоза                      гемицеллюлоза, камеди

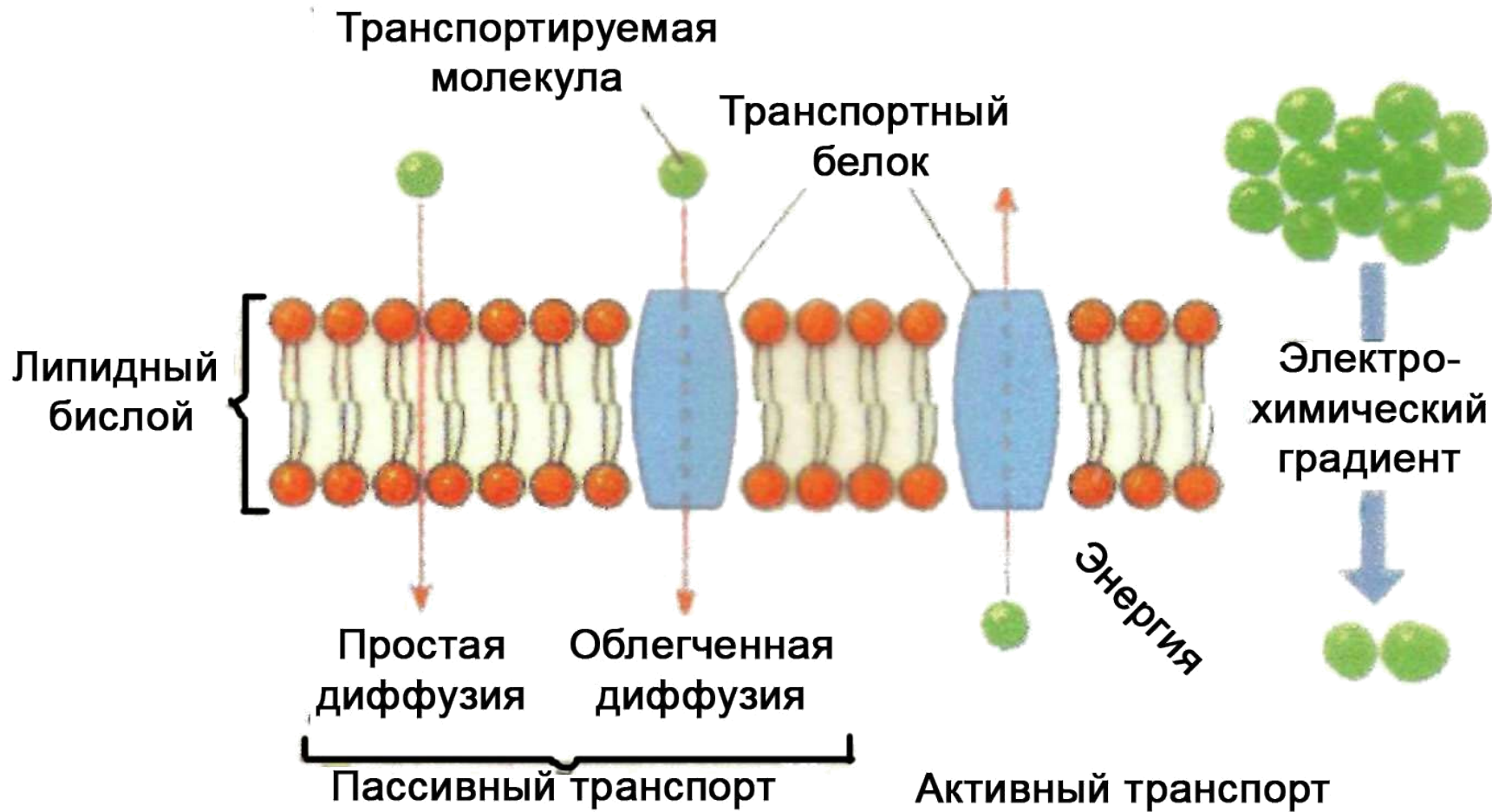
(арабиноза, ксилоза, рамноза)

#### **Роль:**

- запасная;
- структурная;
- защитная.



Растительные полисахариды



## Изменения в цитоплазме:

- увеличение светорассеяния и сродства к красителям;
- изменение проницаемости (выход веществ);
- изменение функциональной активности;

## Общие особенности ответных реакций:

- 1 Двухфазный характер;
- 2 Закон количества раздражения  $R = f(I \cdot t)$
- 3 Закон градиента раздражения
- 4 Зависимость ответных реакций от физиологического состояния:
  - чем спокойнее, тем устойчивее;
  - чем сложнее процесс, тем он уязвимее;



## Вопросы для повторения.

1. Какие особенности строения и состава растительной клетки обеспечивают ее осмотические свойства?
2. Чем растительная клетка отличается от классического осмометра?
3. Из каких процессов складывается обмен веществ?
4. Что такое ферменты?
5. С чем связаны специфичность и лабильность действия ферментов?
6. На какие классы разделяют ферменты?
7. Как регулируются количество и активность ферментов в клетке?
8. Что лежит в основе раздражимости?
9. Какова роль раздражимости в жизни растений?

## **Дополнительная литература.**

1. Генис Р. Биомембраны: молекулярная структура и функции. М:Мир, 1997.
2. Н.Грин, Стаут У., Тейлор Д. Биология (в 3-х томах). М.: Мир, 1998.
3. Лутова Л.А. Биотехнология высших растений. СпбГУ, 2003.
- 4.Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток. М.: Логос, 2002.

## **Тема**

# ***Фотосинтез как основа продукционного процесса.***

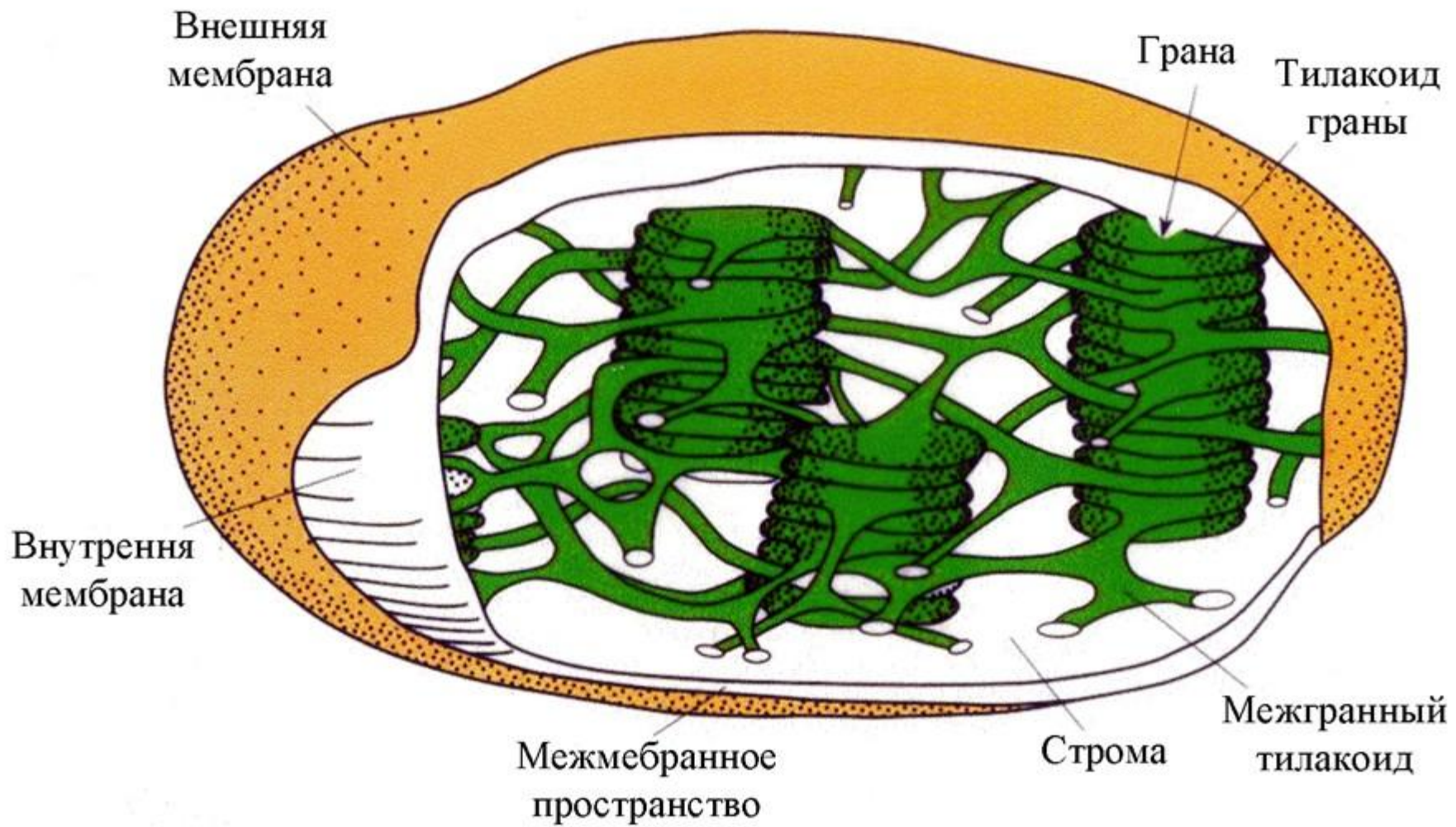
## **Рассматриваемые вопросы**

- Значение фотосинтеза в круговороте веществ в природе.
- Лист как орган фотосинтеза.
- Хлоропласты, их состав, строение и функции.
- Световая и темновая фазы фотосинтеза.
- Влияние условий на интенсивность фотосинтеза.
- Фотосинтез и урожай.
- Выращивание растений при искусственном освещении.

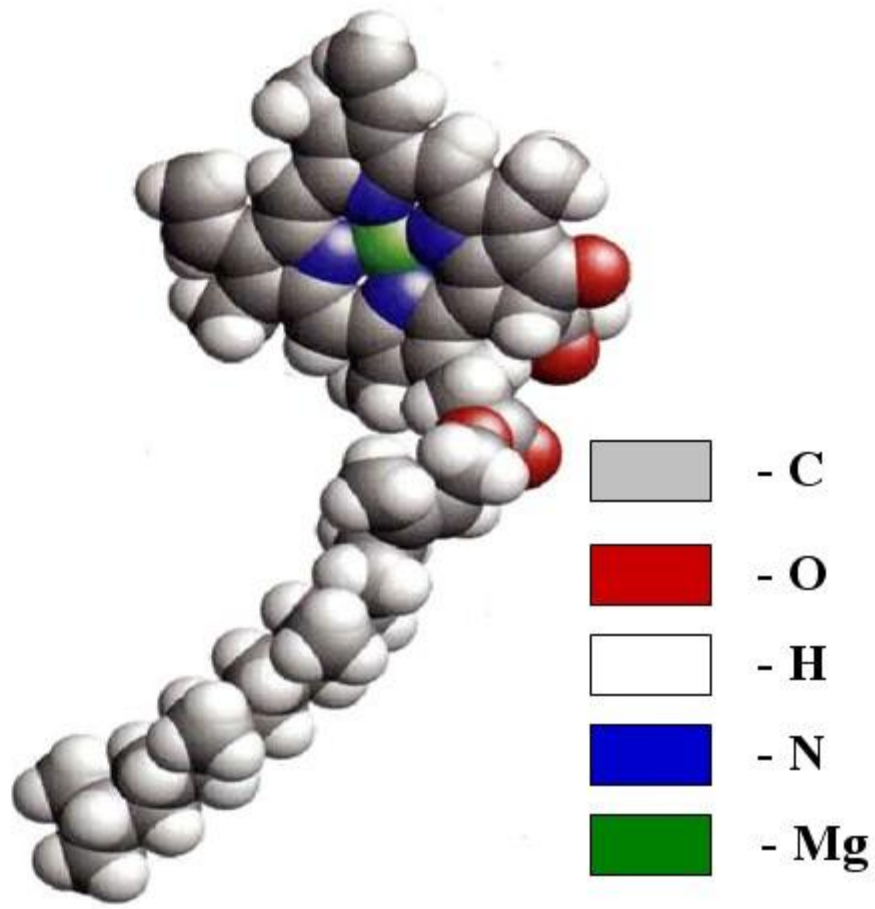
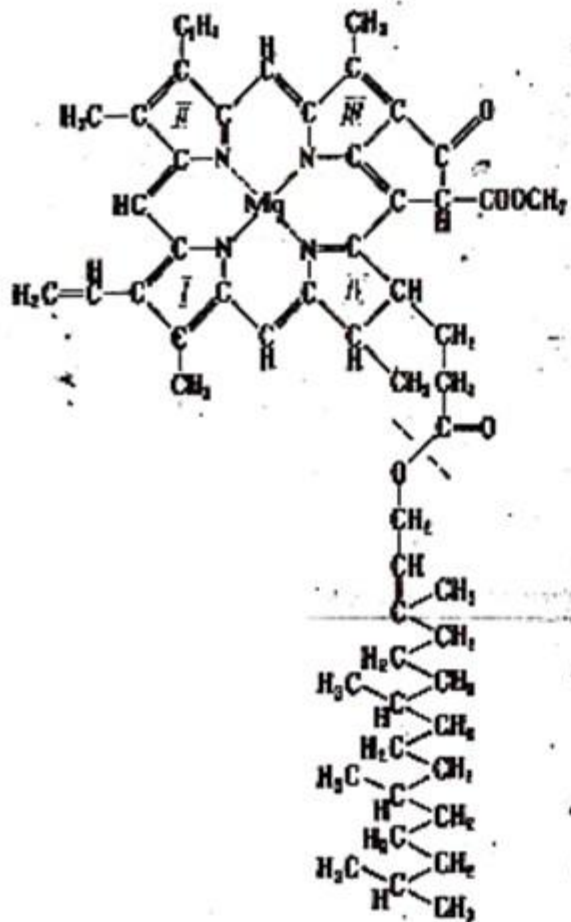




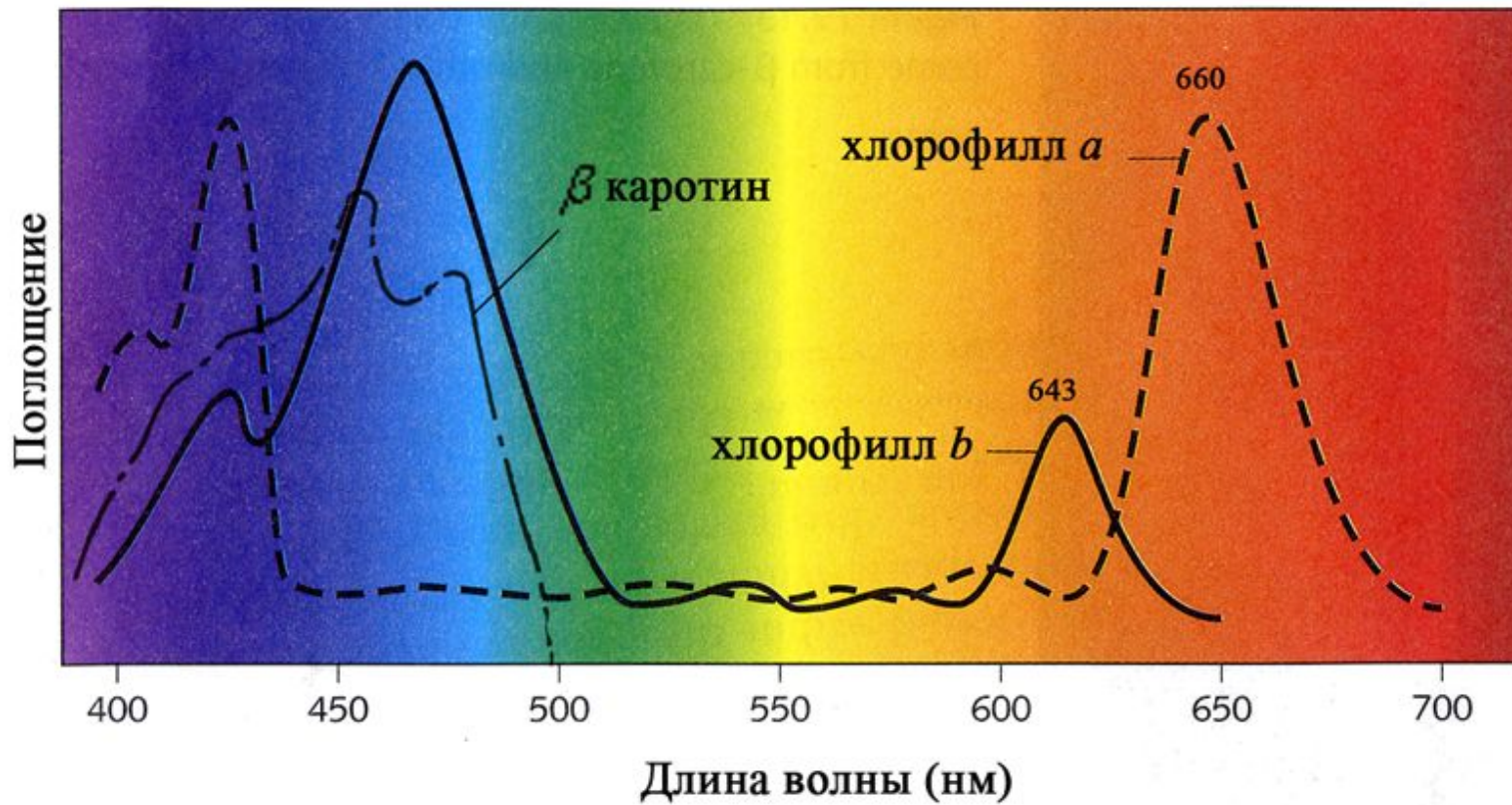
Поперечный разрез листа подсолнечника



Строение хлоропластов



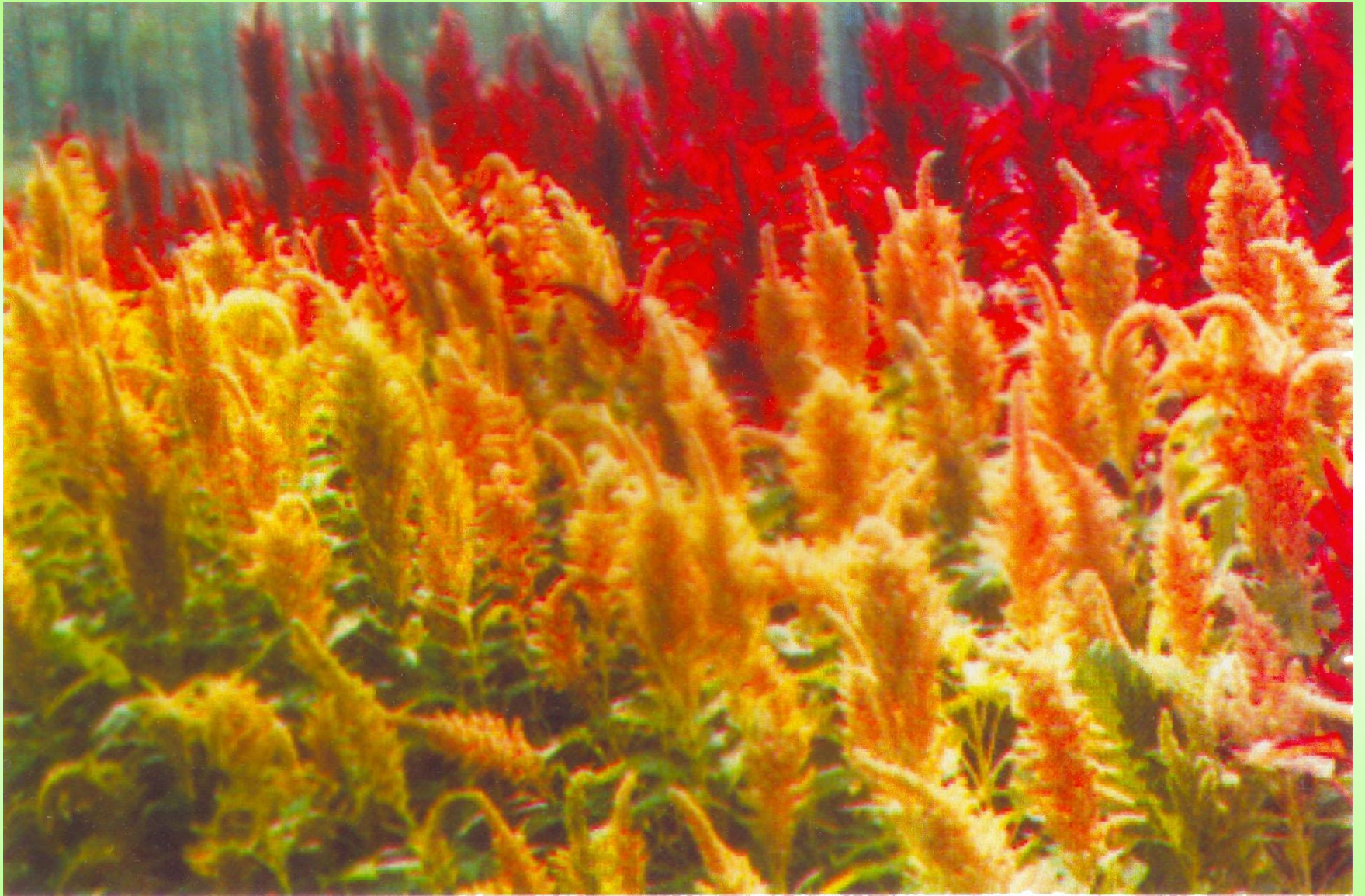
Структурная формула хлорофилла и модель его пространственной структуры



Спектры поглощения пигментов хлоропластов







**Поле амаранта с цветущими метелками**

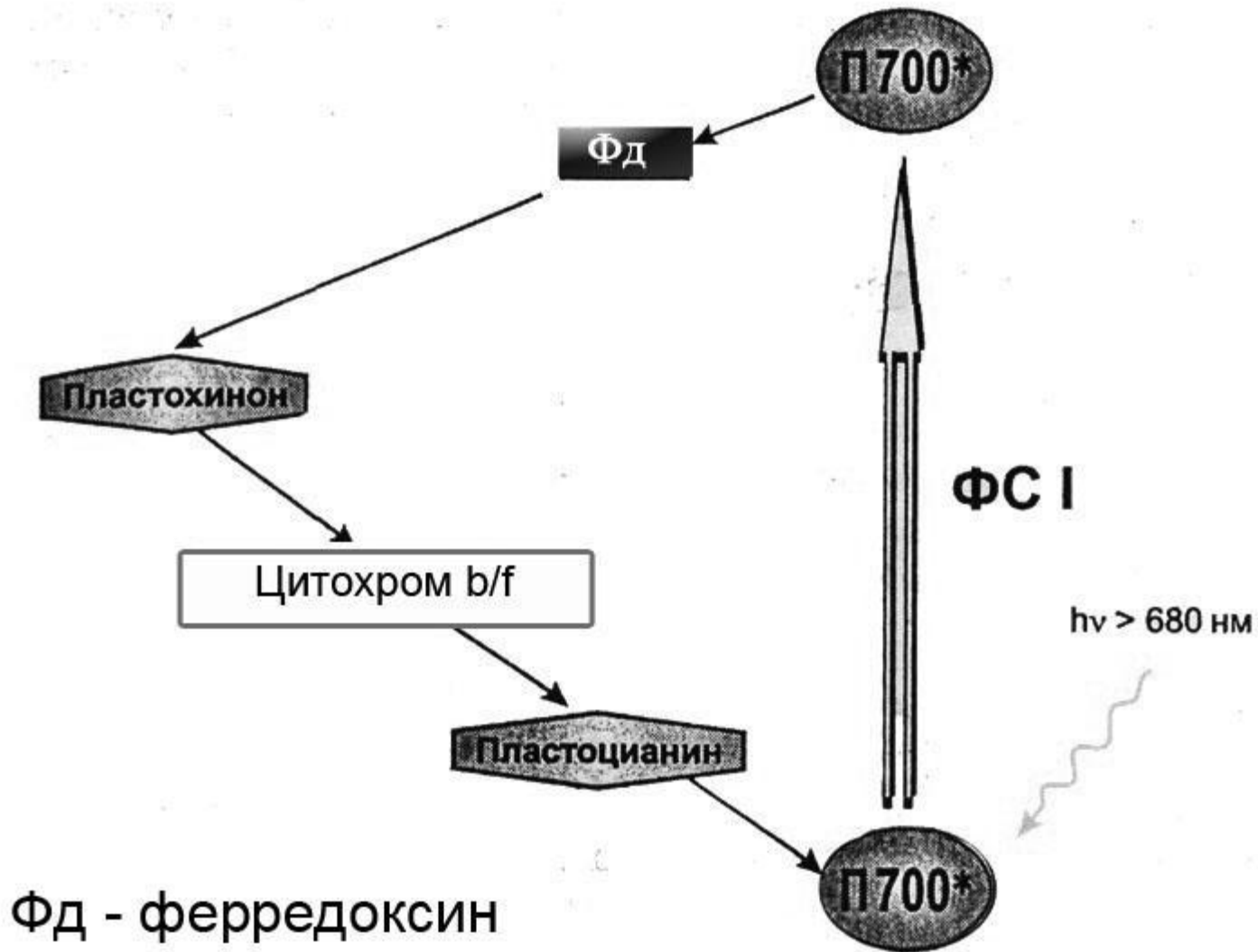
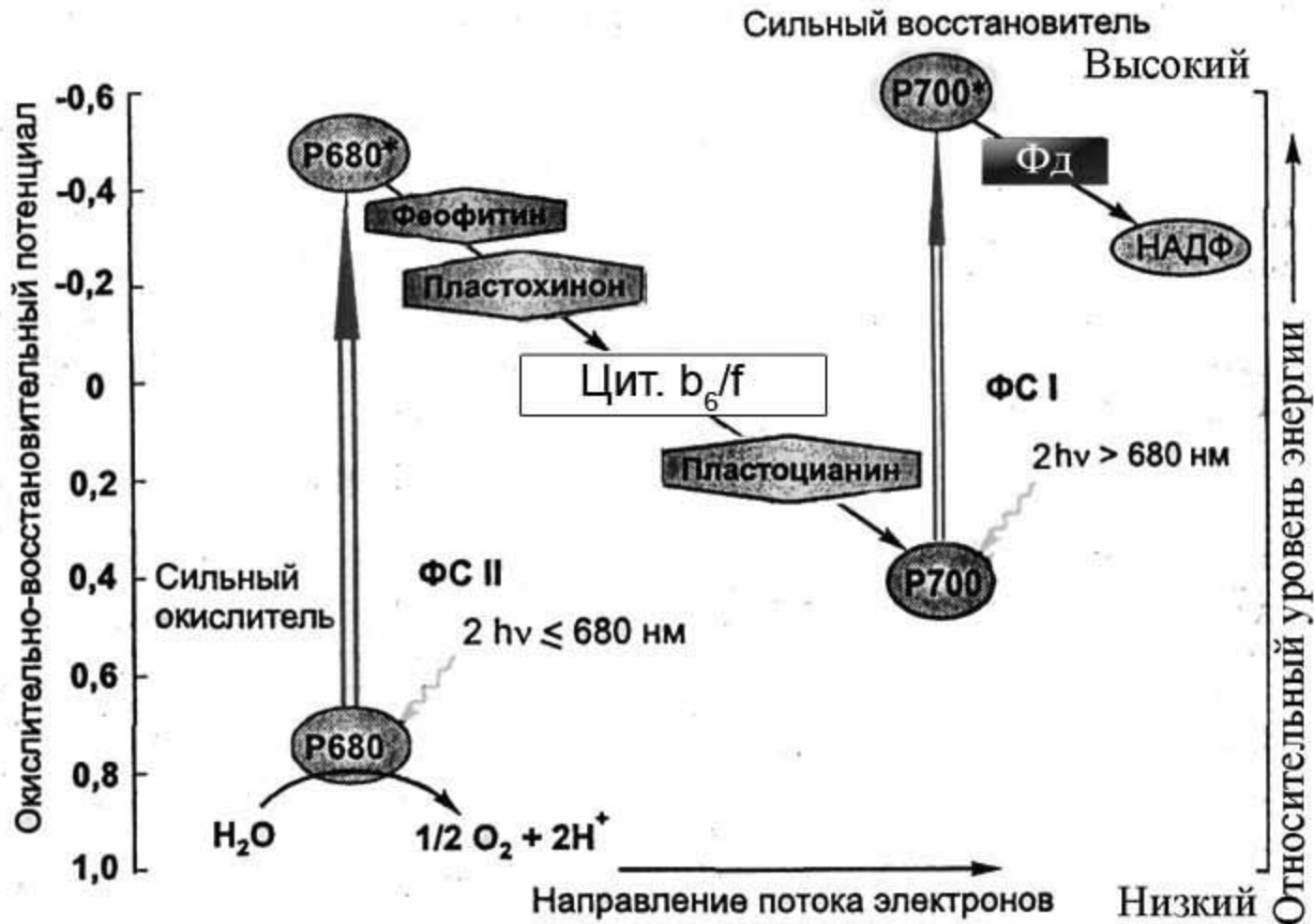


Схема циклического фотофосфорилирования



Пх - пластохинон; Пц - пластоцианин; Фд - ферредоксин;  
 $b_6/f$ - цитохромы  $b_6/f$

Схема нециклического фотофосфорилирования

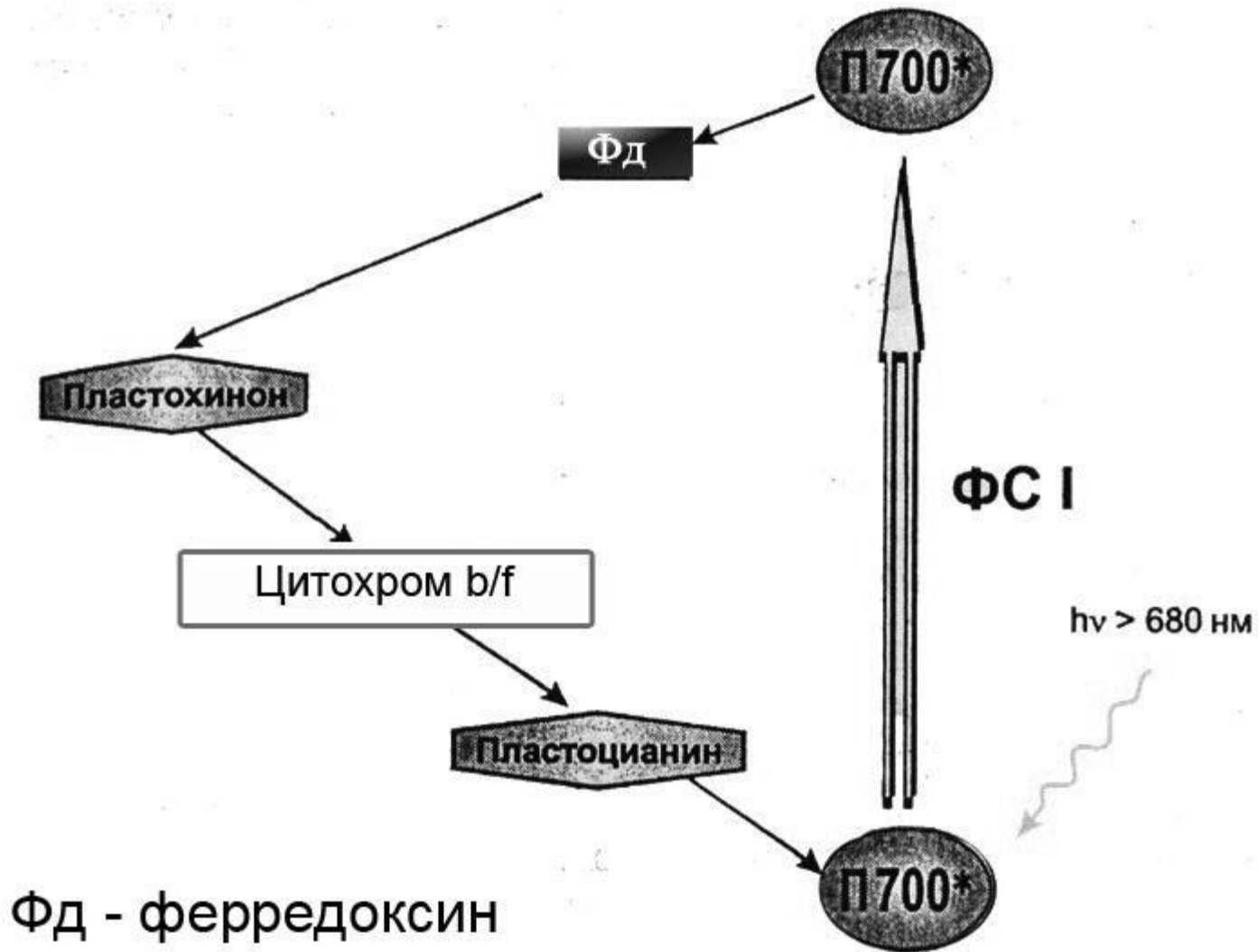
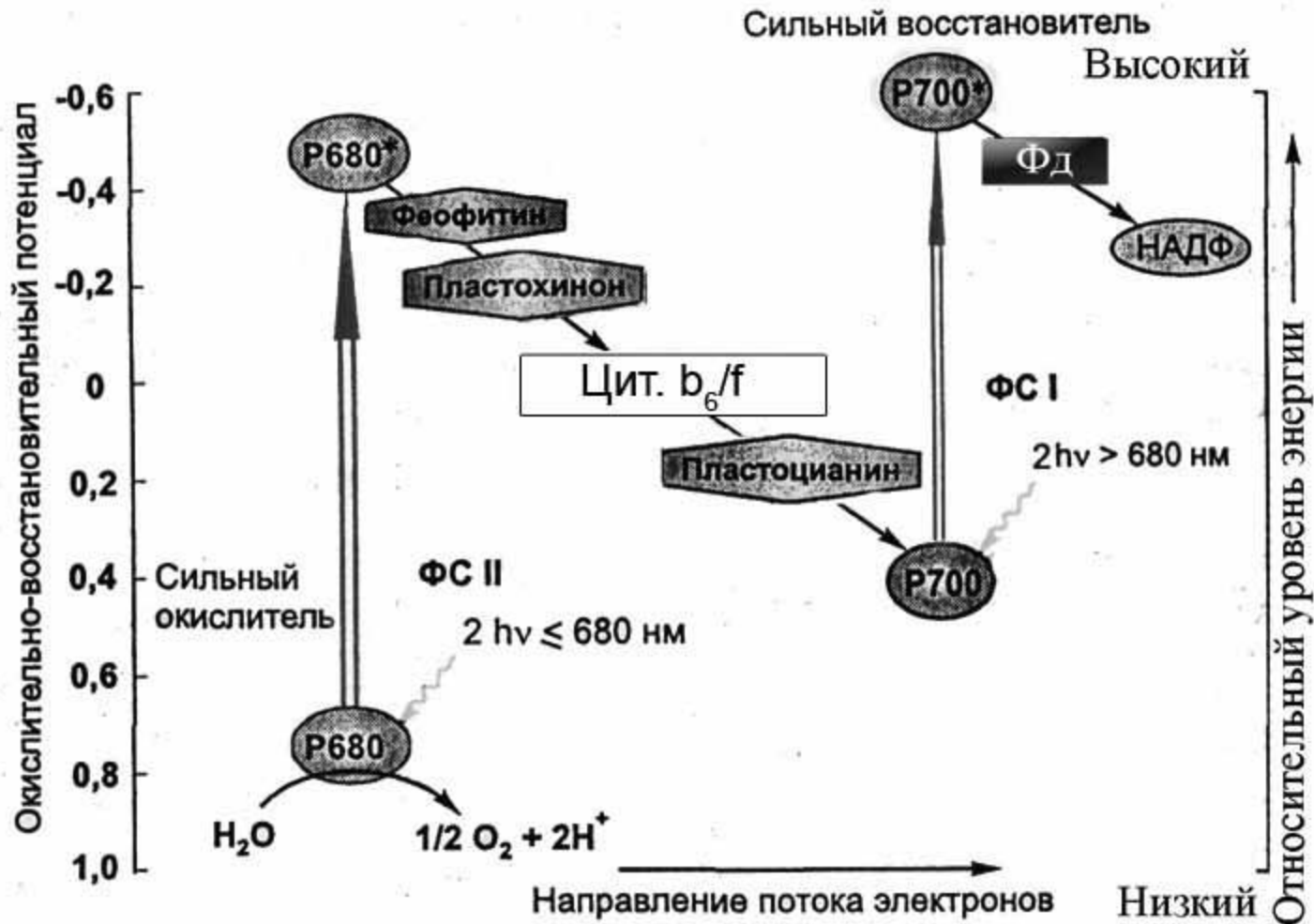
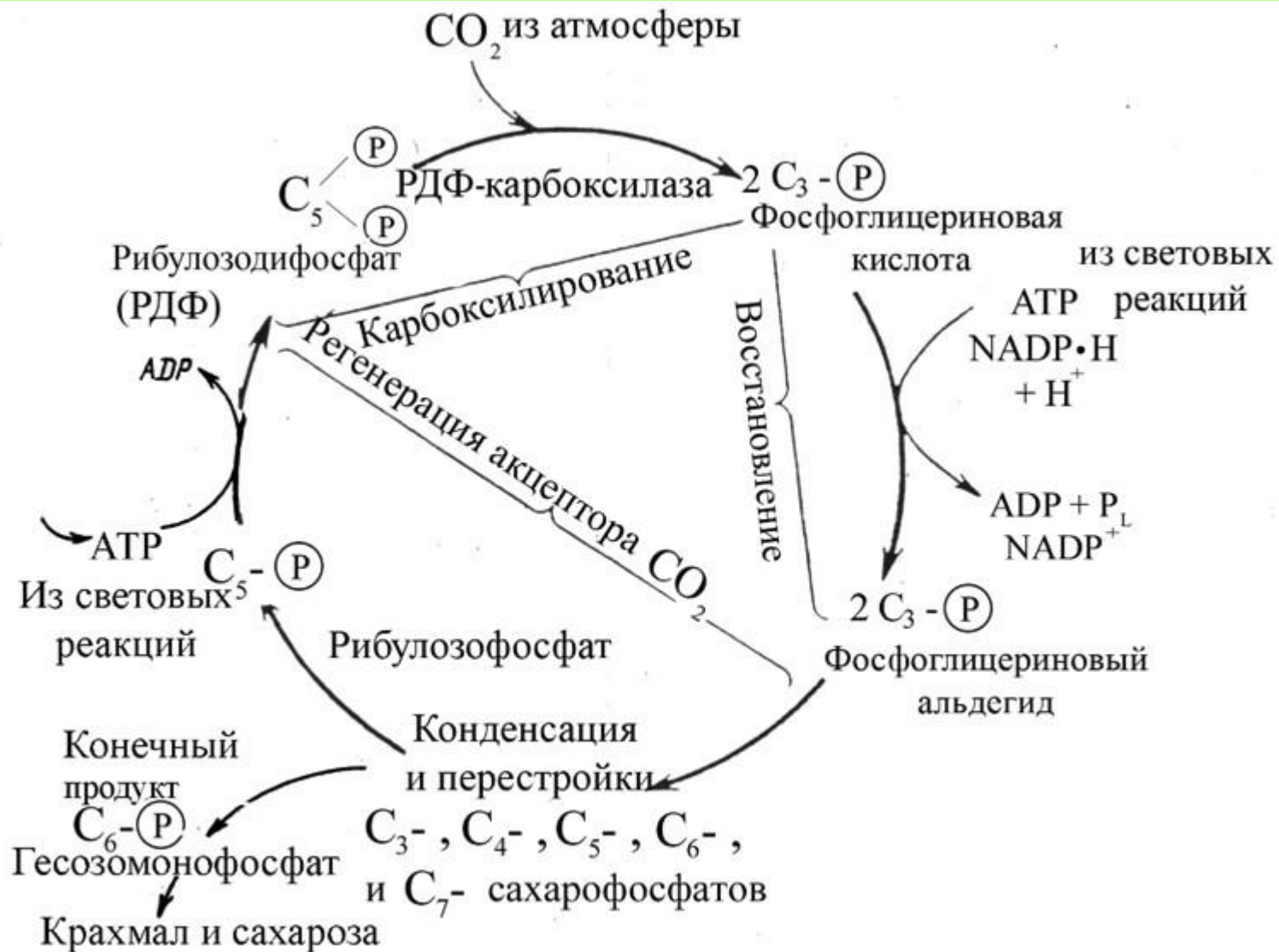


Схема циклического фотофосфорилирования



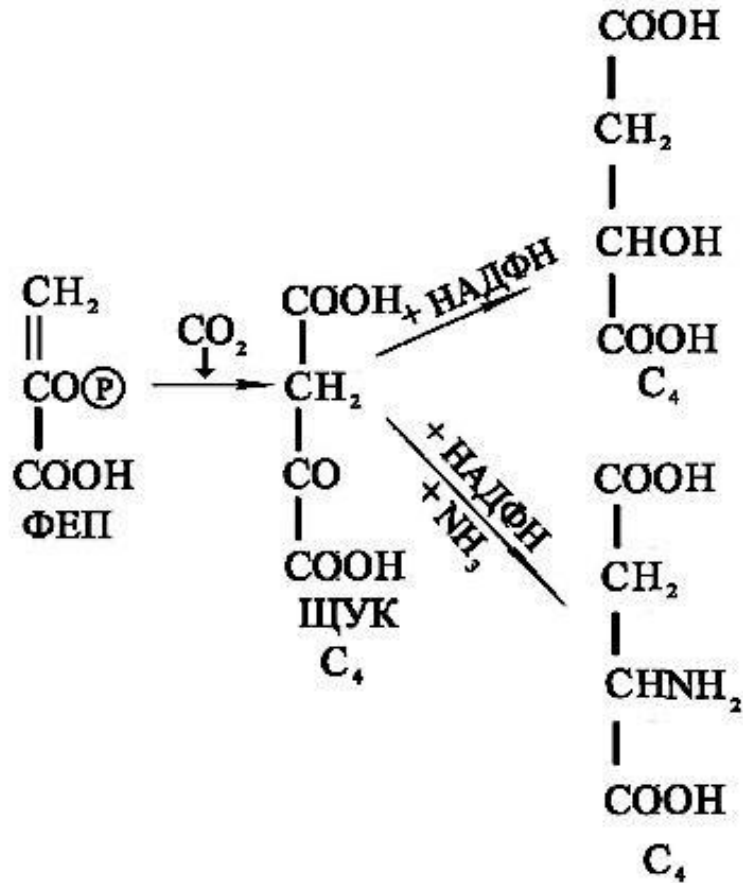
Пх - пластохинон; Пц - пластоцианин; Фд - ферредоксин;  
 $b_6/f$ - цитохромы  $b_6/f$

Схема нециклического фотофосфорилирования



Упрощенная схема цикла Кальвина

# C<sub>4</sub> – путь фотосинтеза – цикл Хетча и Слэка



яблочная  
кислота  
(анион-малат)

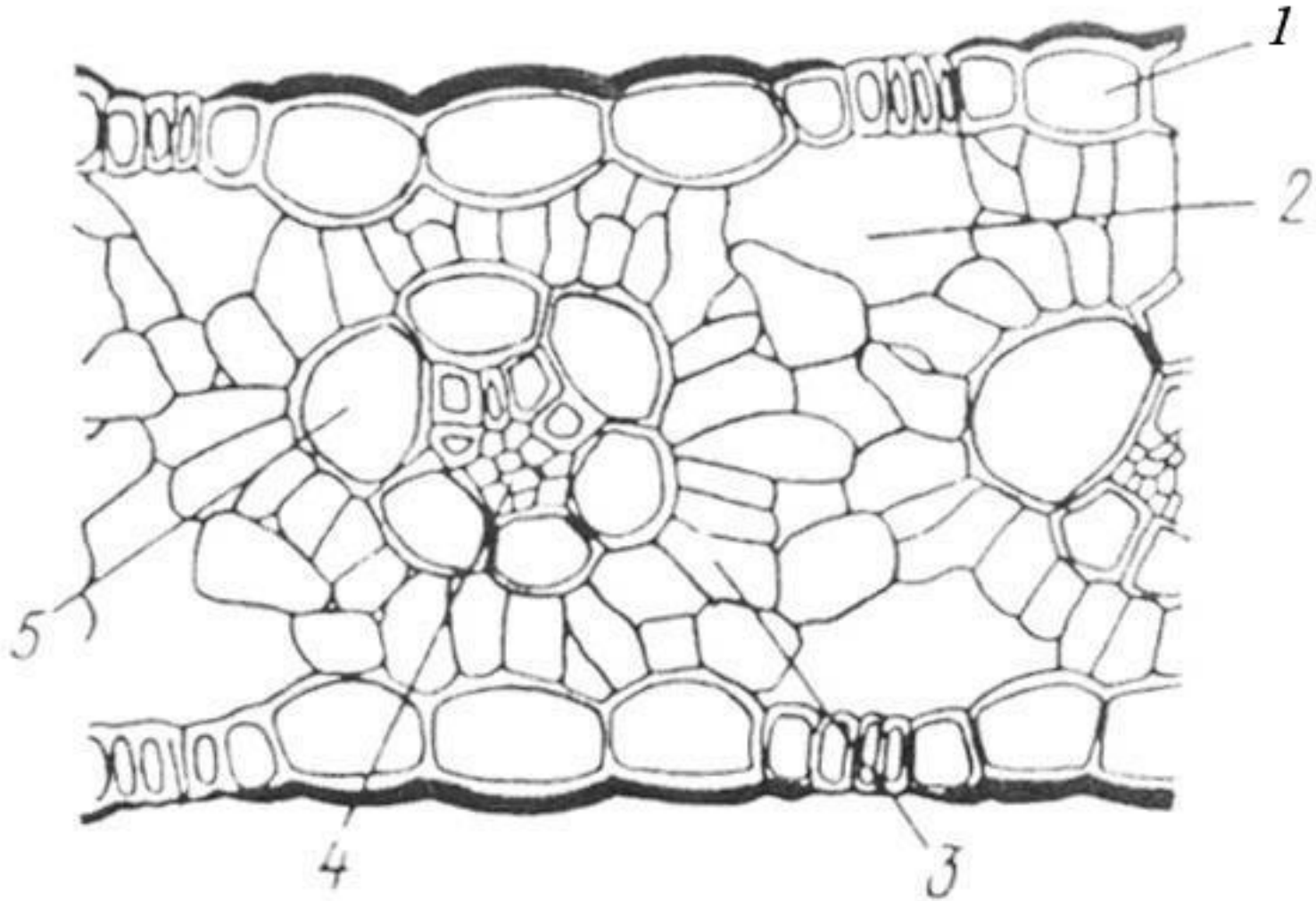
аспарагиновая  
кислота

## C<sub>4</sub> – растения:

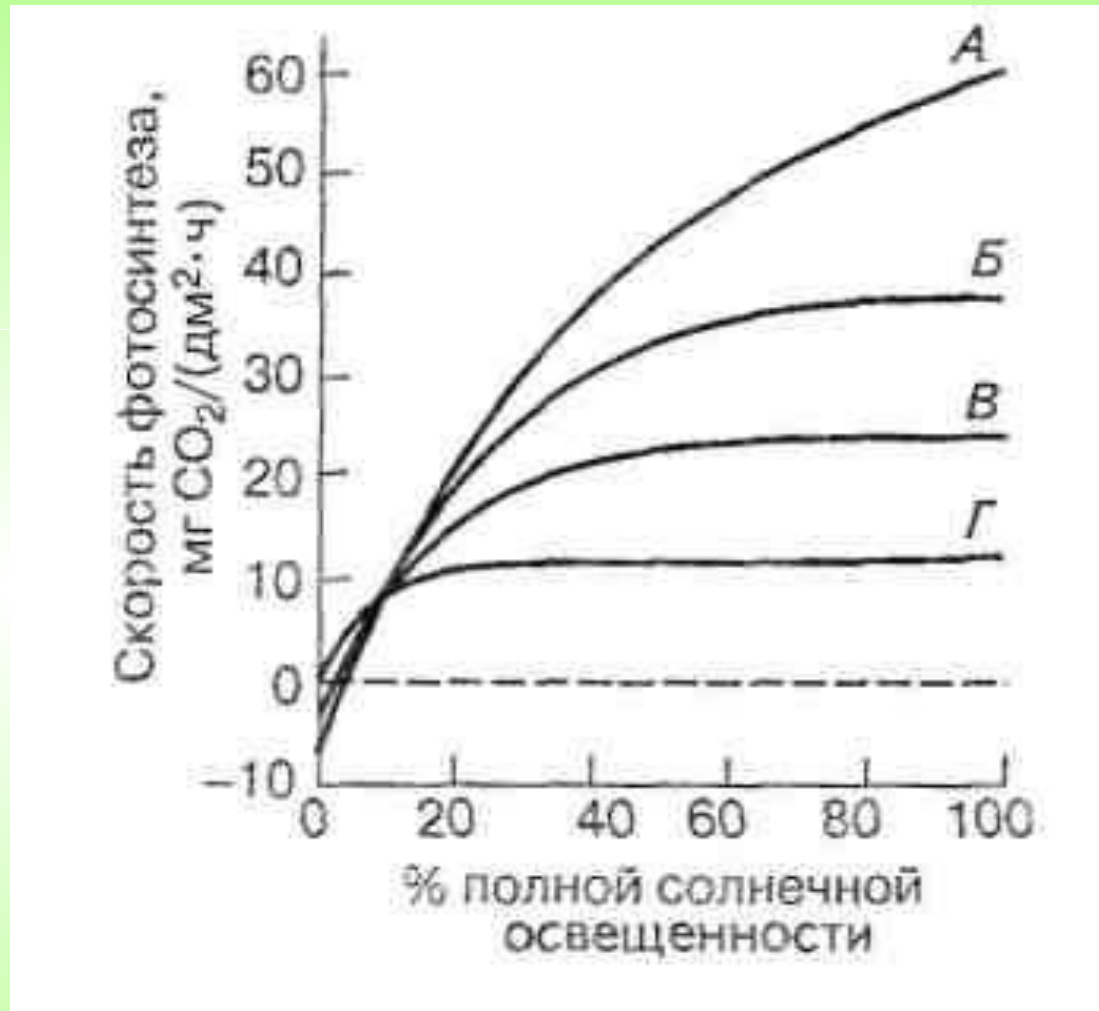
кукуруза, просо, сорго, сахарный тростник;

*сорняки* – свинорой, просо куриное, гумай, щирца, щетинник, ежовник, сыть округлая, просо крупное.



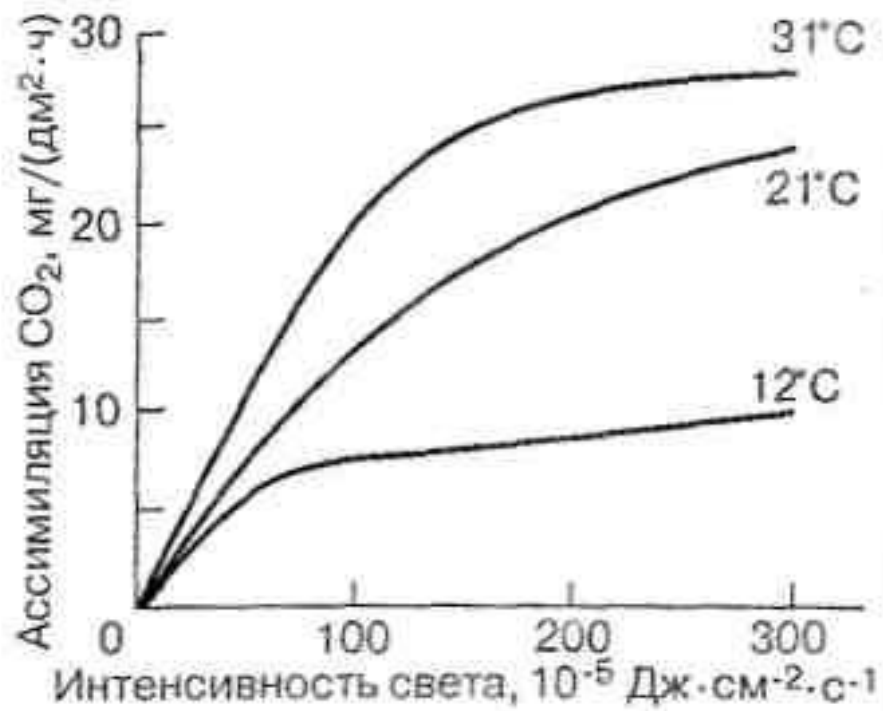


Поперечный срез листа кукурузы: 1 – эпидермис, 2 – межклетники, 3 – мезофилл, 4 – проводящий пучок, 5 – клетки обкладки.

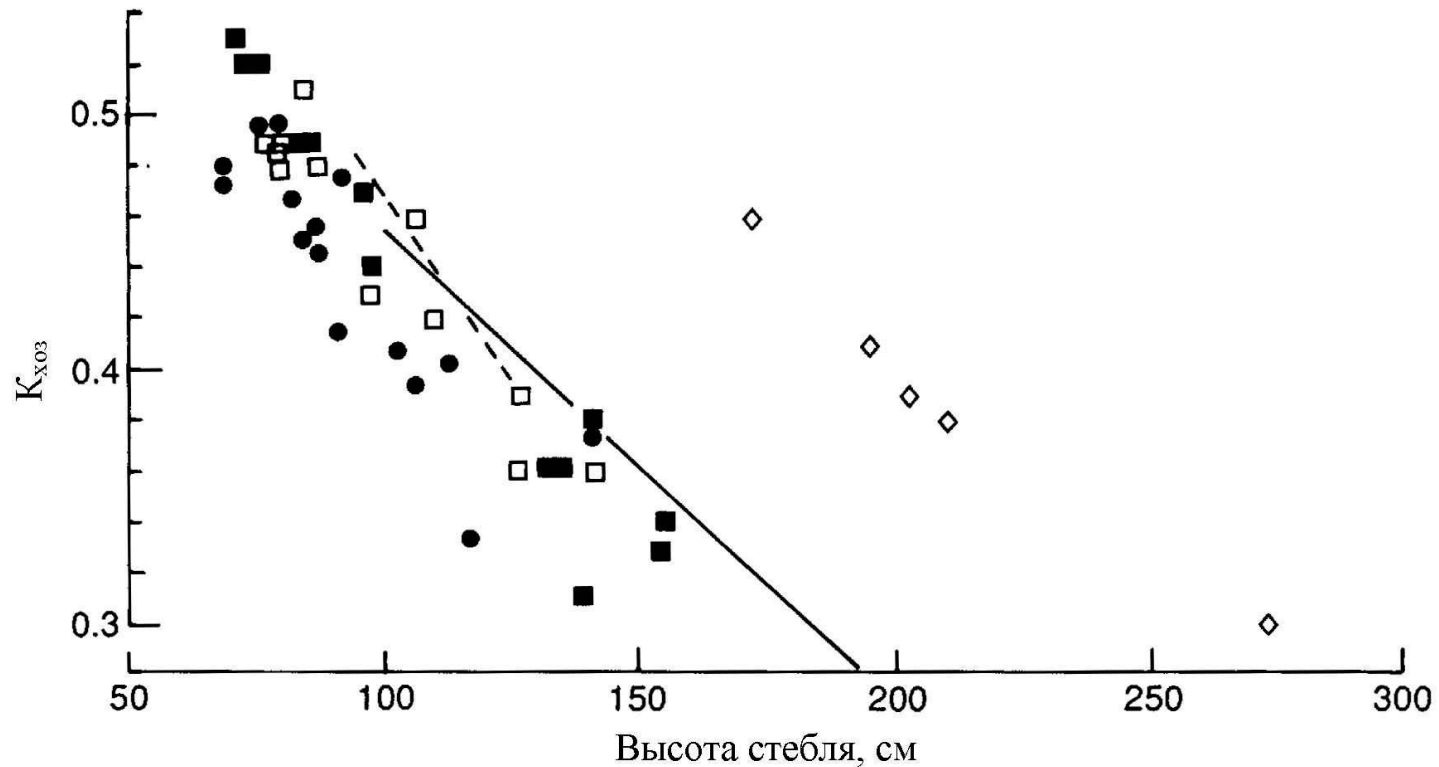


Световые кривые фотосинтеза различных видов:

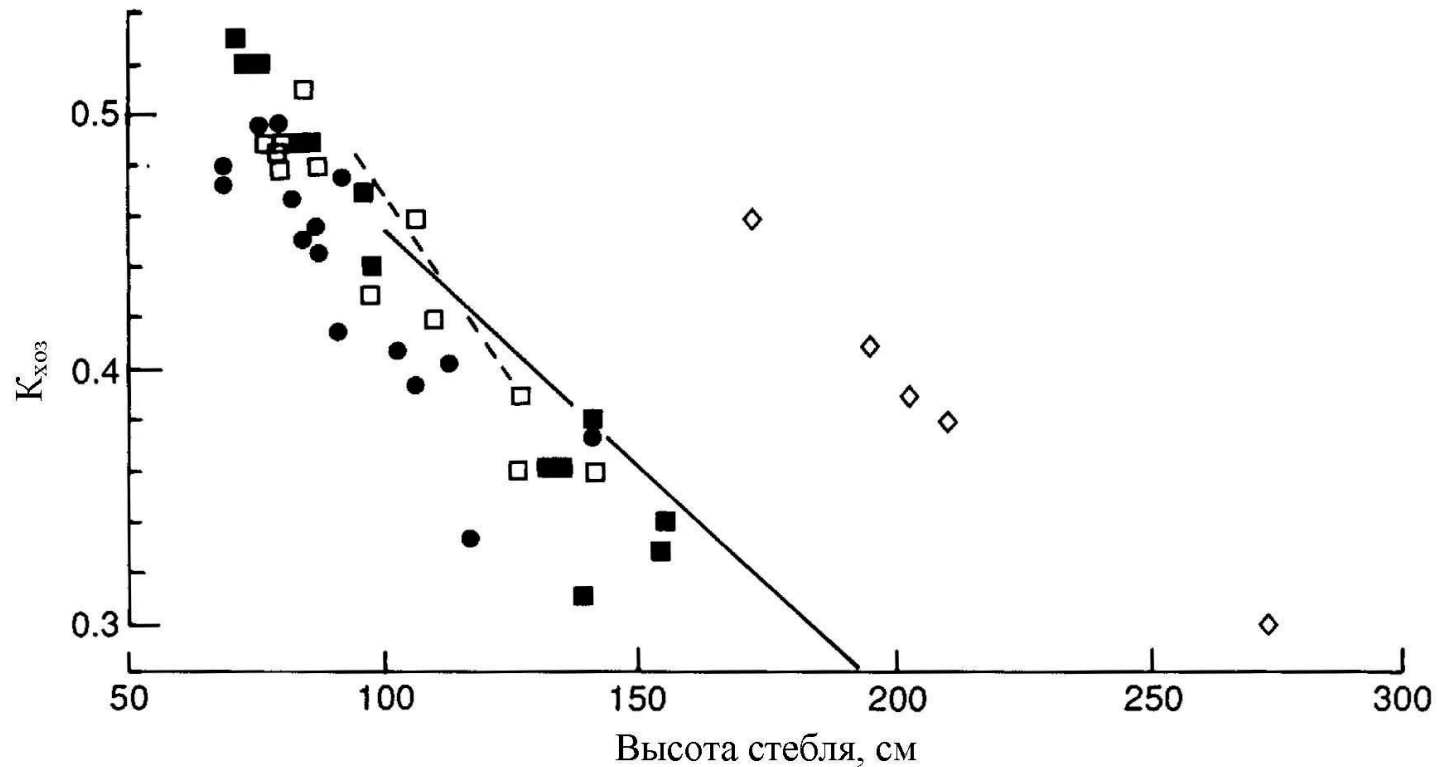
А - кукуруза, сорго, сахарный тростник; Б - соя, хлопчатник, люцерна; В - клевер луговой, ежа сборная; Г - комнатные растения



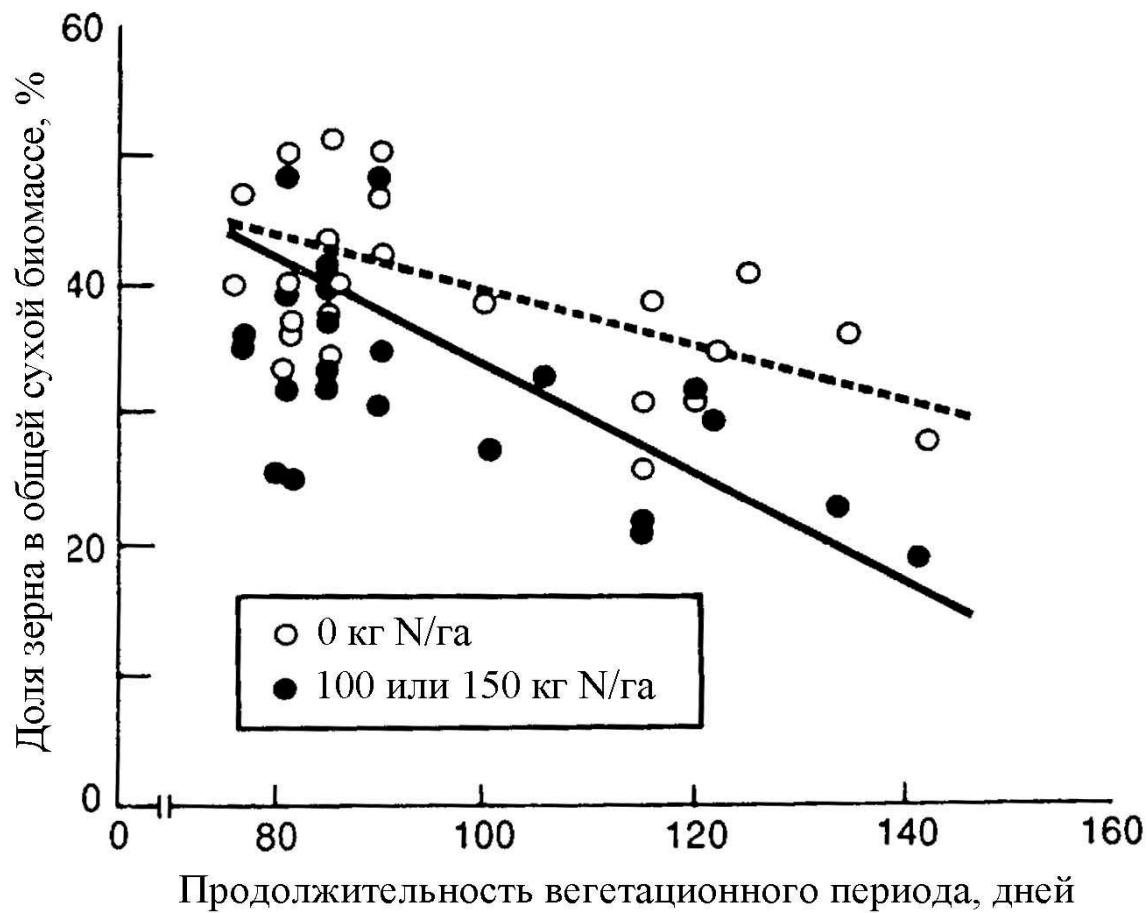
Взаимовлияние освещенности и температуры на скорость фотосинтеза



Связь  $K_{х03}$  с высотой стебля у различных видов зерновых культур (пшеницы ■, ячменя ●, овса ○, кукурузы ◇, прерывистая линия регрессии – для овса, и сплошная – для риса)



Связь  $K_{x03}$  с высотой стебля у различных видов зерновых культур (пшеницы ■, ячменя ●, овса ○, кукурузы ◇, прерывистая линия регрессии – для овса, и сплошная – для риса)



Зависимость  $K_{хоз}$  у сортов риса от продолжительности вегетационного периода и уровня азотного питания: ○ - 0 кг N/га; ● - 100 или 150 кг N/га

# Параметры фотосинтетической деятельности посевов

1. Индекс листовой поверхности (ИЛП)
2. Фотосинтетический потенциал (ФП)
3. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧФП)
4. Хозяйственный коэффициент ( $K_{\text{хоз}}$ )

## Вопросы для повторения.

1. Почему создание органического вещества растениями называется фотосинтезом?
2. В каких органеллах клетки осуществляется фотосинтез?
3. Какие анатомические особенности листа обеспечивают эффективный фотосинтез?
4. Какие пигменты находятся в хлоропластах?
5. Какова химическая природа хлорофилла и его роль в процессе фотосинтеза?
6. Как называют желтые пигменты хлоропластов и какова их роль?
7. Как можно извлечь пигменты из листа?
8. Каковы спектры поглощения хлорофилла?
9. В каких участках спектра поглощают свет каротиноиды?
10. Какой пигмент является фотосинсибилизатором?



## Вопросы для повторения.

1. Чем определяется ведущая роль фотосинтеза в формировании биологического урожая?
2. Кому из отечественных ученых принадлежит формула, связывающая фотосинтез и урожай?
3. От чего зависит коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза?
4. Каков средний листовой индекс для лесных пород?
5. От чего зависит величина оптимального листового индекса?
6. Каковы в среднем затраты на дыхание продуктов фотосинтеза?
7. Каковы требования к источникам изучения при светокультуре растений?

## Дополнительная литература

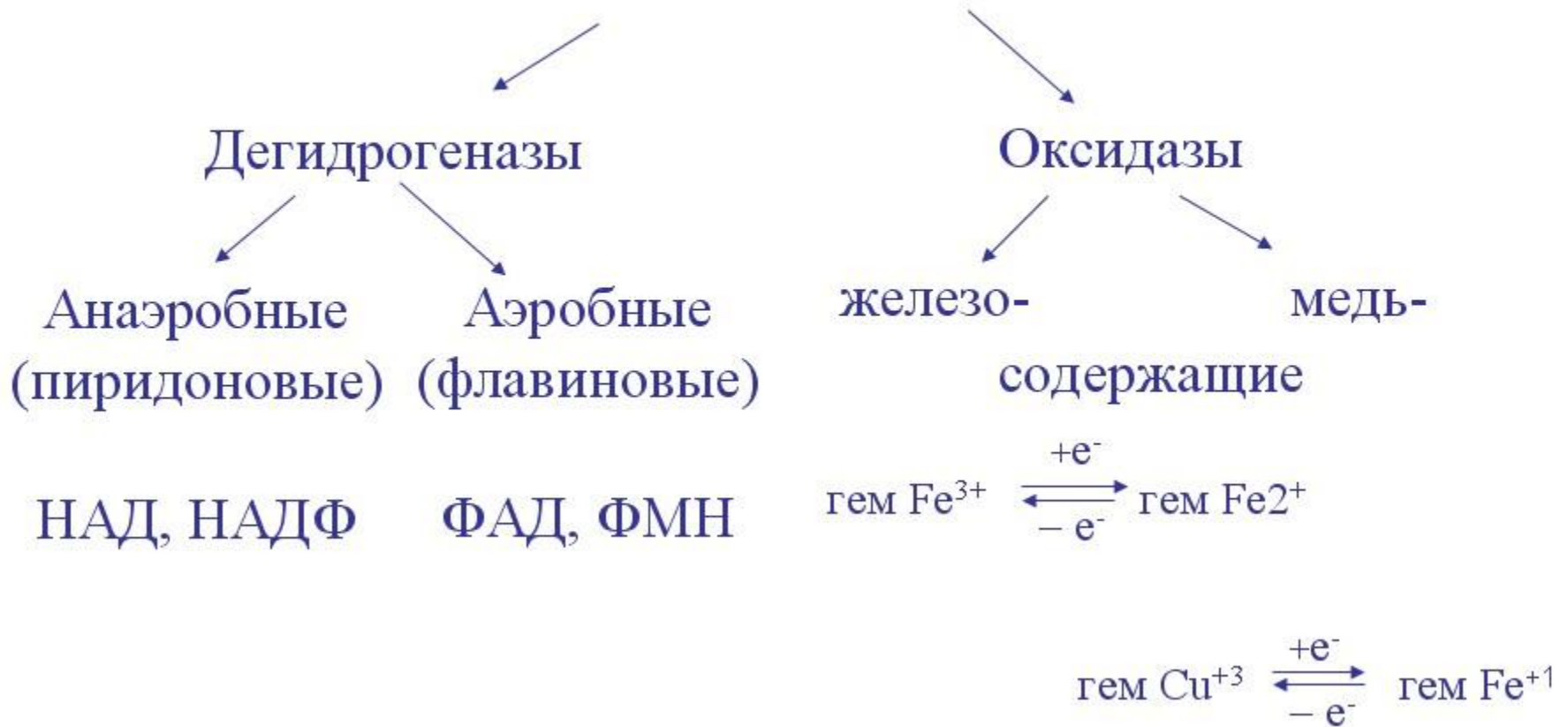
1. Гусев М.В. Избранные главы физиологии растений. М: МГУ, 1986.
2. Тихимиров А.А. и др. Спектральный состав света и продуктивность растений. Новосибирск: Наука, 1991.
3. Ковалева А.Г., Мокроносов А.Т. Фотосинтез и биопродуктивность: методы определения. М: Агропромиздат, 1989.

## *Тема Дыхание растений.*

### **Рассматриваемые вопросы:**

- Сущность процесса дыхания.
- Химизм и энергетика дыхания
- Зависимость дыхания от внутренних факторов
- Экологические аспекты дыхания
- Дыхание и продукционный процесс
- Физиологические основы регулирования дыхания при хранении растениеводческой продукции.

# Оксидоредуктазы

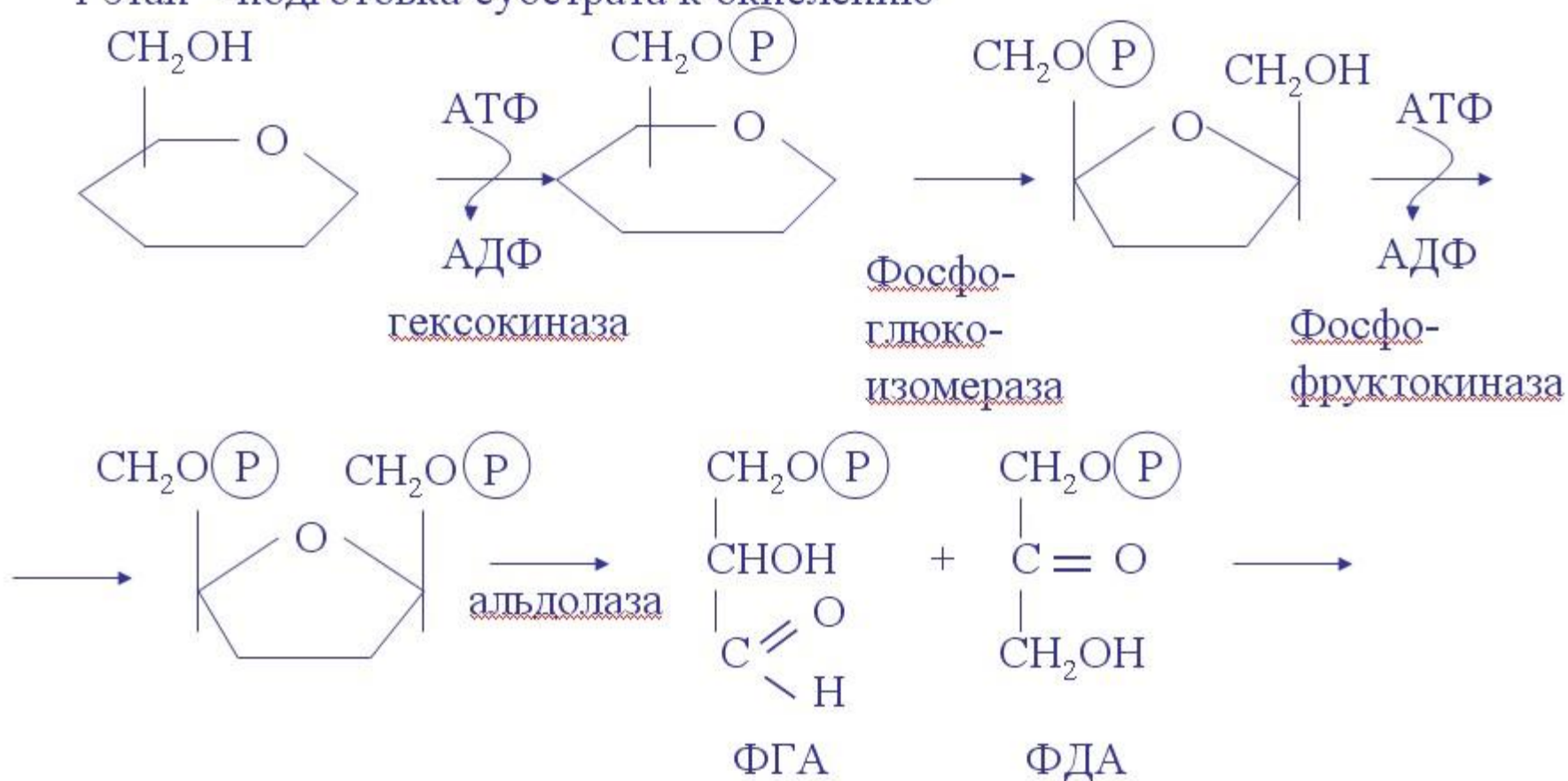


Оксидоредуктазы

# I. Анаэробная стадия

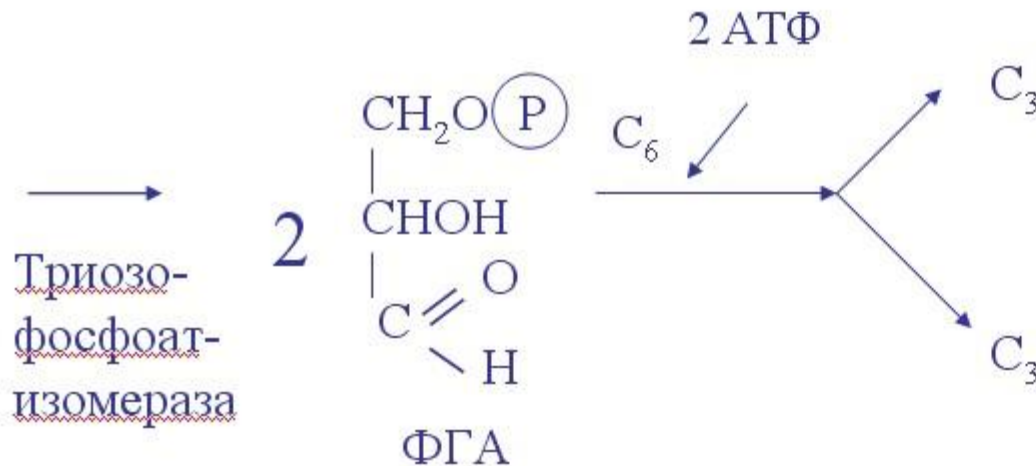
(гликолиз или путь Эмблена-Мейергофа-Парнаса)

1 этап – подготовка субстрата к окислению



Анаэробная стадия дыхания

(продолжение)



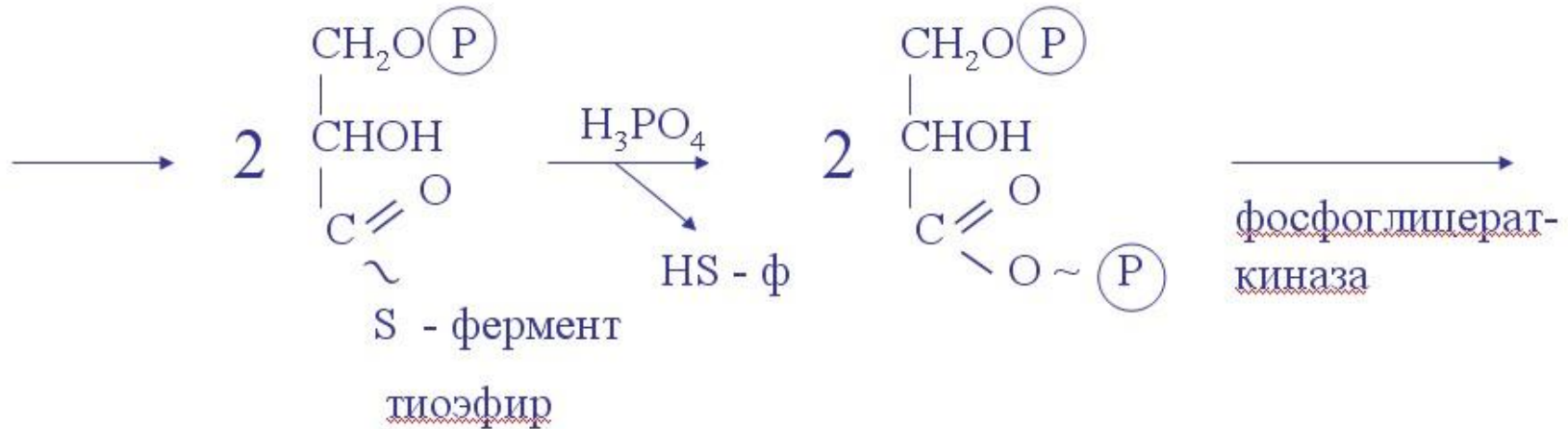
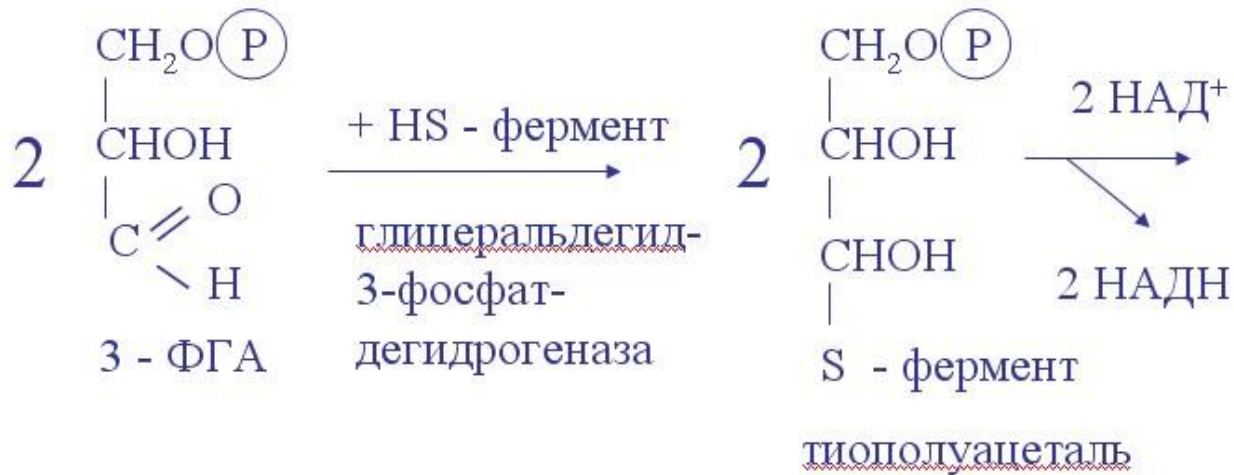
(фосфоглицеринов  
ый альдегид)

Дихотомический путь  
окисления

(название дано по способу  
подготовки субстрата)

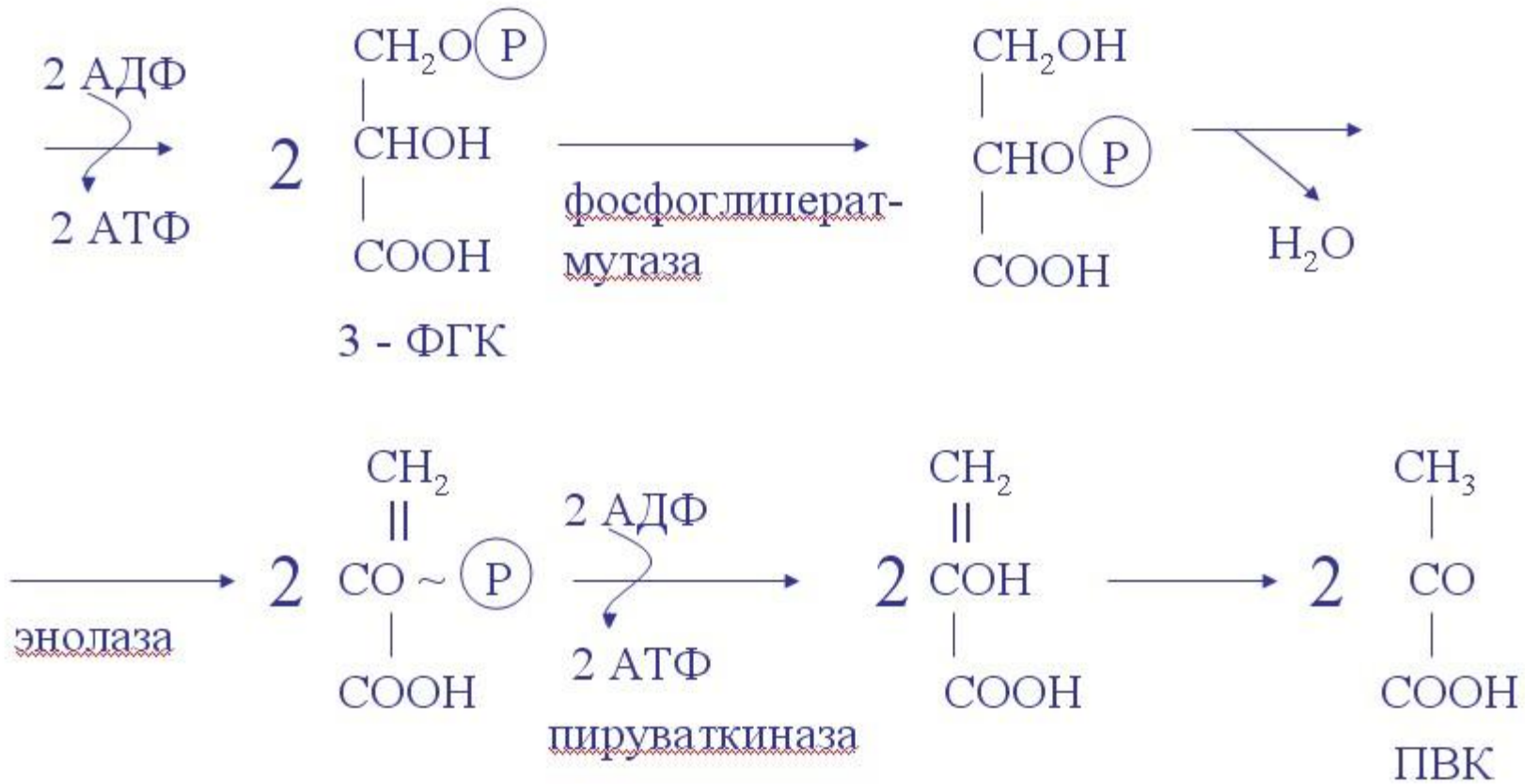
Анаэробная стадия (продолжение)

2 этап – окисление субстрата



Субстратное фосфорилирование

Анаэробная стадия (продолжение)



### Субстратное фосфорилирование



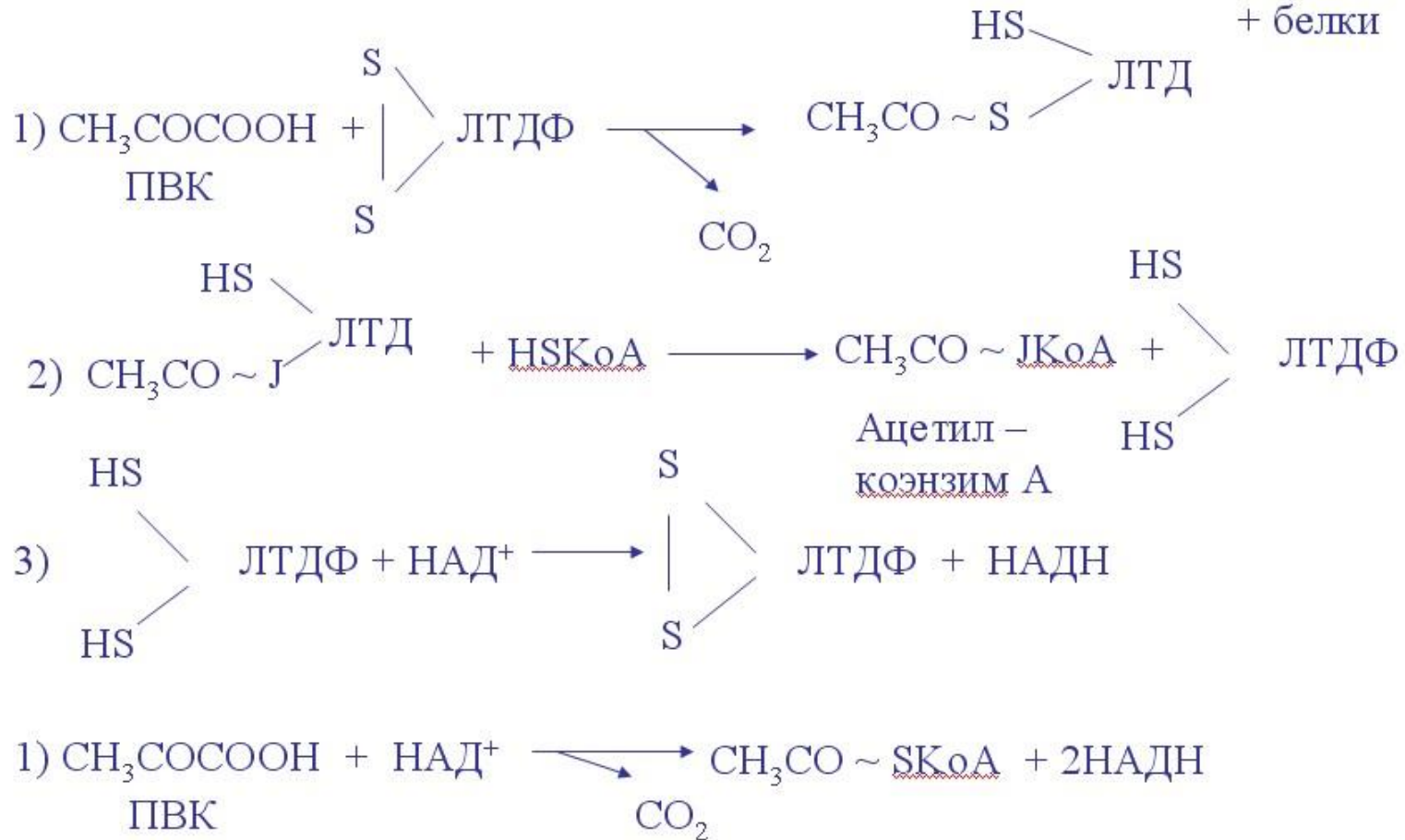
Аэробная стадия (продолжение)



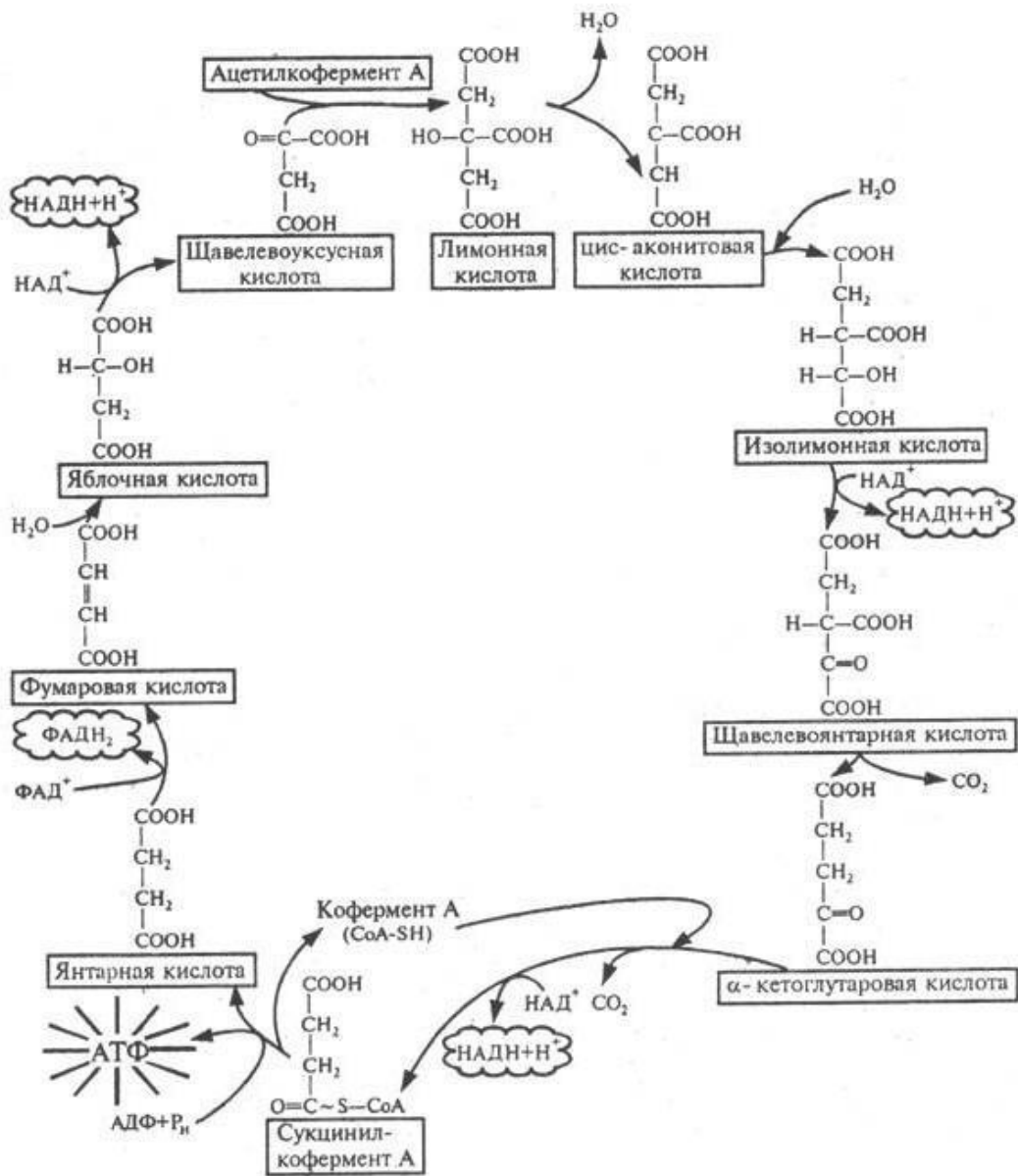
## II. Аэробная стадия

1 этап – окислительное декарбоксилирование пирувиноградной кислоты

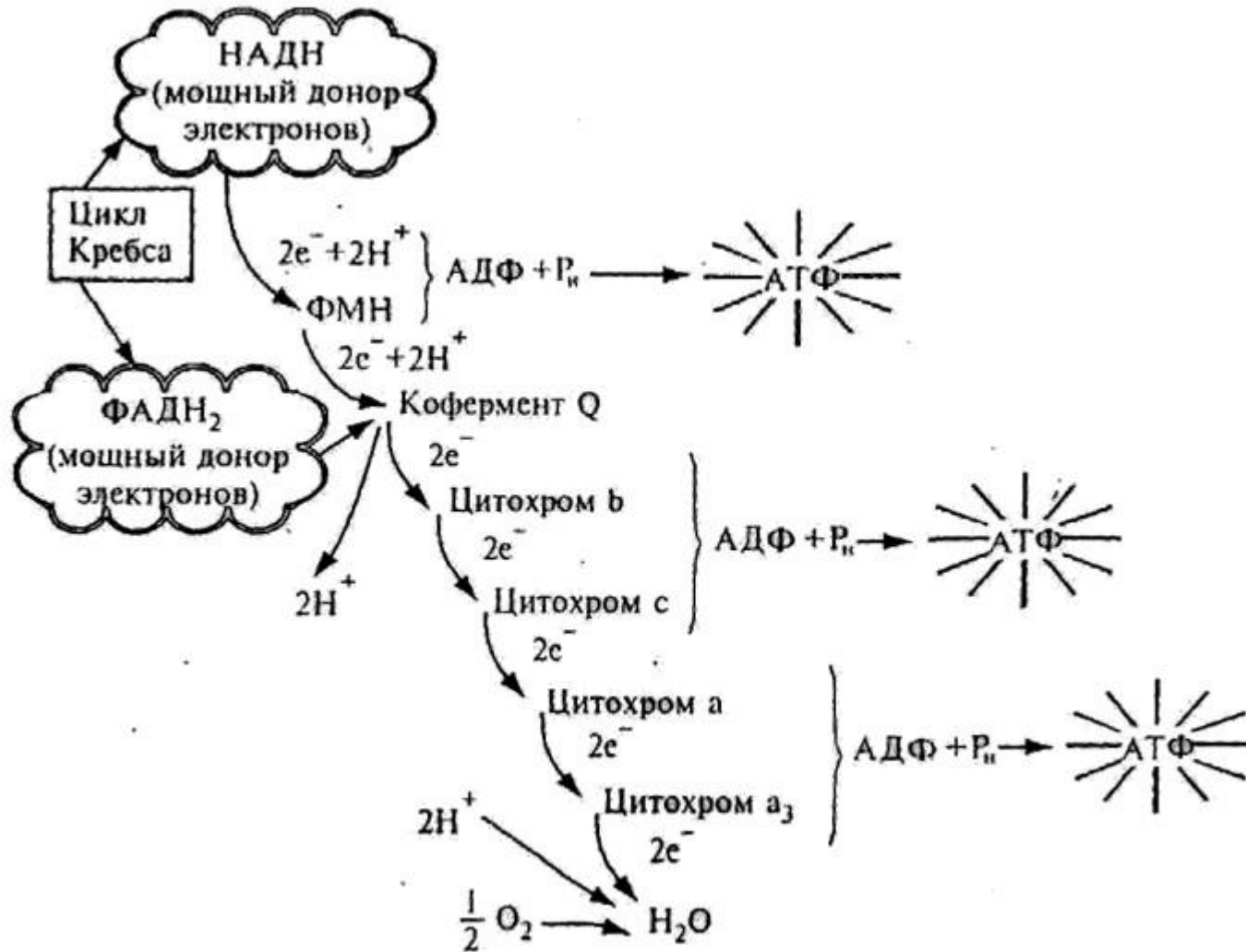
Пируватдекарбоксилазный мультиферментный комплекс (ЛТДФ, КоА, НАД) + белки



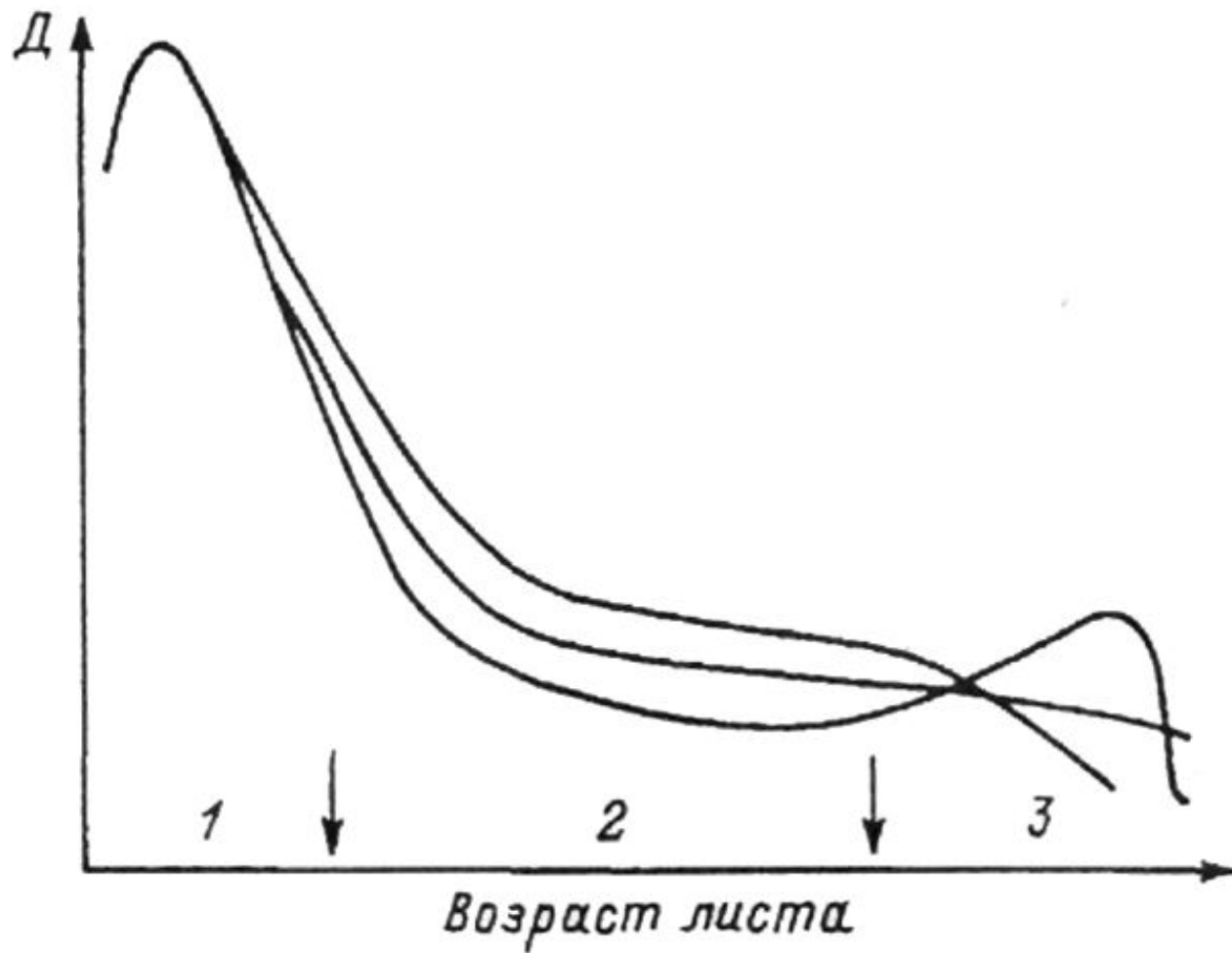
Аэробная стадия



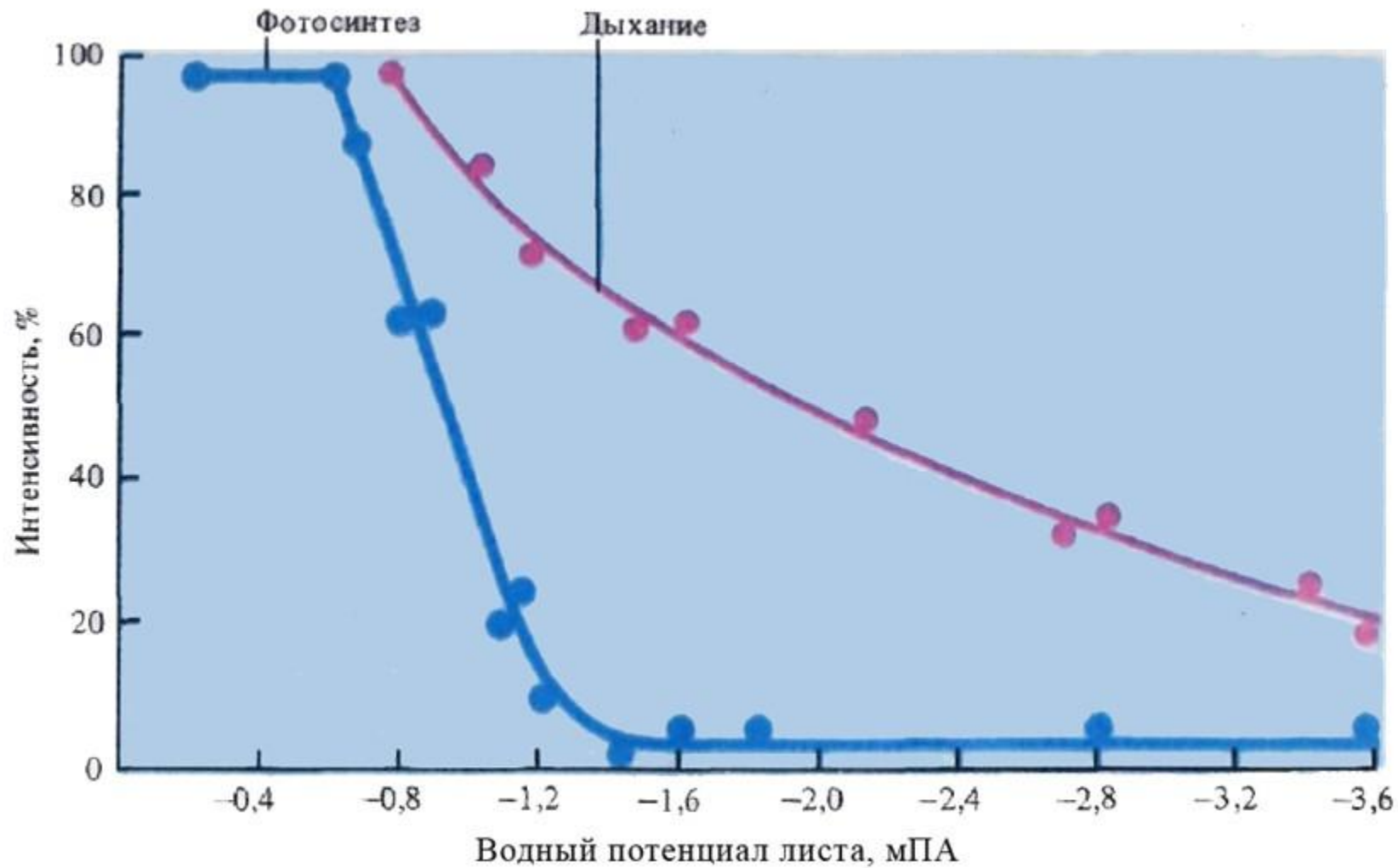
Цикл Кребса



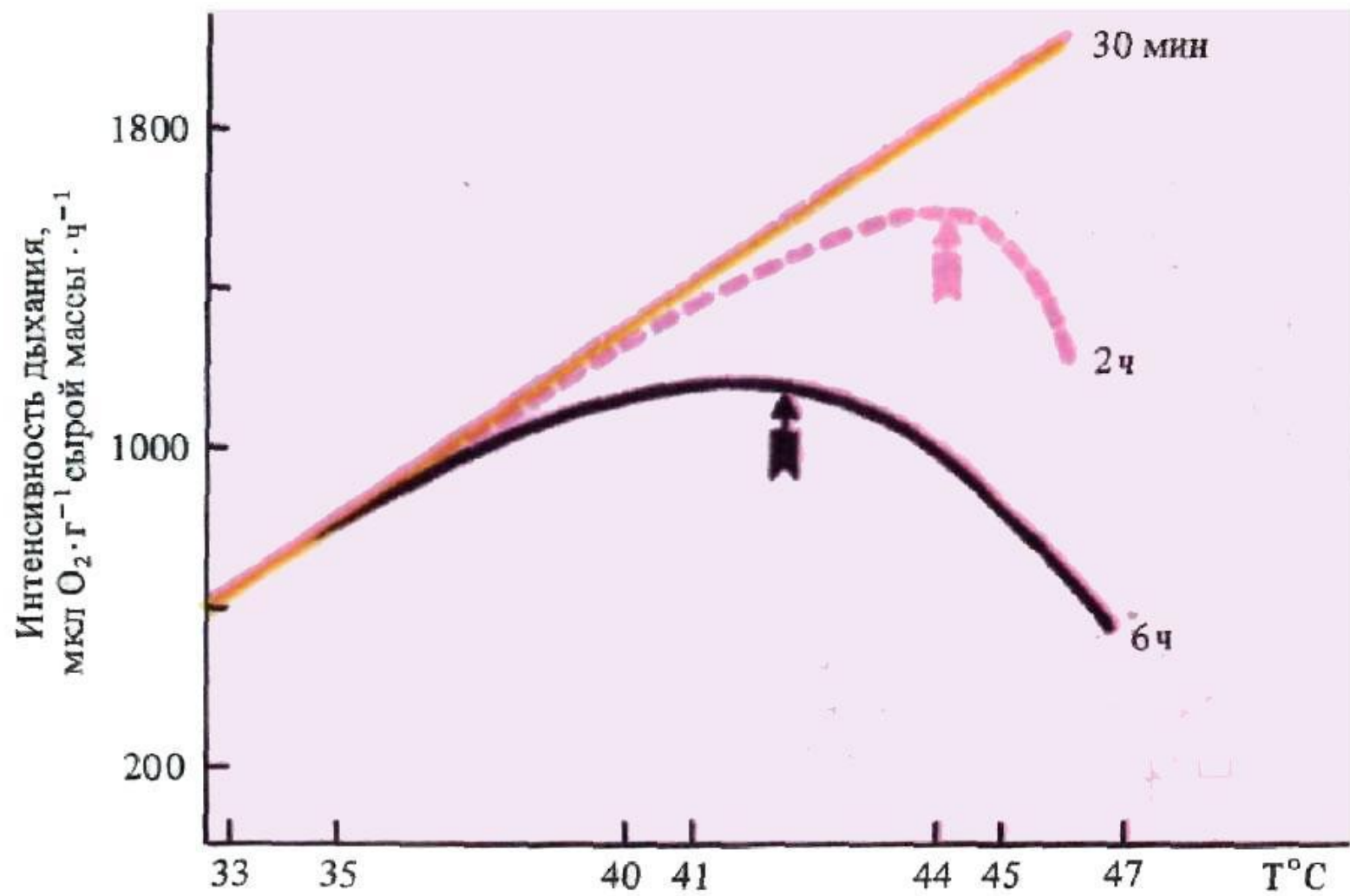
Передача энергии по цепи переносчиков электронов в митохондриальной мембране

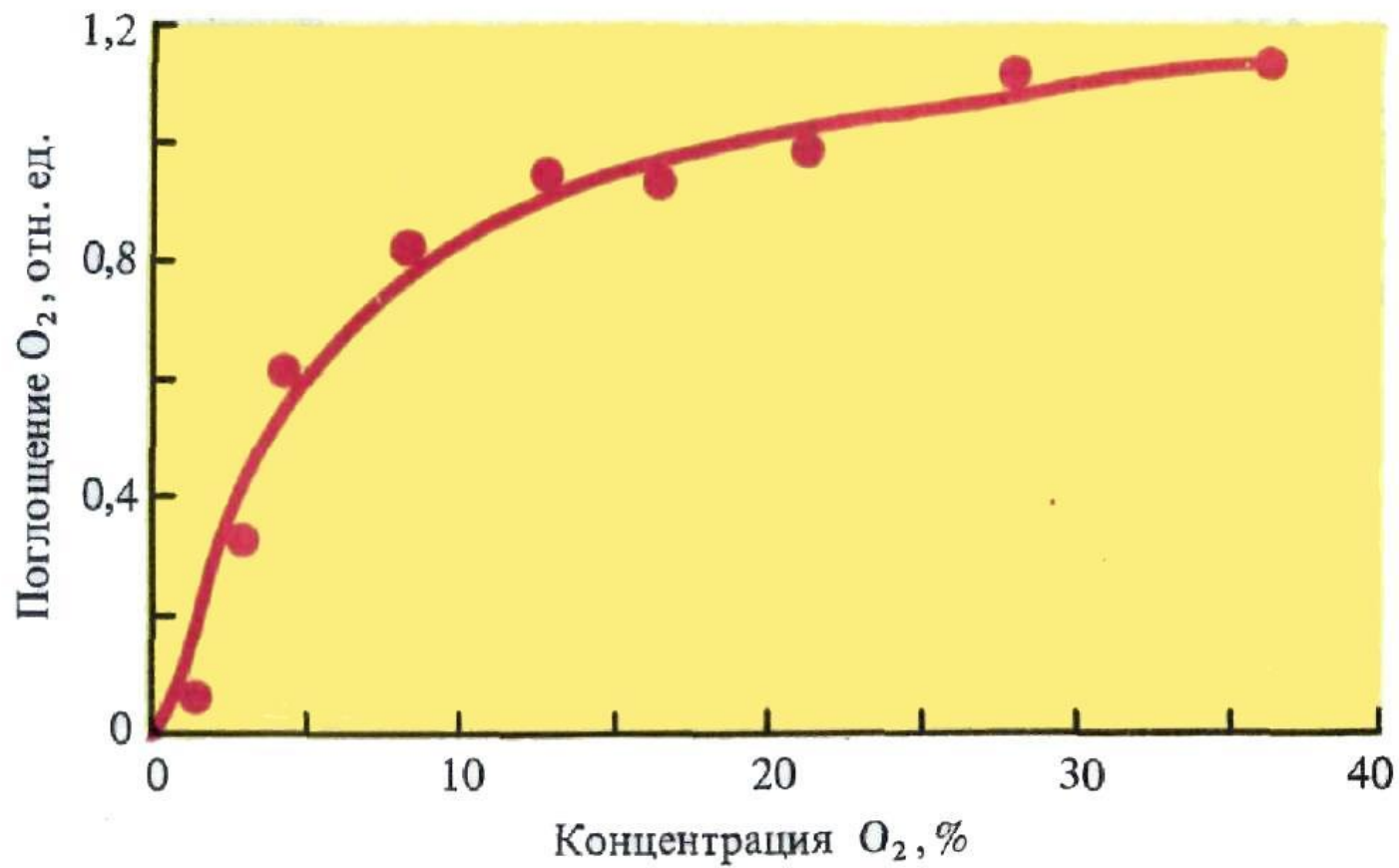


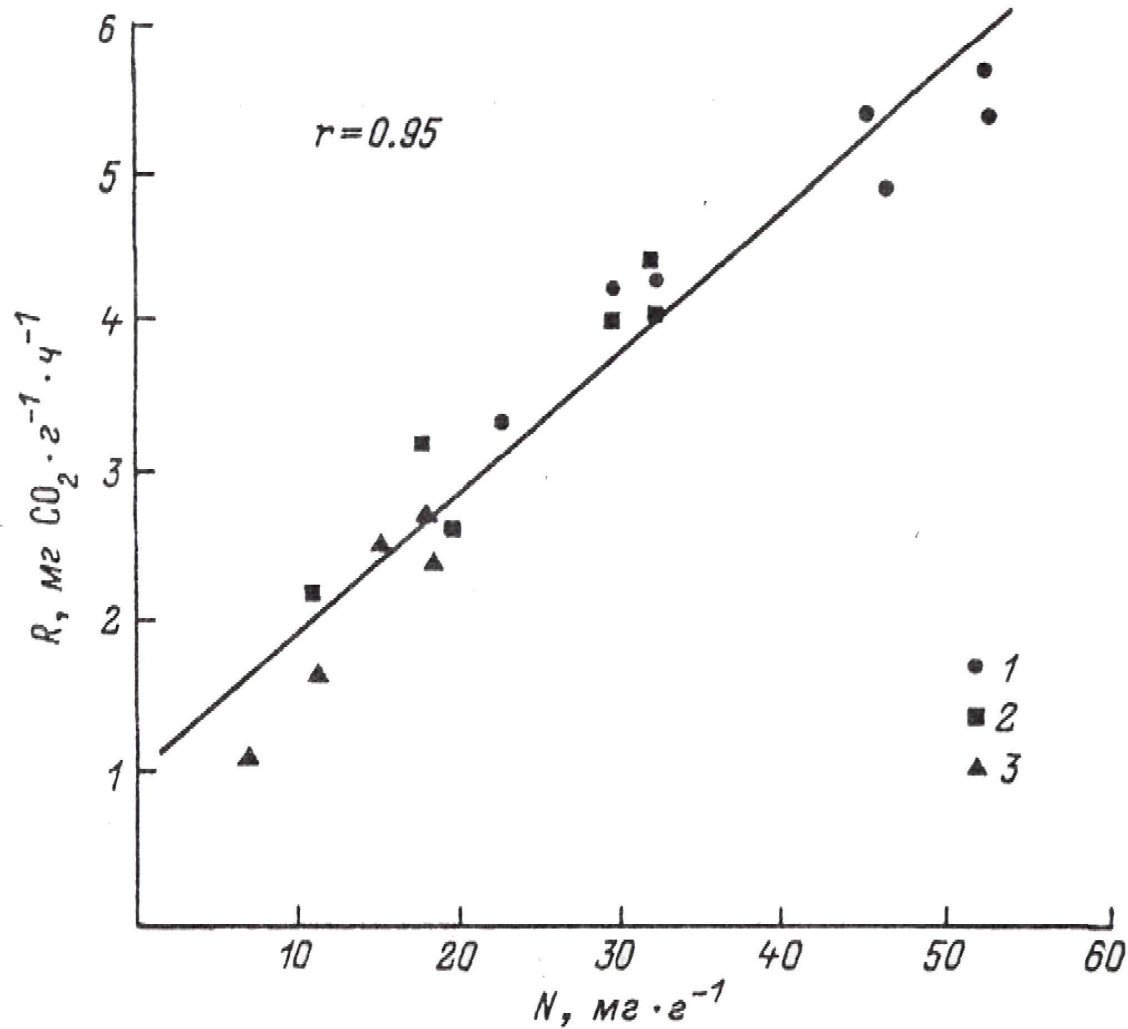
Возрастные изменения дыхательной способности листа (схема). 1-3 - период роста, зрелости и старения соответственно.



Слайд 30. Влияние уменьшения водного потенциала листа на относительную интенсивность фотосинтеза и дыхания у растений томата

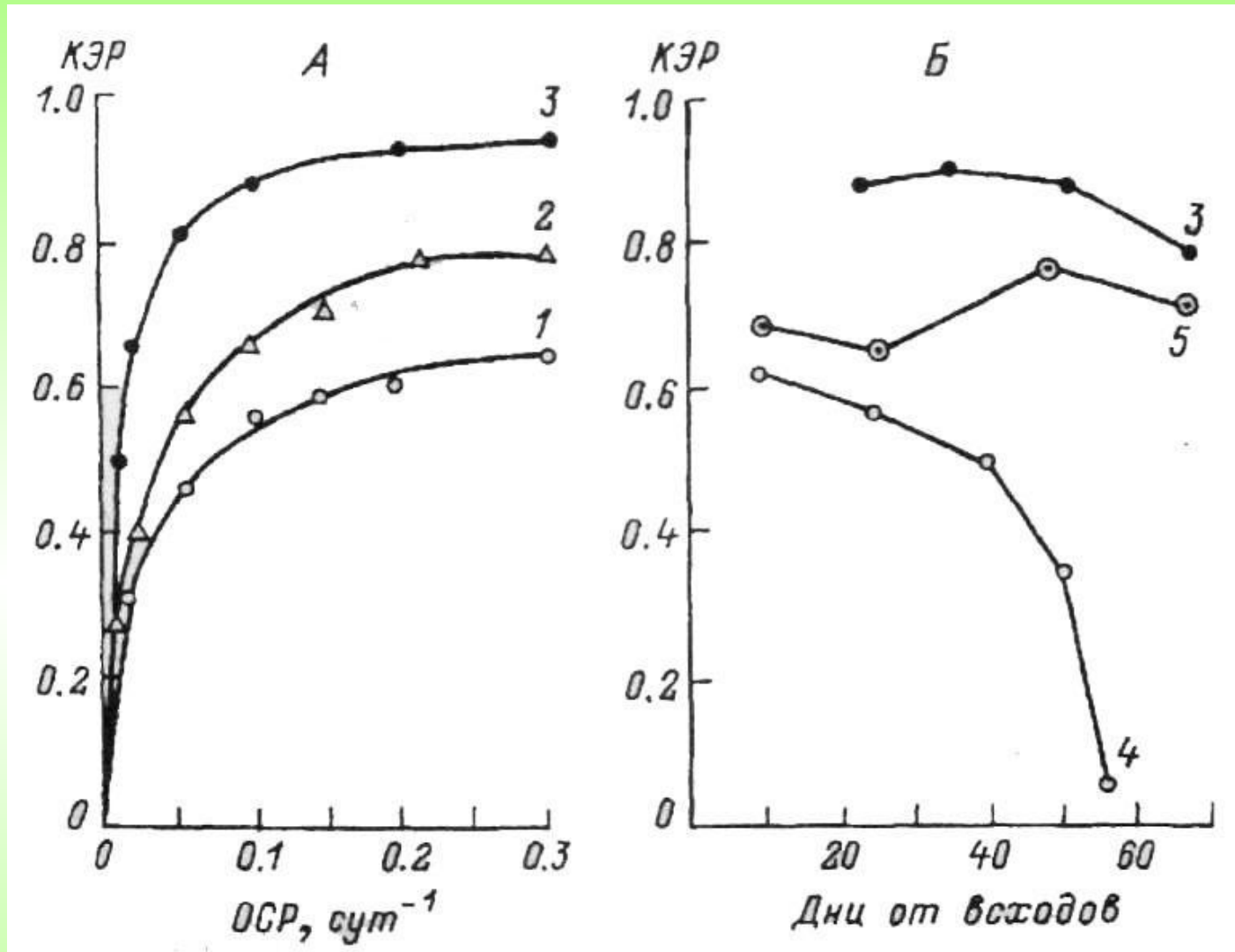






**Взаимосвязь дыхания с содержанием общего азота  
в растениях *Rhaponticum carthamoides*.  
1- листья, 2-стебли, 3-подземная часть.**





**Коэффициент эффективности роста (КЭР) как функция относительной скорости роста (ОСР) (А) и изменение КЭР в онтогенезе растений *Solanum tuberosum* (Б).**

## Вопросы для повторения.

1. Какое значение имеет дыхание для синтеза органических веществ?
2. В виде каких соединений дыхание поставляет энергию для процессов жизнедеятельности?
3. Какие процессы жизнедеятельности используют энергию дыхания?
4. Какая часть ассимилированного растением углерода идет на накопление биомассы?
5. Как измеряется интенсивность дыхания с возрастом растения?
6. Как изменяется интенсивность дыхания при нарастании водного дефицита?
7. Почему температурный коэффициент дыхания близок к 2?
8. Что является продуктом дыхания корней при переувлажнении почвы?
9. Чем характеризуется дыхание больного растения?

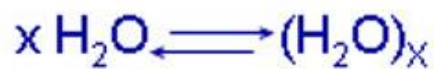
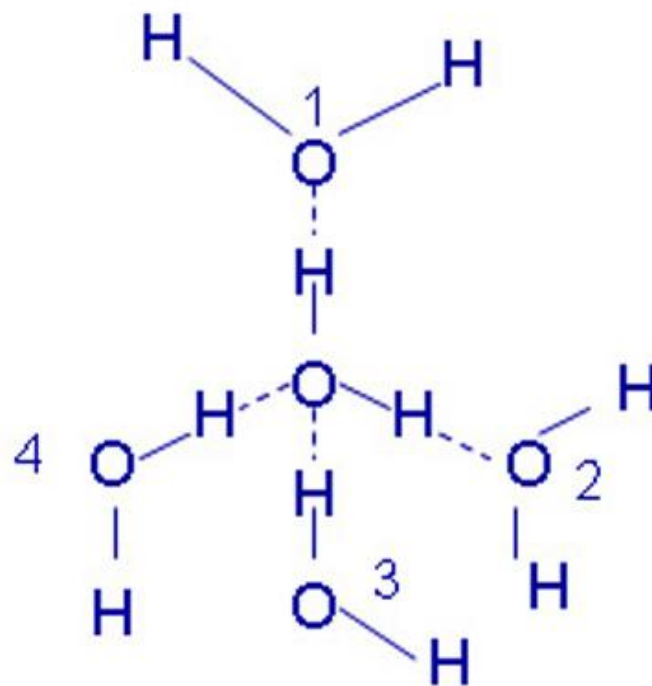
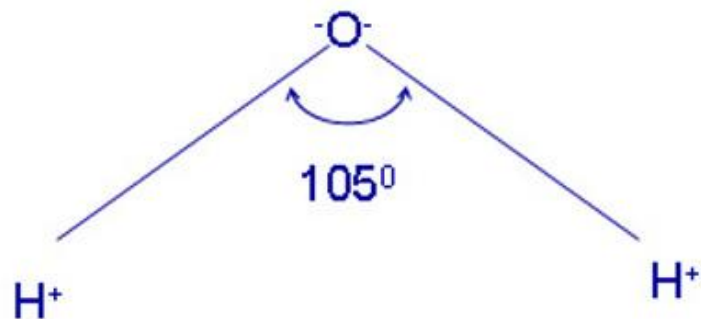
## Дополнительная литература.

1. Головки Т.К. Дыхание растений (физиологические аспекты). СПб: Наука, 1999.
2. Инфракрасный газоанализатор в изучении газообмена растений. Сб.статей М: Наука, 1990.
3. Семихатова О.А., Чиркова Т.В. Физиология дыхания растений. СПбГУ, 2001.
4. Скулачев В.П. Биоэнергетика. Мембранные преобразования энергии. М.: Высшая школа, 1989.

## ***Тема Водный обмен растения***

### **Рассматриваемые вопросы.**

- Свойства и биологическая роль воды.
- Поступление воды в растение.
- Транспирация и ее регулирование.
- Эффективность использования воды сельскохозяйственными культурами.
- Физиологические основы орошения.
- Использование параметров водообеспеченности при программировании урожаев.



водородная связь –  
16-20 кДж/моль

Структура и свойства воды

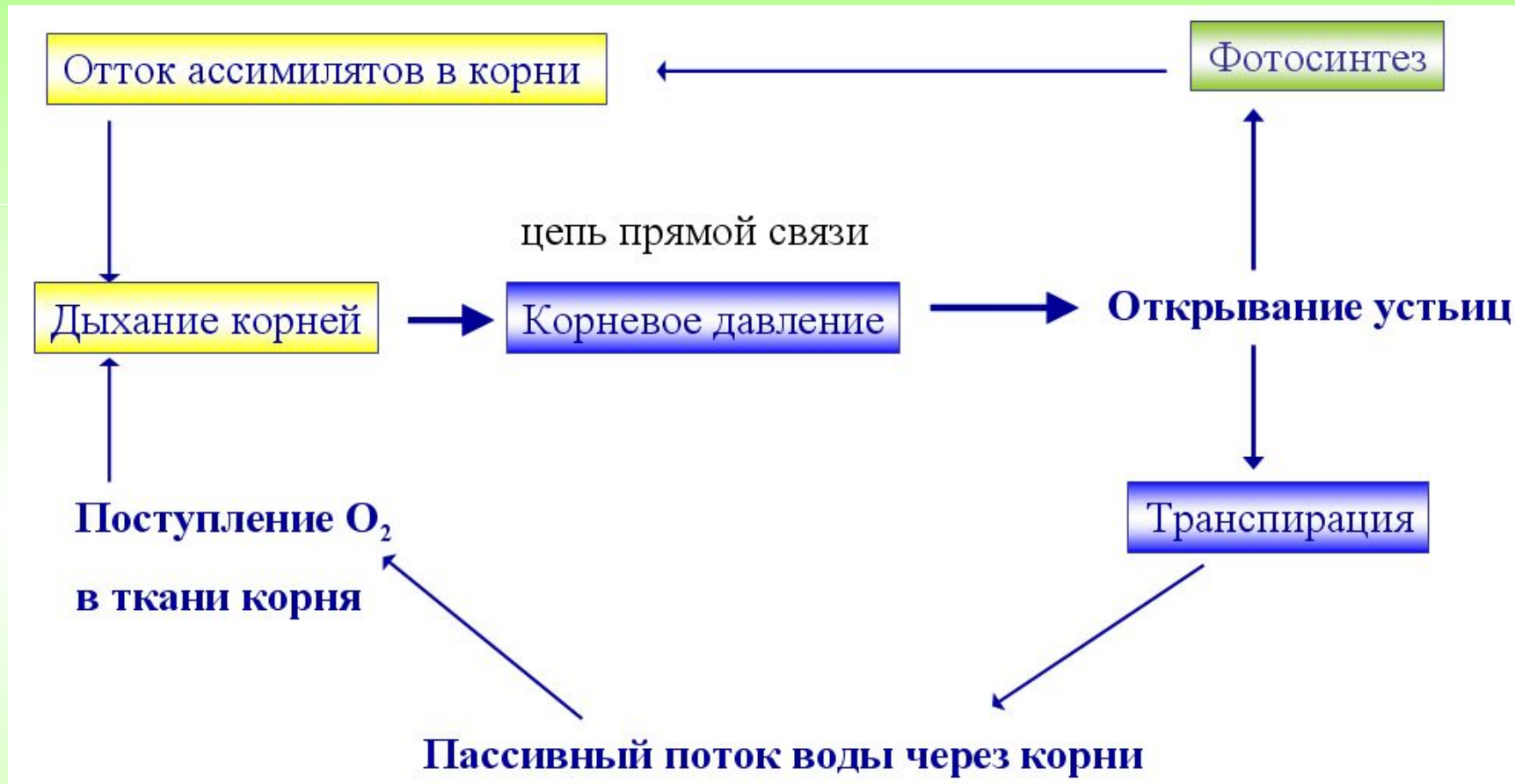
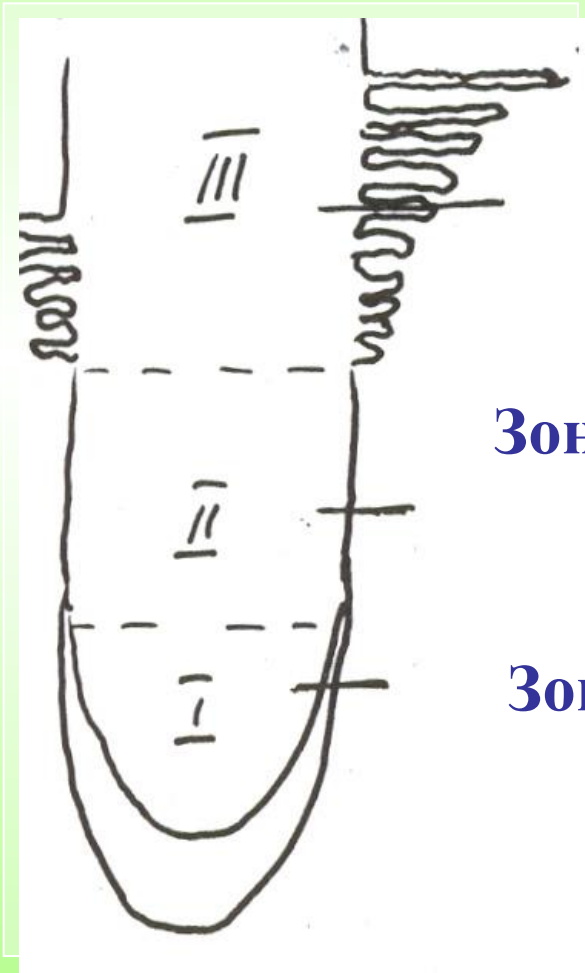


Схема автоматического регулирования водного обмена

# Корневое давление



Зона корневых волосков

$$\psi = \psi_{\pi} + p$$

Зона растяжения клеток

$$\psi = \psi_m + p \quad \psi_{\pi} =$$

Зона деления клеток

$$\psi = \psi_m$$

# Размеры корневого давления:

древесные породы                      500-800 кПа

виноград                                      150-200 кПа

травянистые растения               $\approx$  100 кПа



# Транспирация

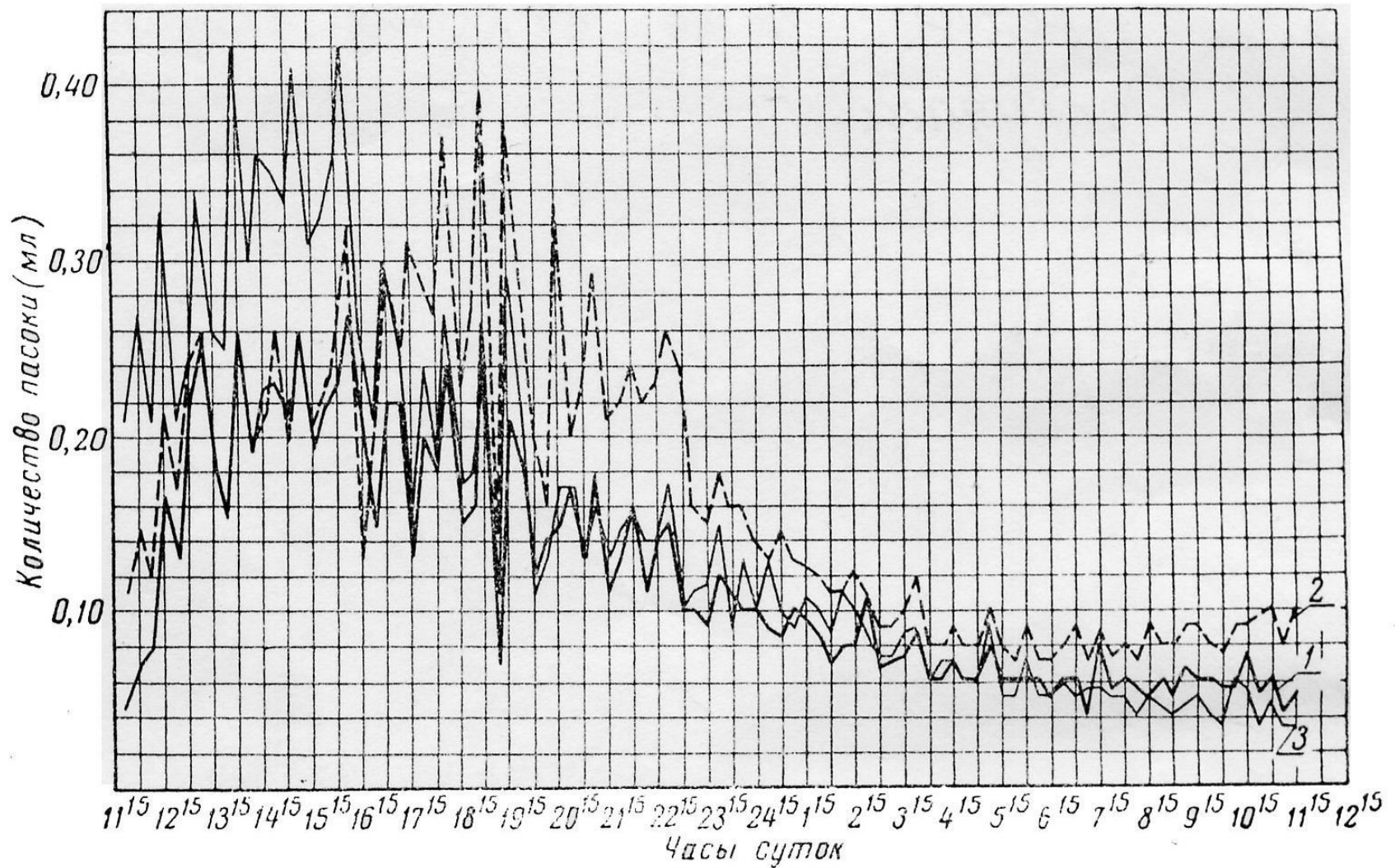
$$\psi = -\frac{RT}{\bar{V}} \ln \frac{e}{e_0}$$

$e$  – давление пара в воздухе;  $e_0$  – давление пара, насыщающего воздух

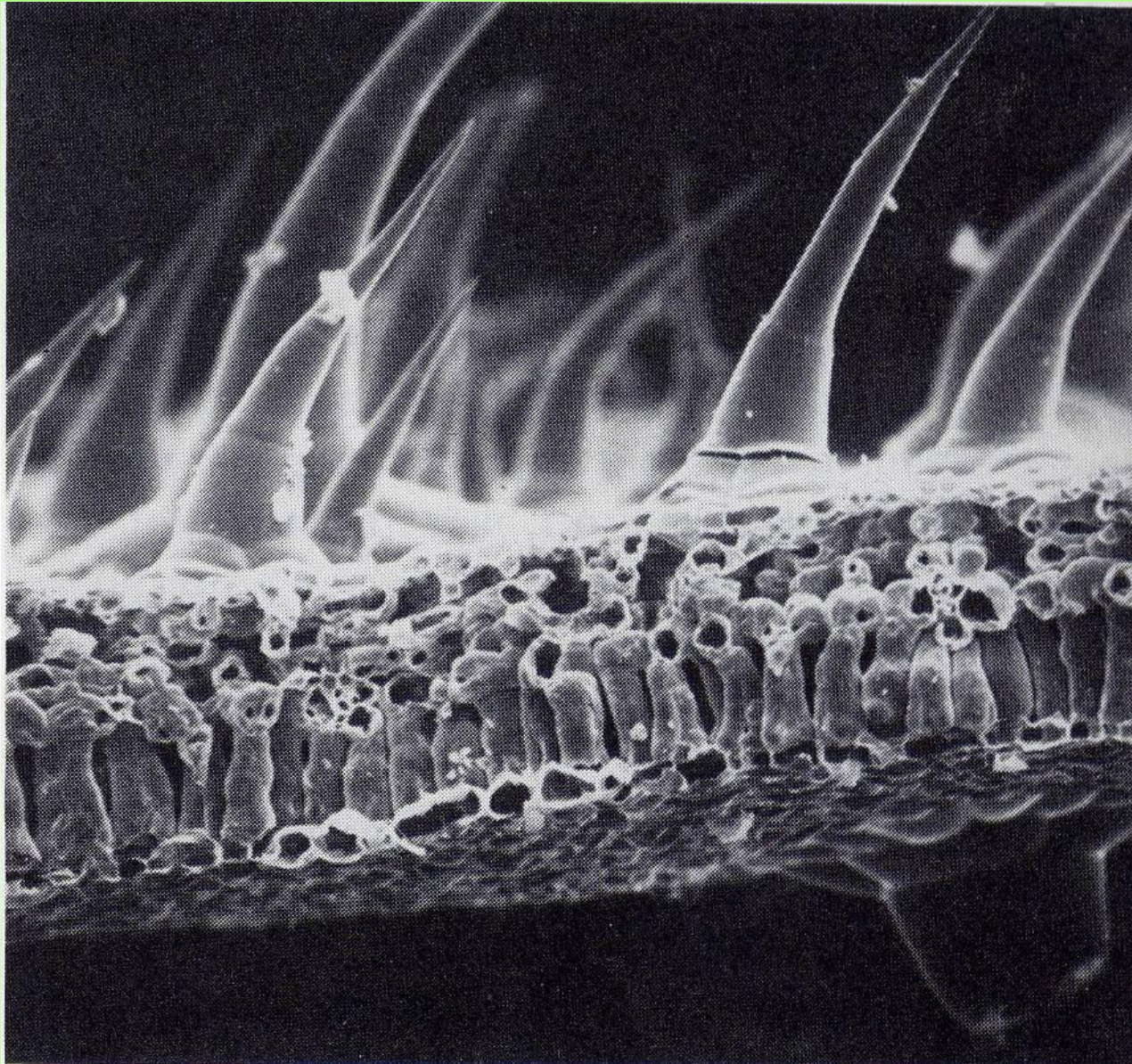
Относительная влажность воздуха	$\Psi$ кПа
100%	0
99%	-1360
98%	-2700
60%	-68000 (летний полдень)
30%	-200000 (суховей)

Траспирация

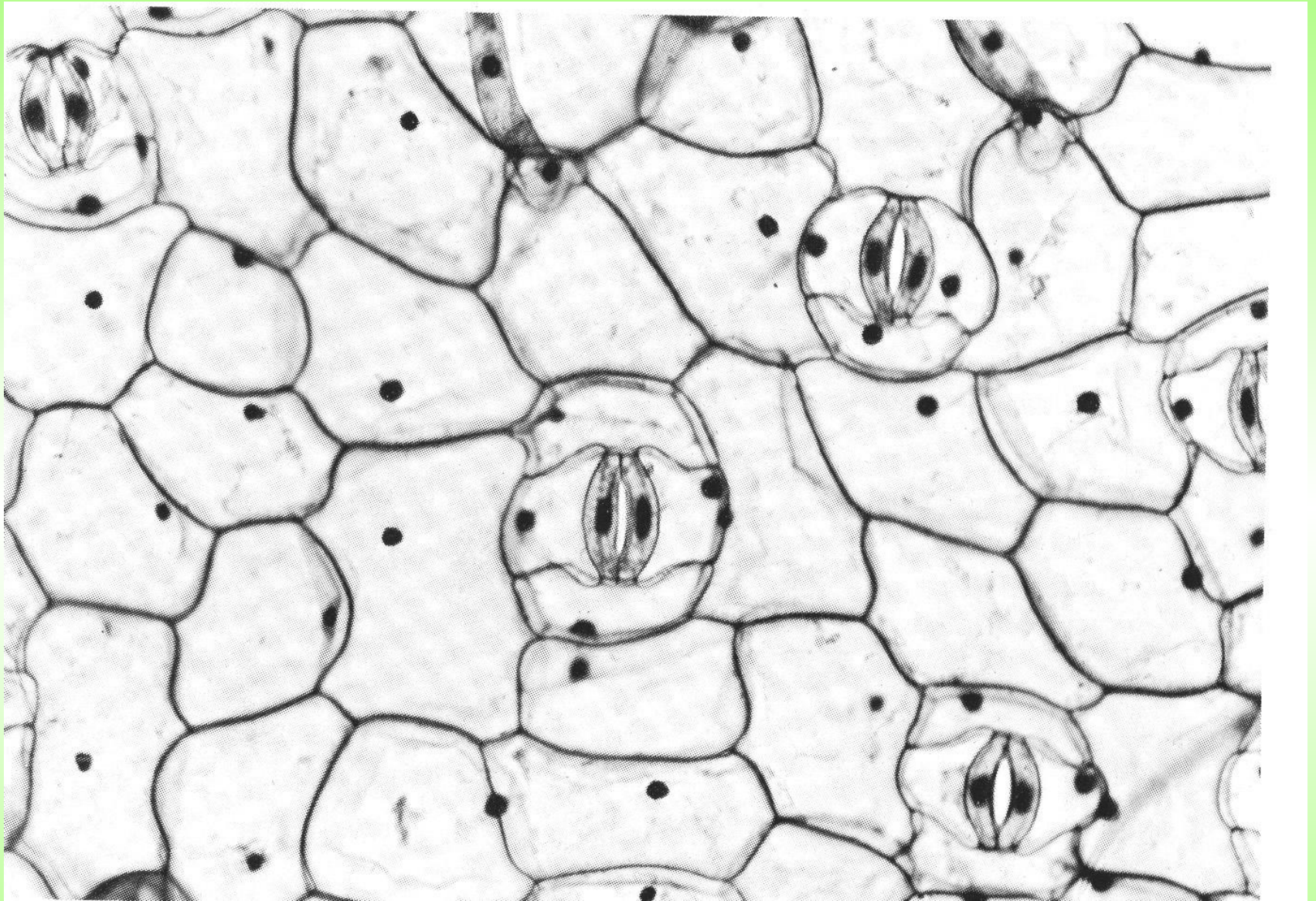
# Действие ИУК ( $5 \cdot 10^{-6}$ М) на скорость эксудации







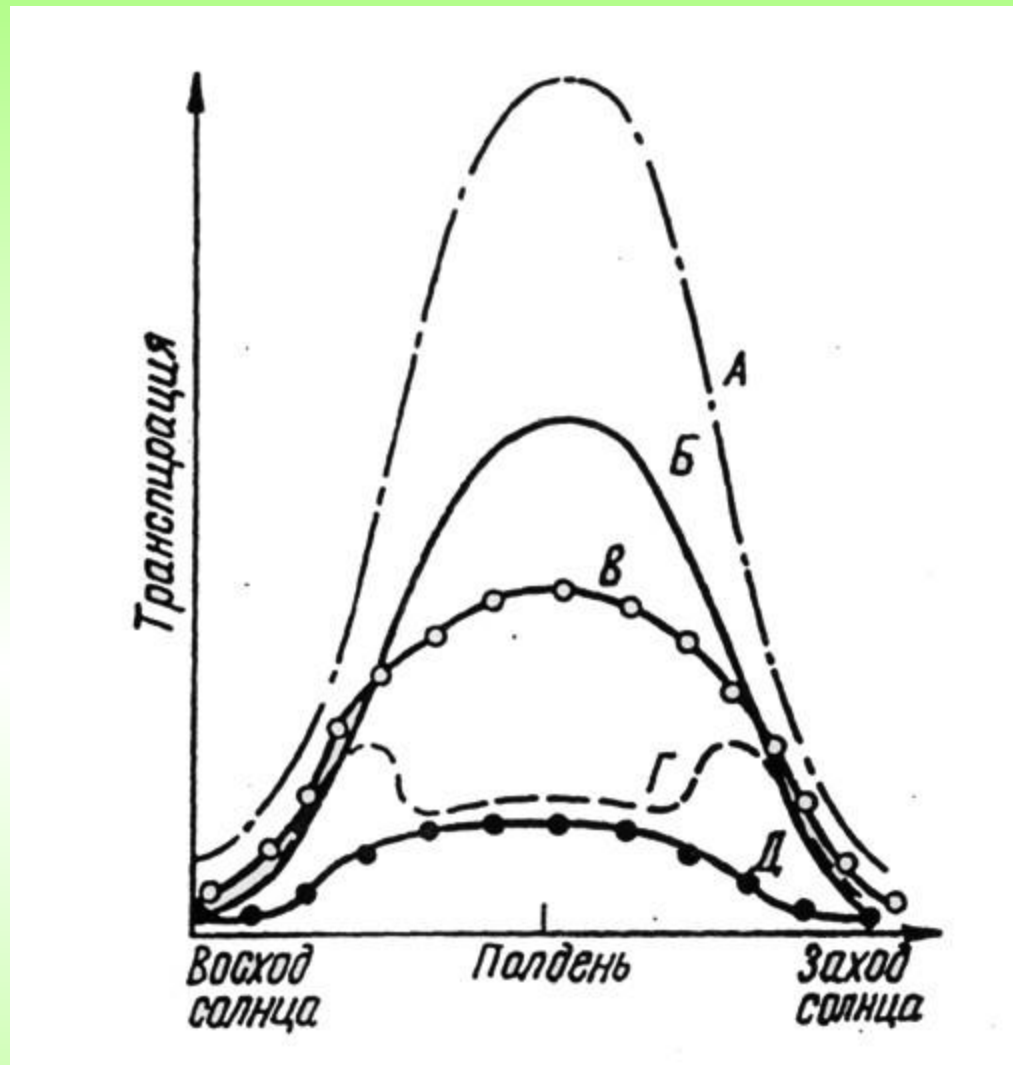
Продольный разрез листа тыквы



Устьица листа традесканции







Дневной ход транспирации при различной влагообеспеченности растений: А - испарение со свободной водной поверхности; Б - транспирация при достаточной влагообеспеченности; В - при недостатке влаги в полдень; Г - при глубоком водном дефиците; Д - во время летней засухи

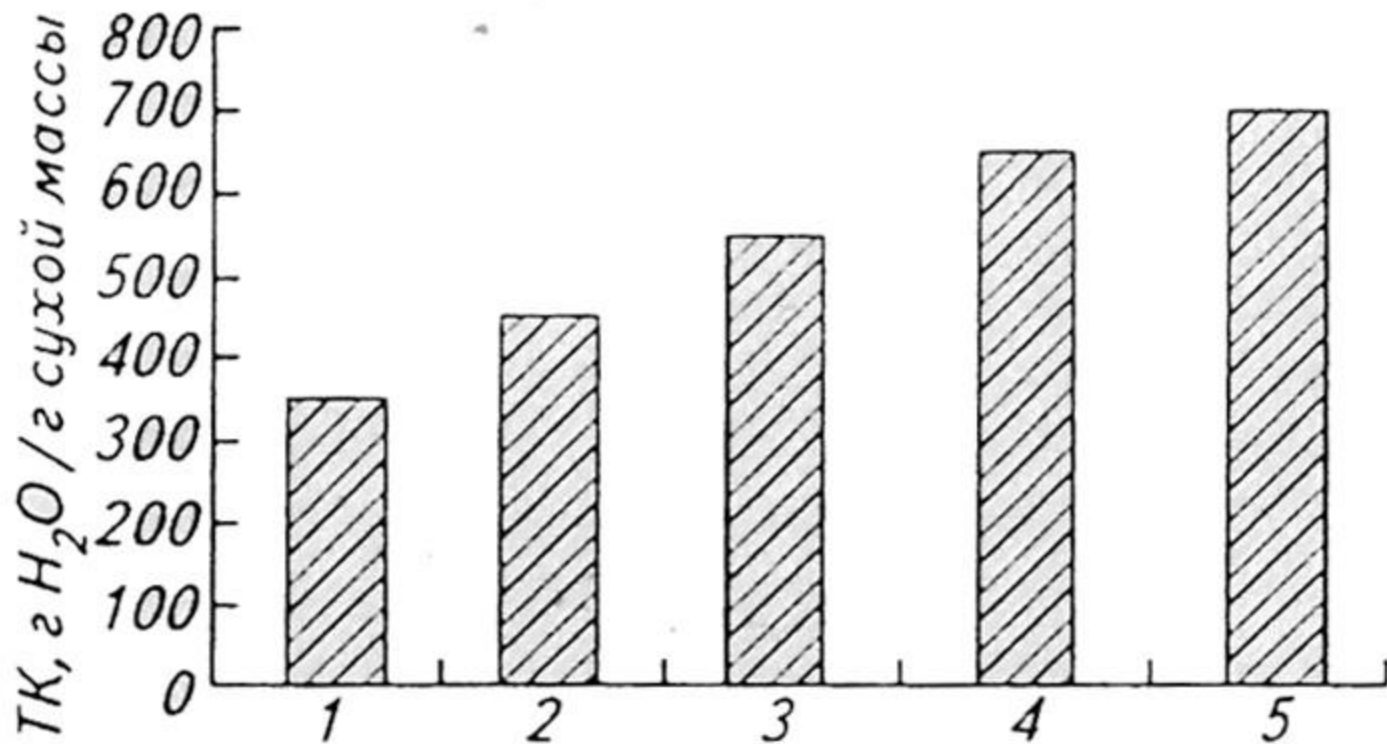


# Транспирация и фотосинтез.

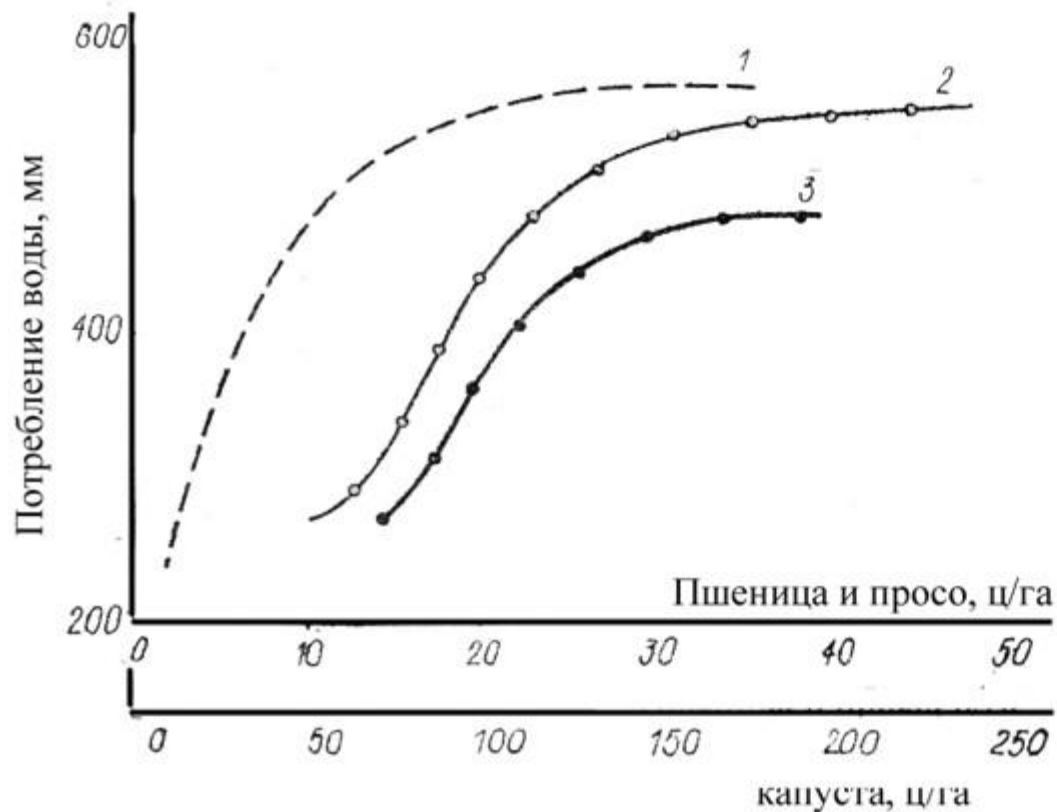
Испарение воды идет гораздо быстрее, чем поглощение  $\text{CO}_2$ , т. к.

- градиент  $\text{CO}_2 \approx$  в 20 раз меньше, чем  $\text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2\text{O}$  диффундирует в 1,56 раза быстрее  $\text{CO}_2$
- путь для  $\text{CO}_2$  длиннее, чем для  $\text{H}_2\text{O}$

Наиболее благоприятное соотношение между потерей  $\text{H}_2\text{O}$  и поглощением  $\text{CO}_2$  достигается при умеренном сужении устьиц в ранние утренние часы.



Средние величины транспирационного коэффициента (ТК) различных культур: 1 - сахарная свекла, кукуруза; 2 - пшеница, ячмень; 3 - картофель, подсолнечник; 4- рапс, горох; 5 – люцерна



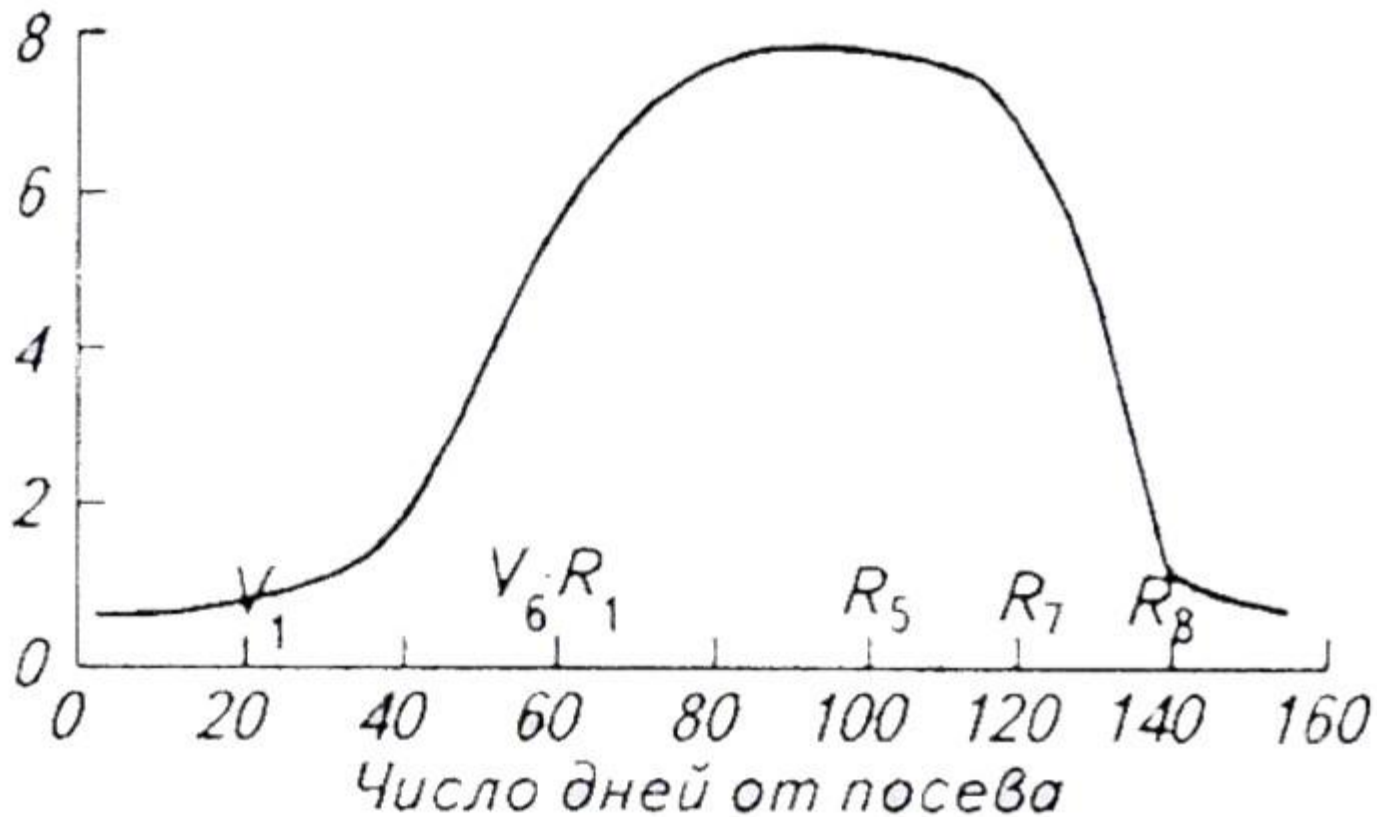
картофель – 42-46 т/га

яблоня – 30-33 т/га

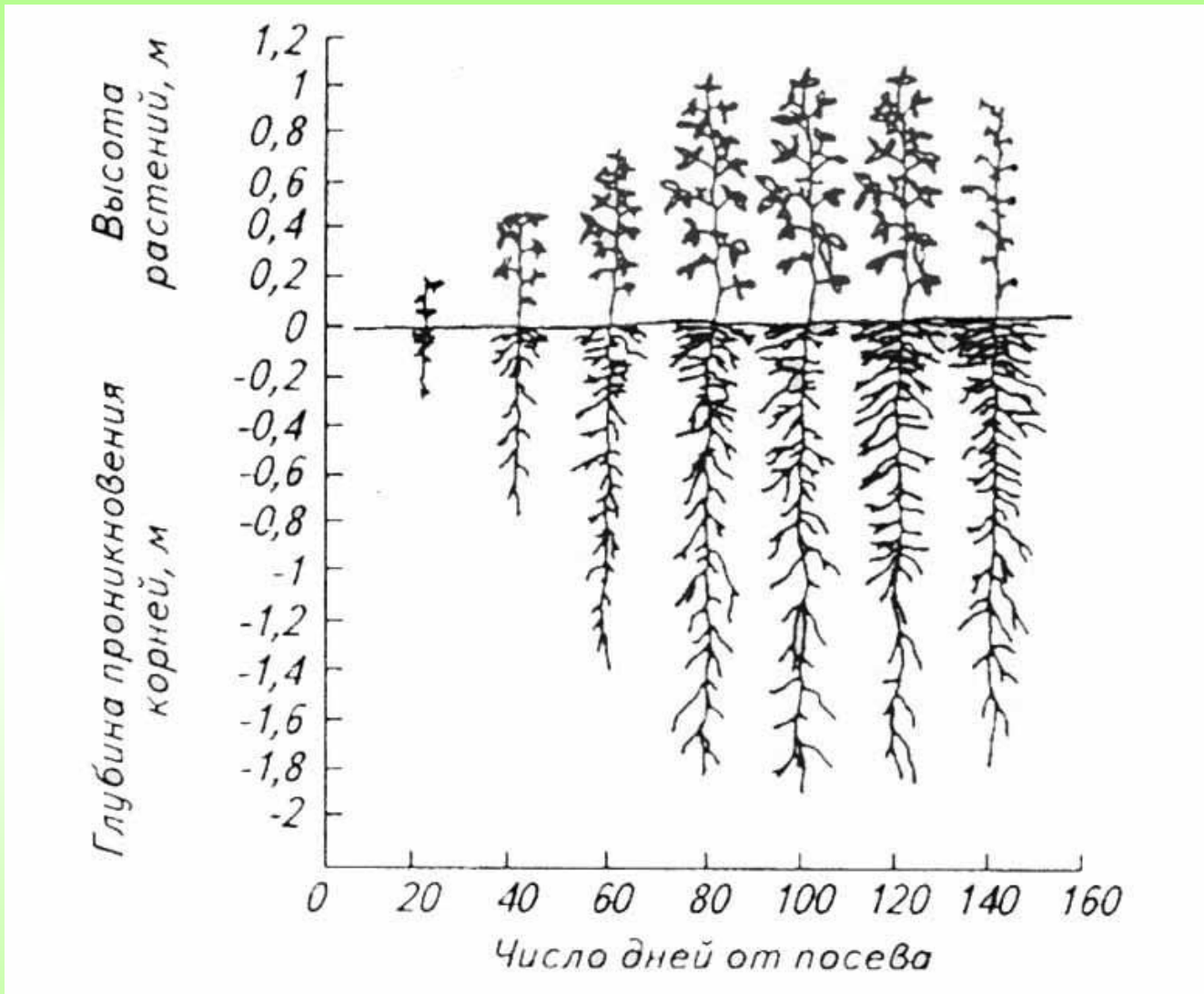
виноград – 25-27 т/га

1 – капуста, 2 – яровая пшеница, 3 - просо

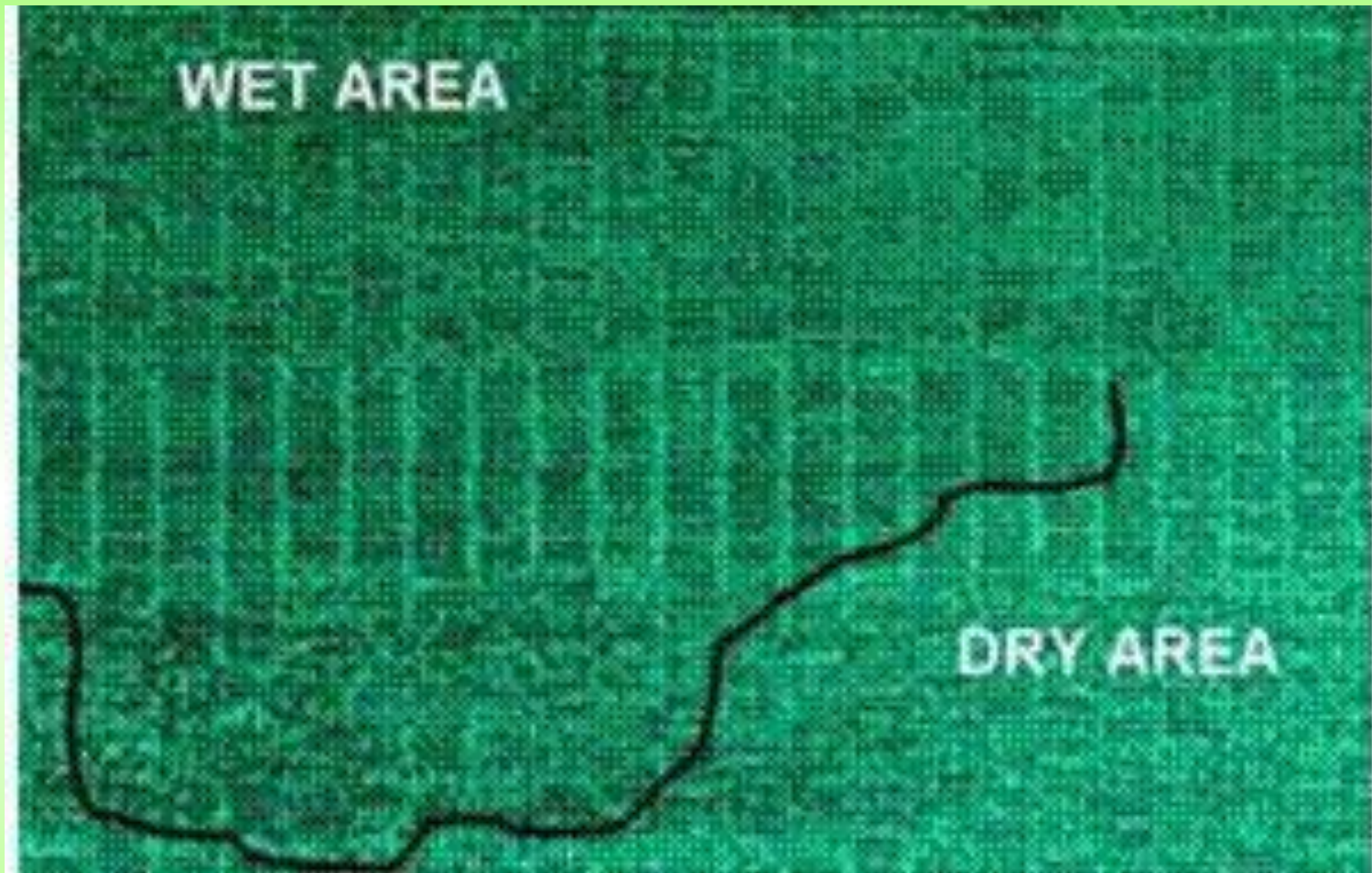
Потребление воды,  
мм / сут



Потребление воды растениями сои в онтогенезе



Рост растений сои в течение вегетации



**Космическое фотографирование поля при орошении (WET) и без орошении (DRY) в инфракрасном свете.**

## Вопросы для повторения

1. Какие свойства воды обеспечивают ее структурообразующую роль?
2. Каково содержание воды в активно функционирующих тканях растений?
3. Из чего складывается водный режим растения?
4. Какие органы растения служат для поглощения воды?
5. В чем проявляется корневое давление?
6. Какие формы почвенной влаги доступны для растений?
7. Какие условия создают физиологическую сухость почвы?
8. Когда эффективно применение антитранспираторов?
9. Какова оптимальная влажность почвы для растений?
10. Почему растения на орошаемых участках в большей степени страдают при недостаточном водоснабжении?
11. Какие физиологические показатели наиболее своевременно указывают на необходимость полива?

## Дополнительная литература

1. Водный обмен растений /Под ред.И.А.Тарчевского. М.: Наука, 1989.
2. Жолкевич В.Н. Водный обмен растений. М.: Наука, 2001.
3. Филиппов Л.А. Водный режим растений и диагностика сроков полива. Новосибирск: Наука, 1982.





## ***Тема Корневое питание***

### **Рассматриваемые вопросы**

1. Необходимые растению элементы минерального питания.
2. Поглощение, транспорт и усвоение питательных элементов.
3. Особенности нитратного и аммонийного питания.
4. Листовая диагностика корневого питания.
5. Физиологические основы применения удобрений.
6. Теоретические основы промышленного выращивания сельскохозяйственных культур на питательном растворе.

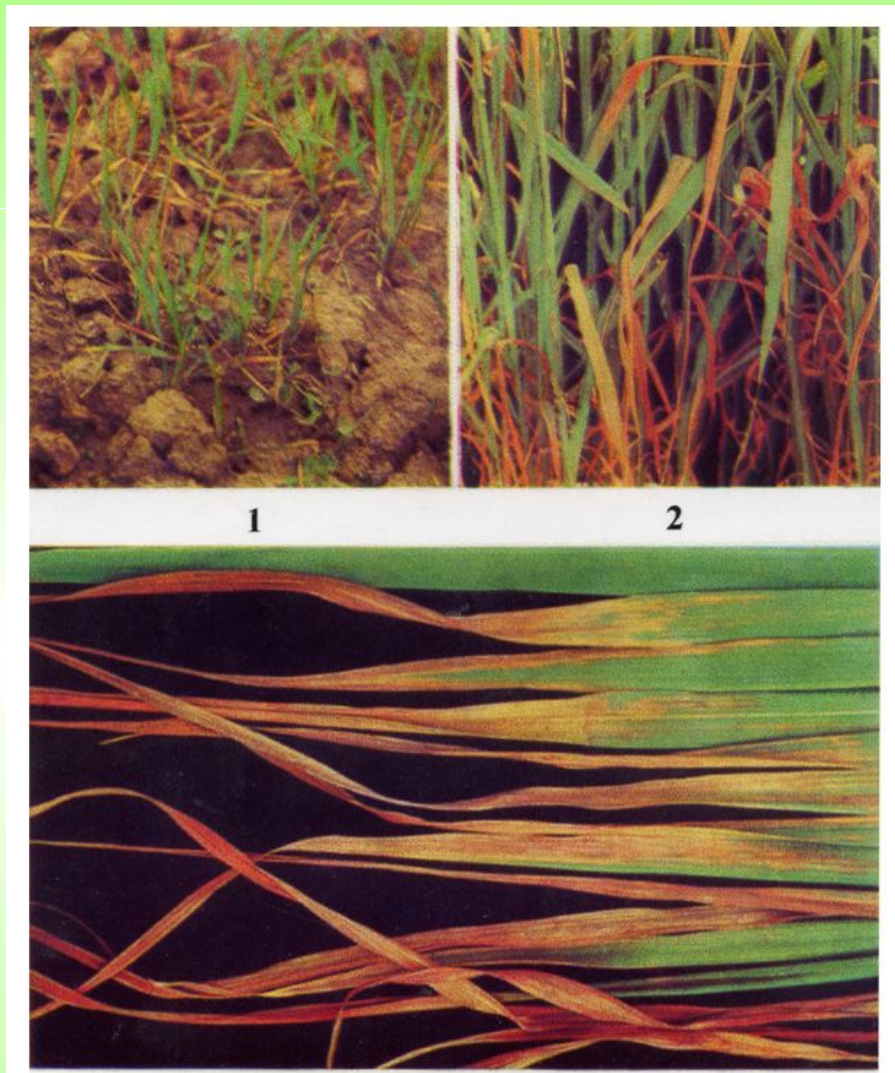




1 - Сильный N-дефицит в ранней фазе развития кукурузы; справа растения удобренные N. 2 - Лист кукурузы с типичными симптомами N-дефицита; можно видеть V-образную зеленую окраску листа. 3 - Типичные симптомы N-дефицита в старых листьях кукурузы в поле.



1 - Симптомы Р-дефицита на молодой кукурузе в условиях водных культур. 2 - Р-дефицит на кукурузе в фазу цветения. 3 - Листья кукурузы; **слева:** без Р-дефицита (0.26% Р); **справа:** Р-дефицит (0.09% Р).



1 - К-дефицит на молодой озимой пшенице на лёссовой почве после засушливого периода. 2 - К-дефицит у овса во время трубкования. 3 - Типичные симптомы К-дефицита на старых листьях овса на верху: здоровый лист.



Растение  
томатов с  
отмирающей  
точкой роста  
из-за Са-  
дефицита  
(содержание  
Са в листьях  
= 0,71% Са)



Спелые томаты при  
нарушения снабжения  
плодов Са



Болезнь  
плодов  
томатов  
“вершинная  
гниль” из-за  
Са - дефицита

**Недостаток кальция у томатов**



Побег апельсинового дерева с симптомами ранних стадий недостатка серы



Симптомы Fe-дефицита на листьях конского боба. Слева вверху - лист здорового растения



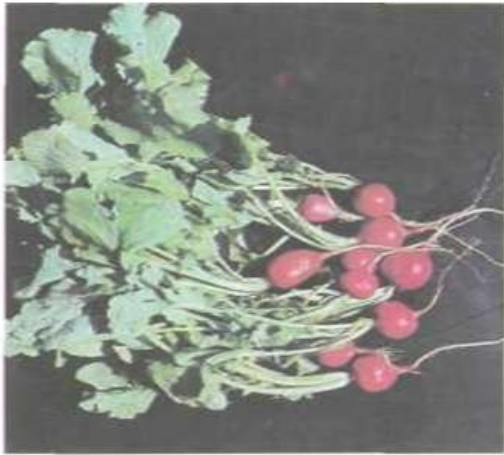
Характерные симптомы Fe-дефицита у гороха на почве, богатой медью



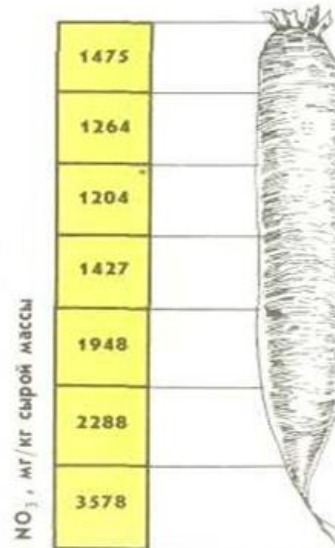
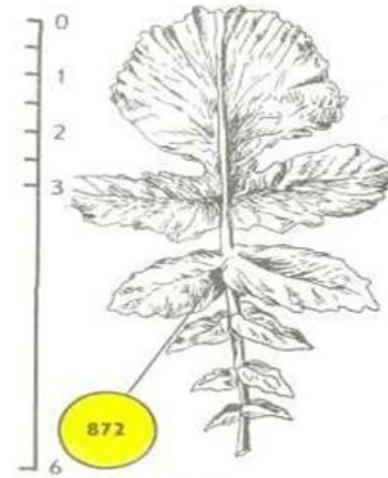
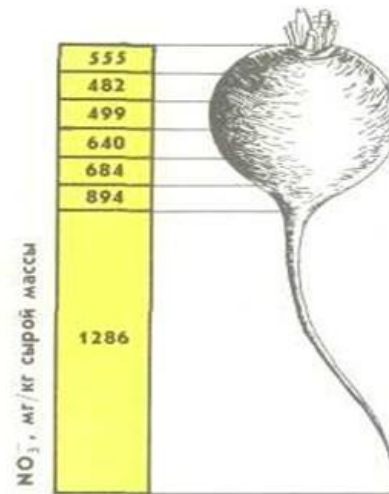
Кукуруза на гидропонике при слабом Fe-дефиците

Дефицит железа у разных культур

**РЕДИС**  
*Raphanus sativus*



Корнеплоды круглой формы содержат меньше нитратов, чем удлиненные. Наибольшее количество нитратов содержится в корнеплодах в зоне, примыкающей к листьям.



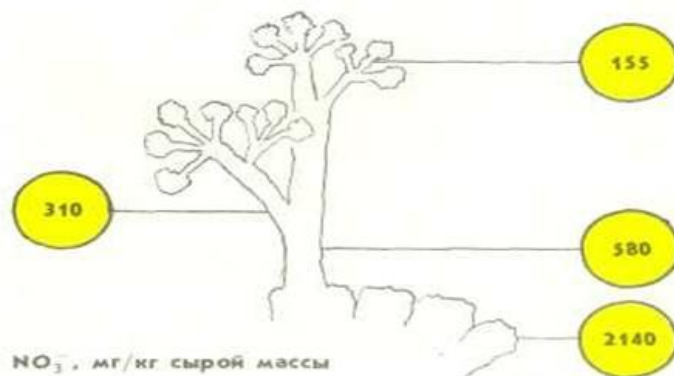
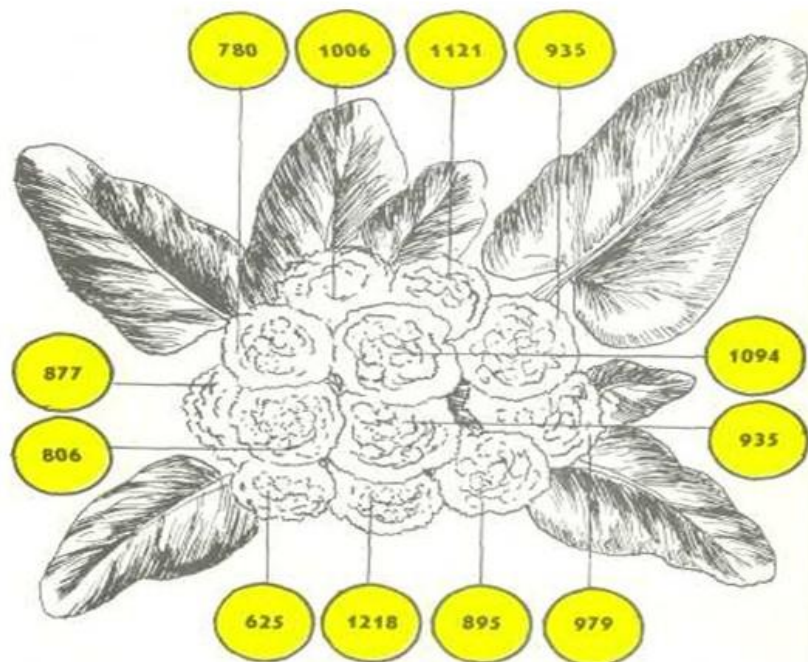
Распределение нитратов в редисе (*Raphanus sativus*)



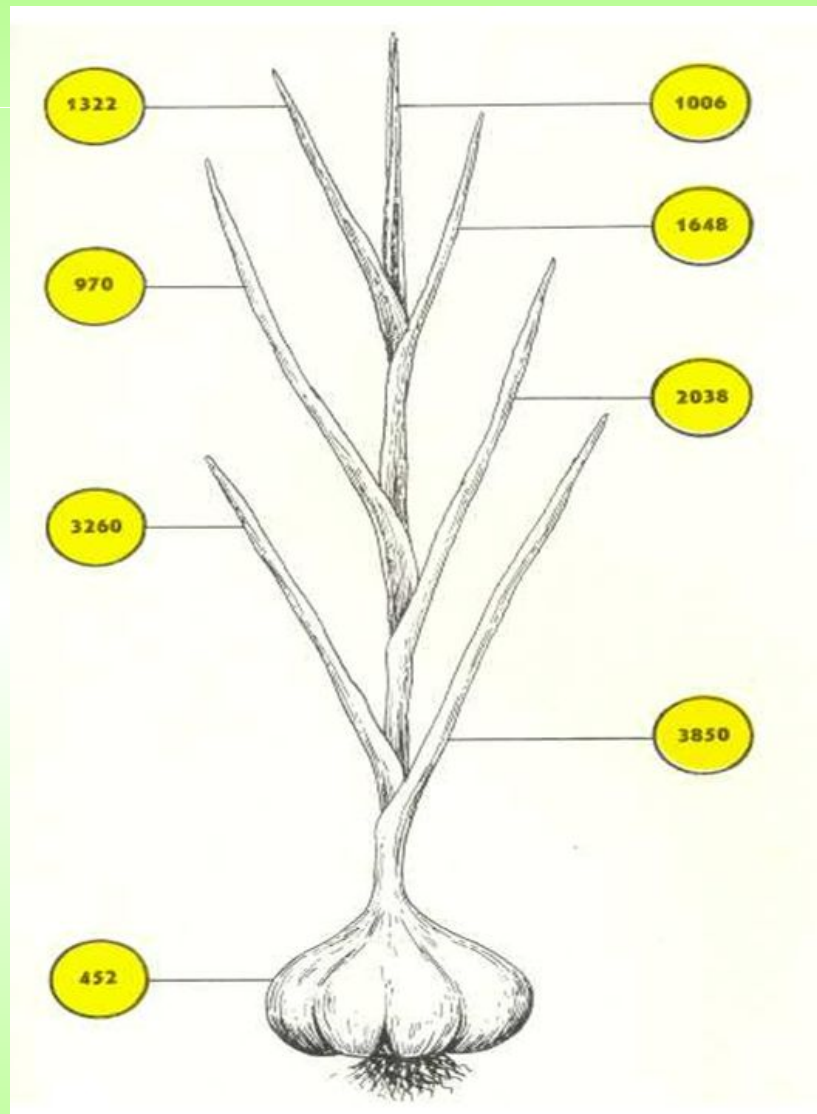
## КАПУСТА ЦВЕТНАЯ *Brassica cauliflora*



Минимальное количество содержится в цветках. Их количество в цветоножках возрастает по мере приближения к стеблю, причем довольно существенно (более чем в 4 раза).



Распределение нитратов в цветной капусте (*Brassica cauliflora*)



**ЧЕШОК**  
*Allium sativum*



Наибольшее количество нитратов находится в нижней части стебля и нижних листьях. В головке содержится их минимальное количество.

Распределение нитратов в чесноке (*Allium sativum*).









# Снабжение надземных органов растений $^{32}\text{P}$ при поглощении его из внешней среды всеми корнями или их небольшой частью

Условия поглощения $^{32}\text{P}$ в опыте	Поглощение всеми корнями	Поглощение частью корней
Объем корней, поглощавших $^{32}\text{P}$ , см <sup>3</sup>	5,79	0,18
Содержание $^{32}\text{P}$ в надземных органах, имп./мин на 1 г сухого вещества	15 678	9417
Поступило $^{32}\text{P}$ в надземные органы за 36 ч опыта из 1 см <sup>3</sup> корней, имп./мин	2736	52 433

## Вопросы для повторения

1. Какие элементы минерального питания необходимы растению?
2. В чем заключается структурообразовательная роль Са и Mg в клетке?
3. Какова роль фосфора и азота в жизни растения?
4. Какие физиологические расстройства возникают в растении при недостатке азота?
5. В каких формах используется азот в растениями?
6. Какова роль калия в жизни растения?
7. По листьям каких ярусов диагностируют недостаток азота и железа?
8. Что называется реутилизацией?
9. С чем связана способность растений к реутилизации?
10. В какой период жизни растения возрастает значение реутилизации?



## Дополнительная литература

1. Битюцкий Н.П. Микроэлементы и растение. СПбГУ, 1999.
2. Бэртон У.Г. Физиология созревания и хранения продовольственных культур. М.: Агропромиздат, 1985.
3. Вахмистров Д.Б. Пространственная организация ионного транспорта в корне. М.: Наука, 1991.
4. Воробьев В.А. Симбиотическая азотфиксация и температура (Влияние низких положительных температур и весенних заморозков). Новосибирск: Наука, 1998.
5. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. М: Агропромиздат, 1991.
6. Кореньков Д.А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений. М.: Колос, 1999.

## Тема 6 Рост и развитие растений

### Рассматриваемые вопросы

- Клеточные основы роста
- Фитогормоны, их общие свойства и действие
- Использование физиологически активных веществ в растениеводстве
- Основные закономерности роста и его экологическая регуляция
- Способы периодизации онтогенеза
- Автономная и экологическая регуляция онтогенеза
- Формирование семян и плодов

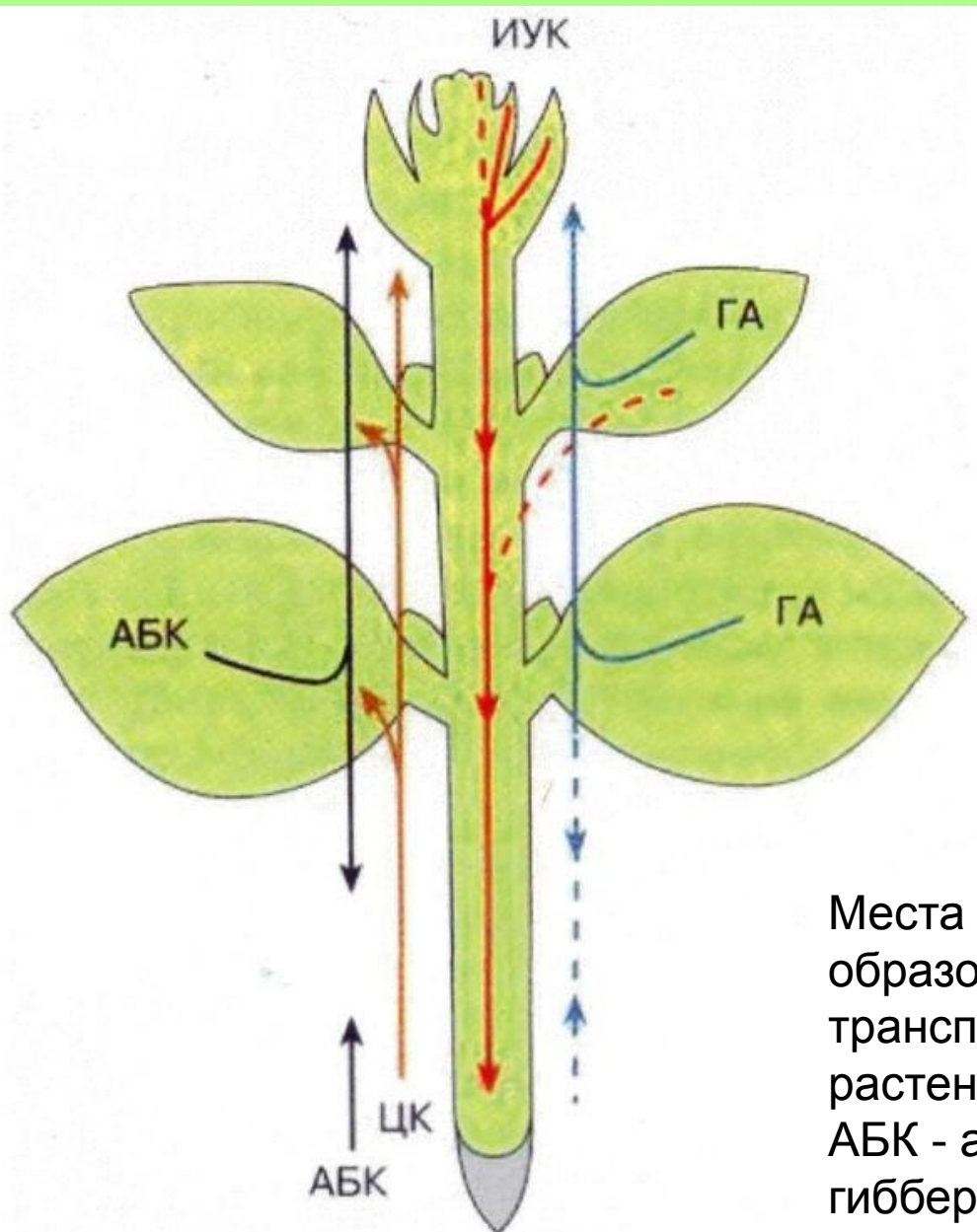
## **Меристемы:**

- недетерминированные (осевые органы);
- детерминированные.

## **Меристемы:**

- апикальные;
- базальные;
- интеркалярные;
- латеральные.





Места преимущественного образования и направления транспорта фитогормонов в целом растении.

АБК - абсцизовая кислота, ГА - гиббереллины, ИУК - индолил-3-уксусная кислота, ЦК - цитокинины.

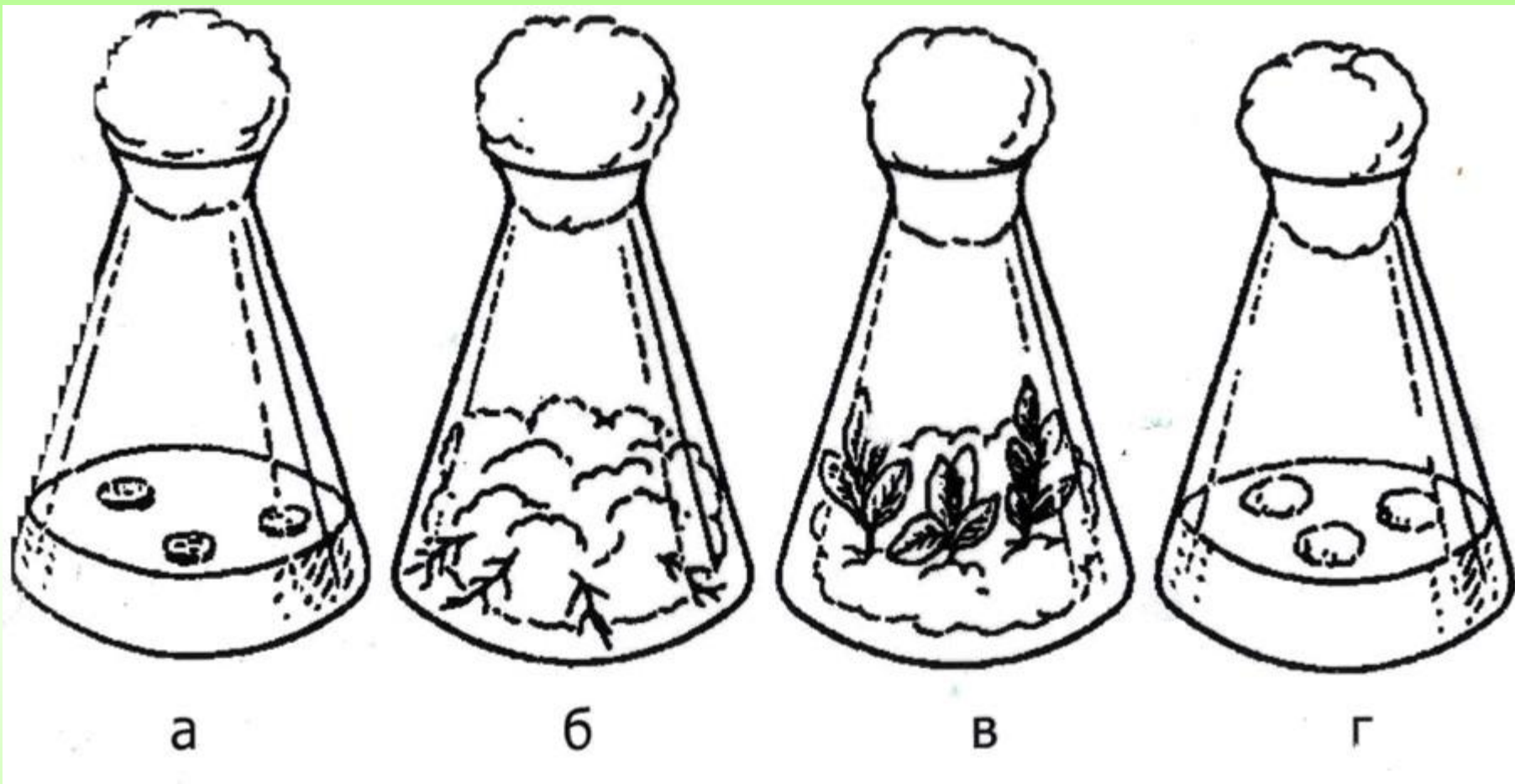


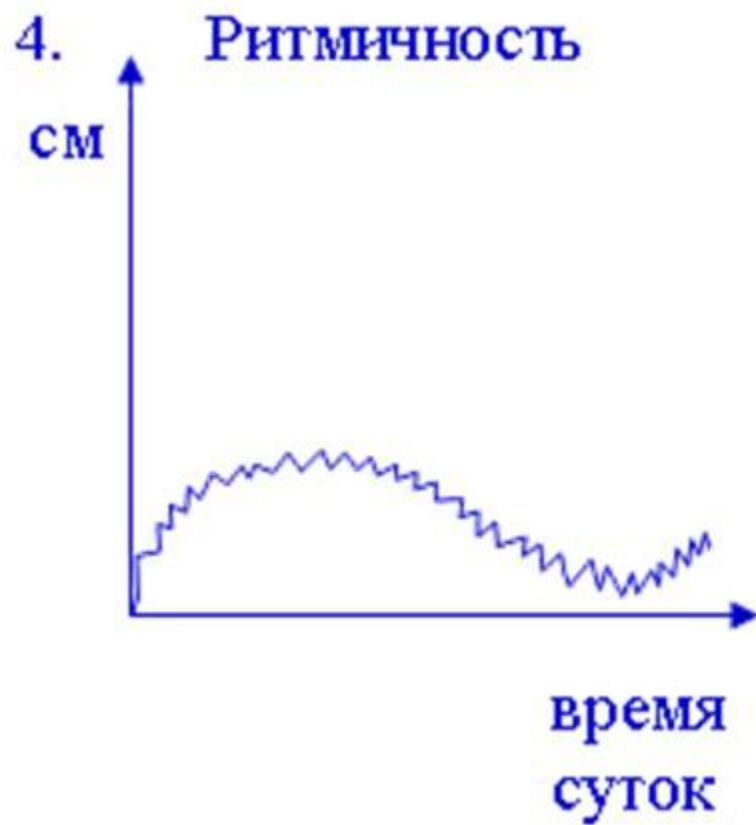
Схема совместного действия ауксина и кинетина на рост и процессы дифференцировки у каллуса сердцевины стебля табака. Концентрация ауксина во всех колбах - 2 мг/л. Содержание цитокинина: а - 0; б - 0,02 мг/л; в - 0,5 - 1мг/л; г - 5мг/л.



Задержка старения половины листа махорки в результате её опрыскивания раствором цитокинина (кинетин 20 мг/л).

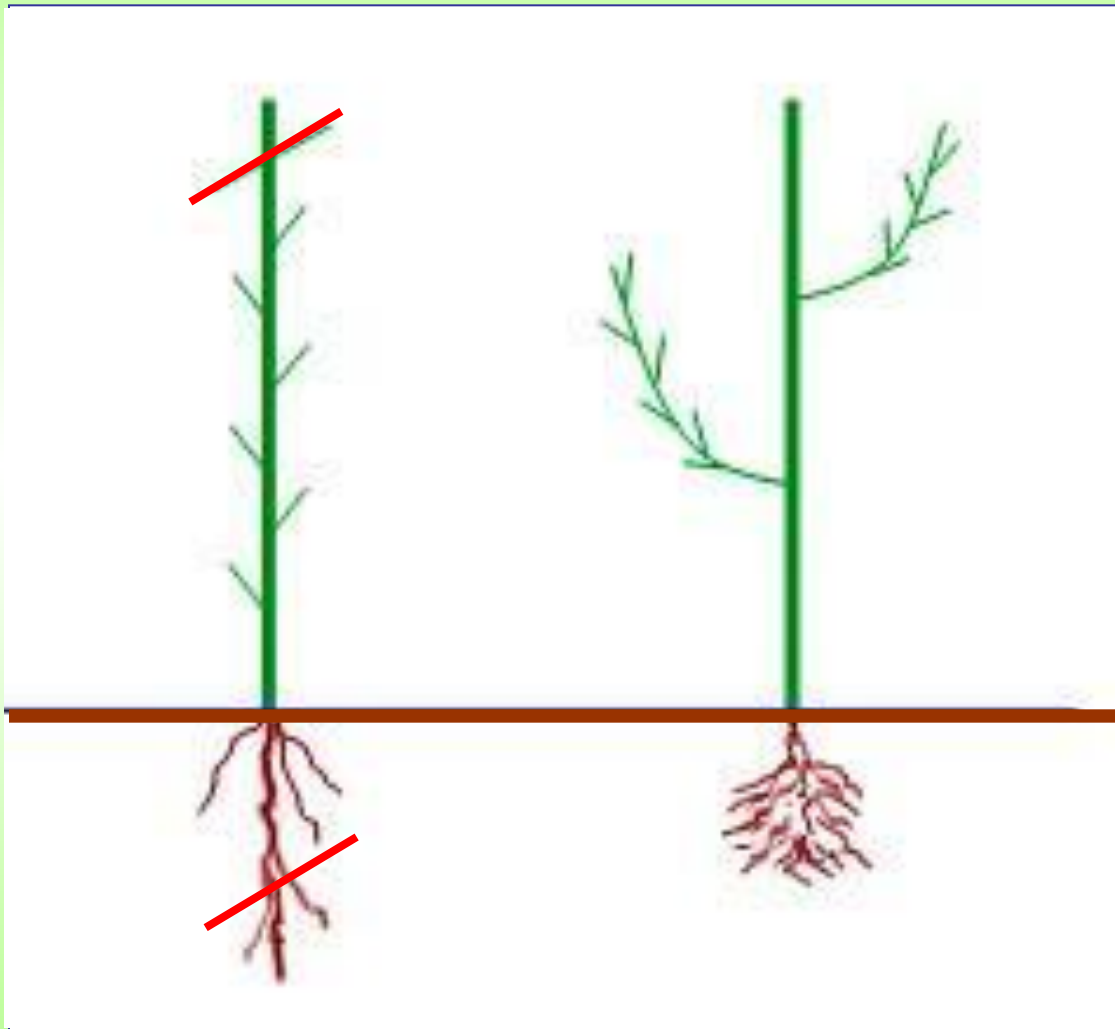
Рост семядолей <u>ЦК</u> АБК	Апликальное доминирование <u>ИУК</u> ЦТК	Зеленение листа <u>ЦК</u> АБК
Растяжение клеток <u>ИУК</u> фенольный ингибитор		Опадение <u>Этилен</u> Ауксин
Ризогенез <u>Ауксин</u> фенольный ингибитор		Рост стеблей <u>Гиббереллин</u> АБК
Рост корня <u>ИУК</u> АБК		Изгиб корня <u>ИУК</u> АБК

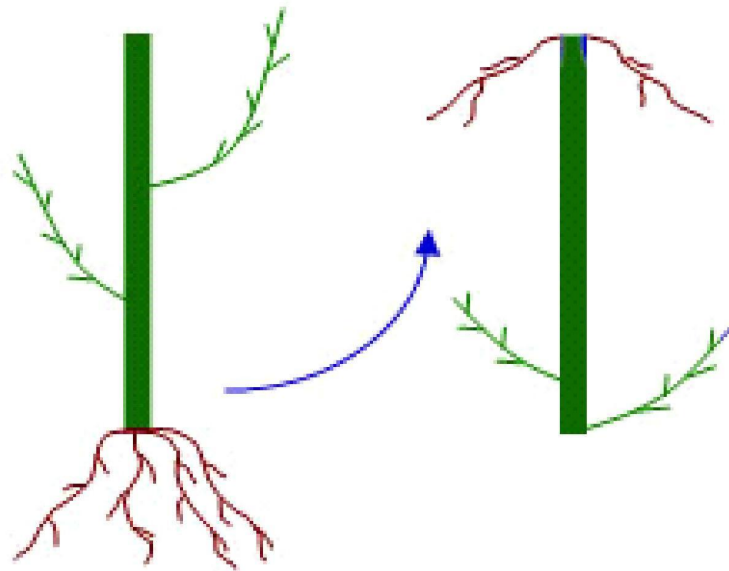
Взаимодействие фитогормонов



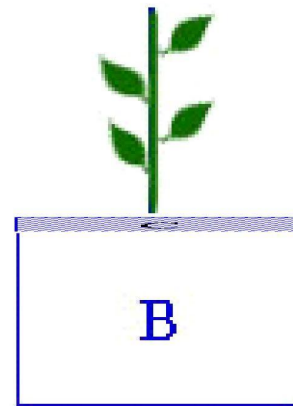
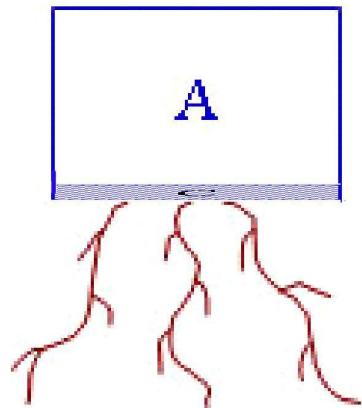
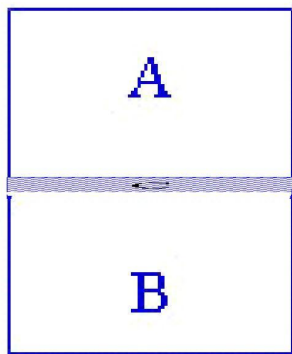


## 6. Корреляции

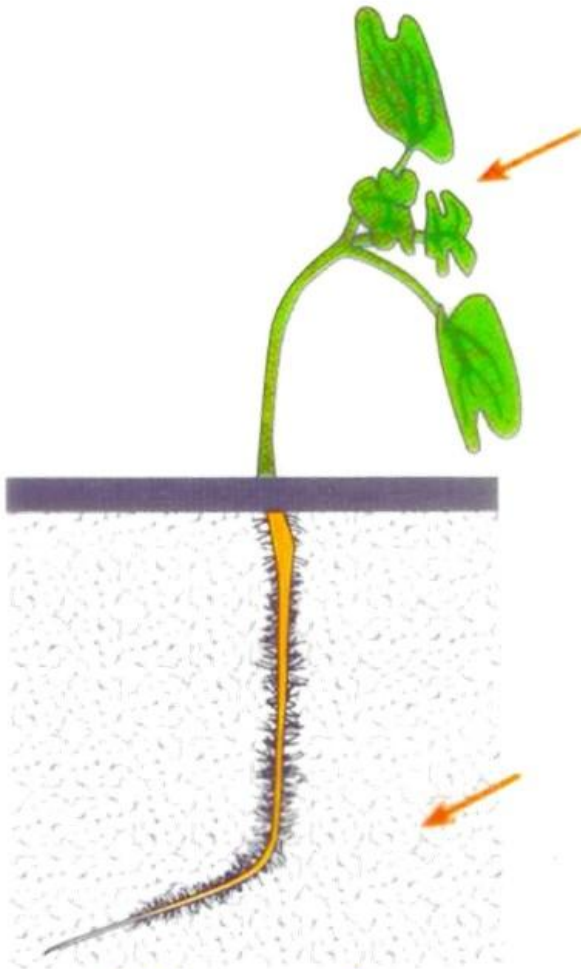




C



Изменение характера дифференцировки в зависимости от положения в системе окружающих тканей

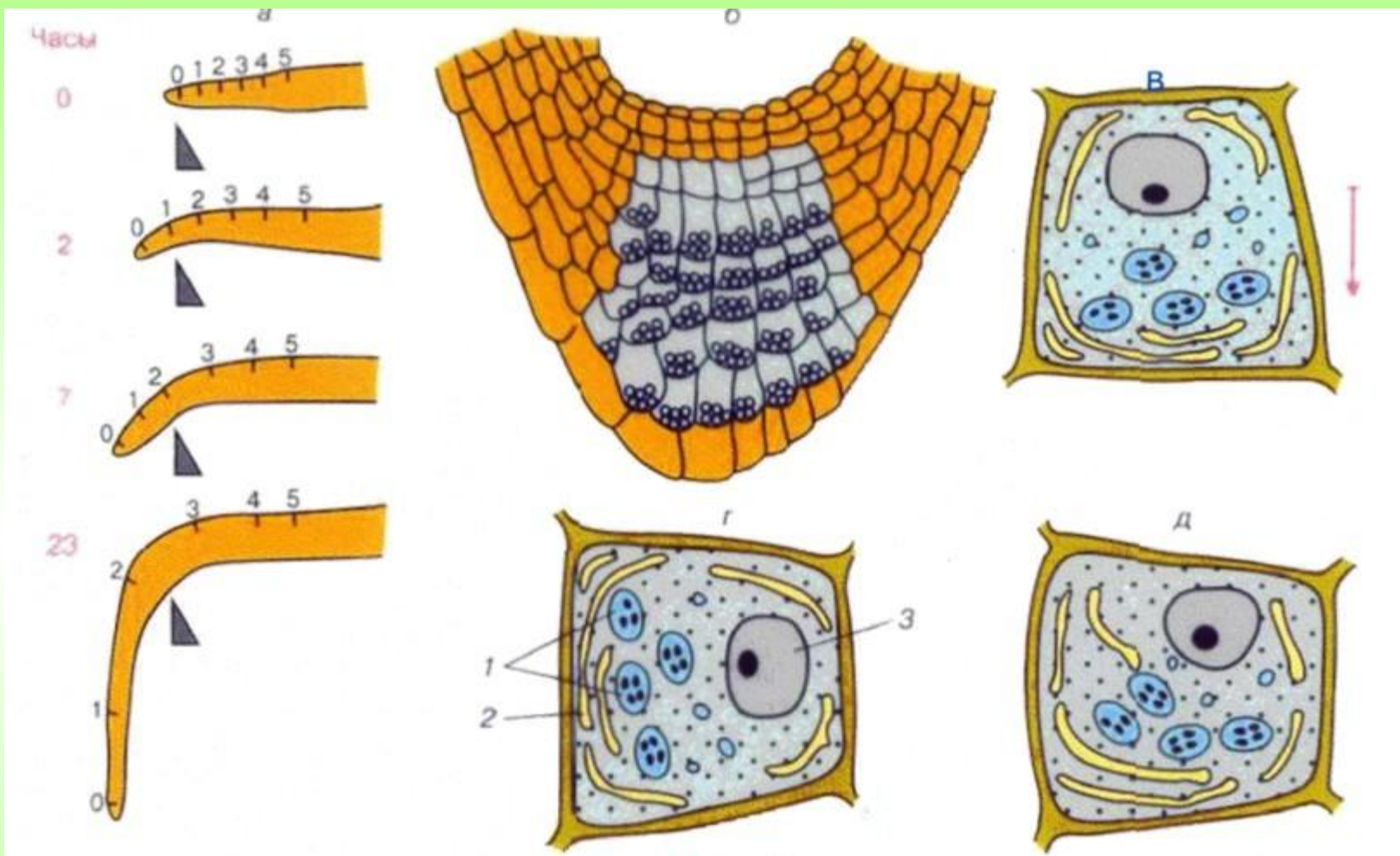


**Положительный  
фототропизм побега**

**Отрицательный  
фототропизм корня у  
проростка горчицы.**

**\* Стрелкой указано направление света.**

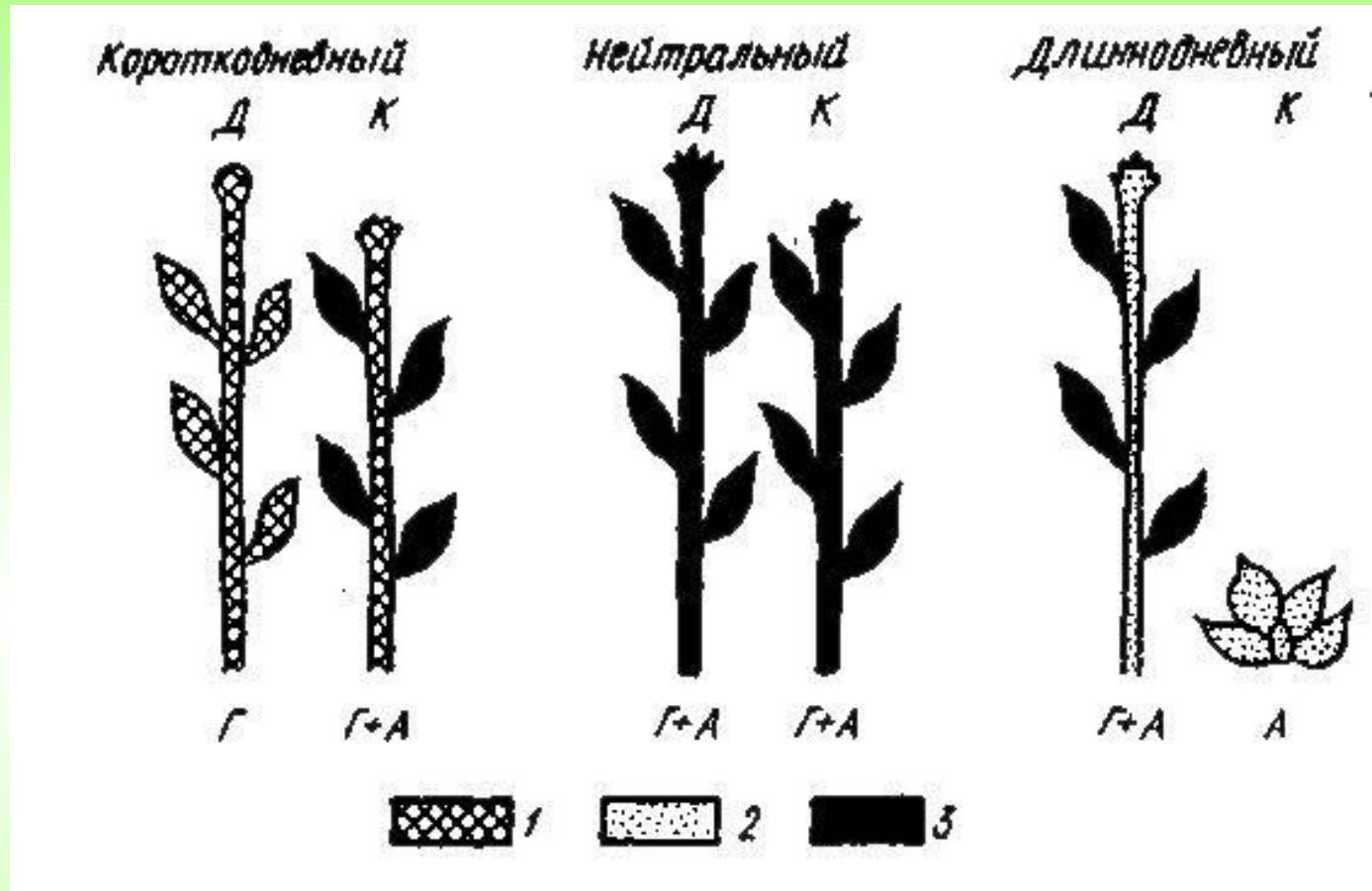
Фототропизм проростка горчицы



Слайд 59 Гравитропическая реакция корня: **а**-гравитропический изгиб корня во времени; **б**-статоциты в корневом чехлике; **в**-статоциты при вертикальном положении корня; **г,д**-статоцит при горизонтальном положении корня (**г**-нулевое время, **д**-через 3 мин): **1**-статолиты (крахмальные зерна), **2** - эндоплазматический ретикулум, **3**-ядро. Стрелками указано положение корня.

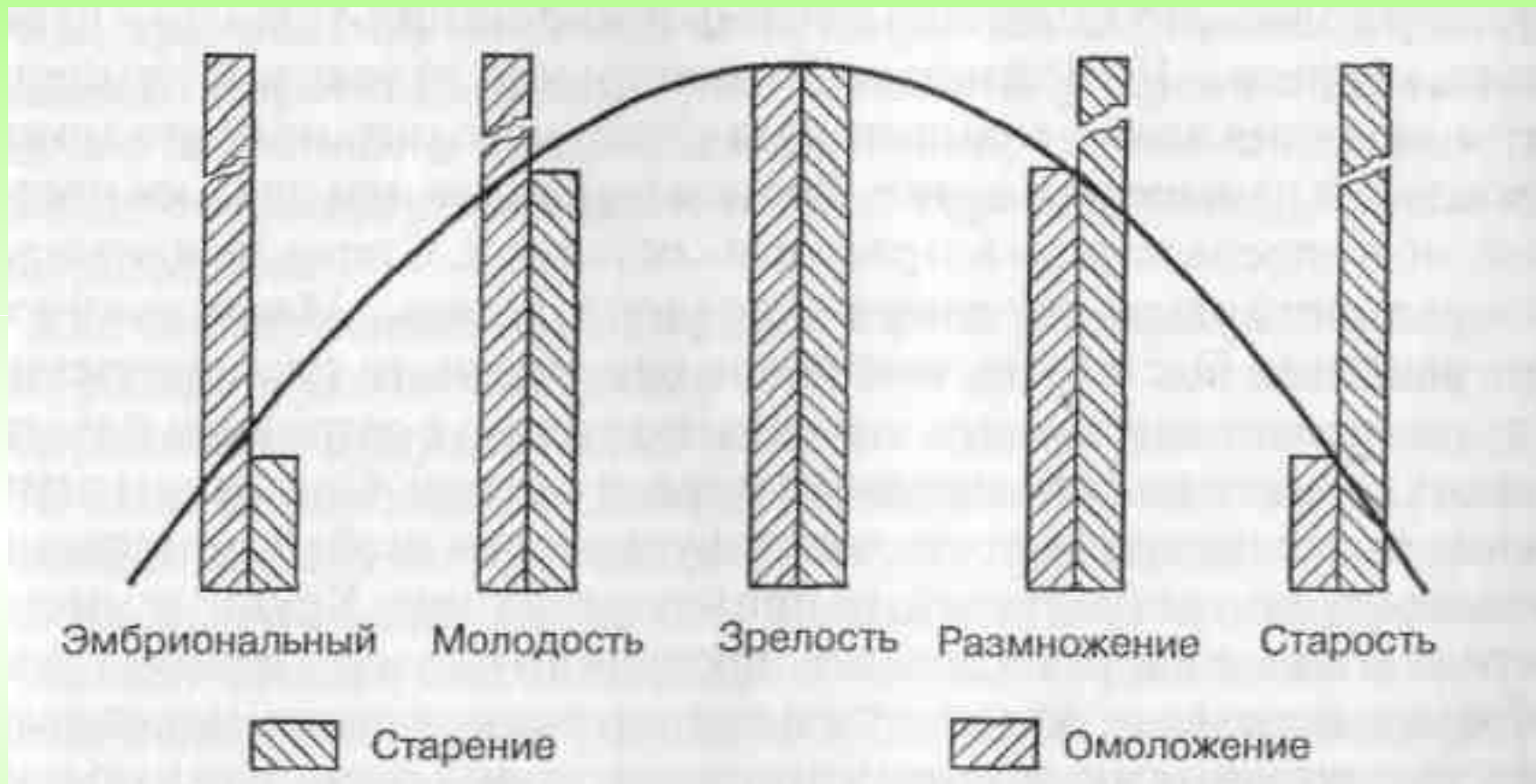
Группы растений	по фотопериодической реакции	
	абсолютный	количественный
Короткодневные растения	хризантема, кофе, соя, перилла, земляника, дурнишник	конопля, <u>космея</u> , хлопчатник, рис, сахарный тростник, шалфей
Длиннодневные растения	укроп, овес, гвоздика, рудбекия, донник, мята, редис, шпинат, клевер	свекла столовая, турнепс, горох овощной, салат-латук, ячмень, пшеница, рожь, львиный зев, петуния
Нейтральные к длине дня	подсолнечник, горох полевой, гречиха	

Фотопериодизм




Автономный и индуцированный механизмы регуляции цветения нейтральных, короткодневных и длиннодневных видов. 1 - гиббереллины - гормоны, необходимые для образования стеблей; 2 - антезины - гормоны, необходимые для образования цветков; 3 - флориген - гиббереллины + антезины, необходимые для цветения





Возрастная кривая Н. П. Кренке



A large, leafless tree stands in a field of yellow flowers under a clear blue sky. The tree's branches are bare and intricate, reaching out against the sky. The field is filled with small, bright yellow flowers, likely rapeseed, stretching towards the horizon. The overall scene is bright and clear, suggesting a sunny day in late autumn or winter.

**Возрастные периоды  
плодового дерева  
(П. Г. Шитт)**

1. Рост
2. Рост и плодоношение
3. Плодоношение и рост
4. Плодоношение
5. Плодоношение и усыхание
6. Усыхание мелких скелетных частей
7. Усыхание более крупных частей
8. Усыхание крупных скелетных частей
9. Рост (поросль).

# Этапы онтогенеза

1. эмбриональный;
2. ювенильный (молодости);
3. зрелости;
4. размножения;
5. старости.



# Размножение

## Фазы формирования семян

### 1. аккумуляции

оплодотворение → высокая меристематическая активность → синтез ауксинов → приток низкомолекулярных транспортных веществ → образование конституционных веществ зародыша, запасных веществ, семенной кожуры, накопление алкалоидов, танинов, пигментов, эфирных масел, гормонов.

**Высокая оводненность, высокий уровень обмена веществ.**

### 2. подсыхания

снижение содержания воды → затухание биосинтетических процессов → завершение дифференциации зародыша и накопление ингибиторов, уплотнение эндосперма, окрашивание кожуры семени.

## 8. Наличие покоя

Покой:

- глубокий (органический)
- вынужденный

## Вопросы для повторения

1. В чем проявляется периодичность роста?
2. Как практически можно использовать график роста?
3. В чем проявляется апикальное доминирование?
4. Что лежит в основе полярности растения?
5. Какой покой называют органическим?
6. Какие пигментные системы обеспечивают фотоморфогенез?
7. Каковы способы регуляции онтогенеза?
8. Каково биологическое значение фотопериодизма и яровизации?
9. К какой фотопериодической группе относятся большинство растений умеренной зоны?
10. На каком этапе онтогенеза начинается закладка репродуктивных органов?

# Старость

период от полного прекращения плодоношения до естественного отмирания растений.

## Гипотезы пусковых механизмов старения

- ✓ старение – реализация одного из блоков генетической программы онтогенеза
- ✓ старение – результат накопления случайных повреждений в клетках



## Дополнительная литература

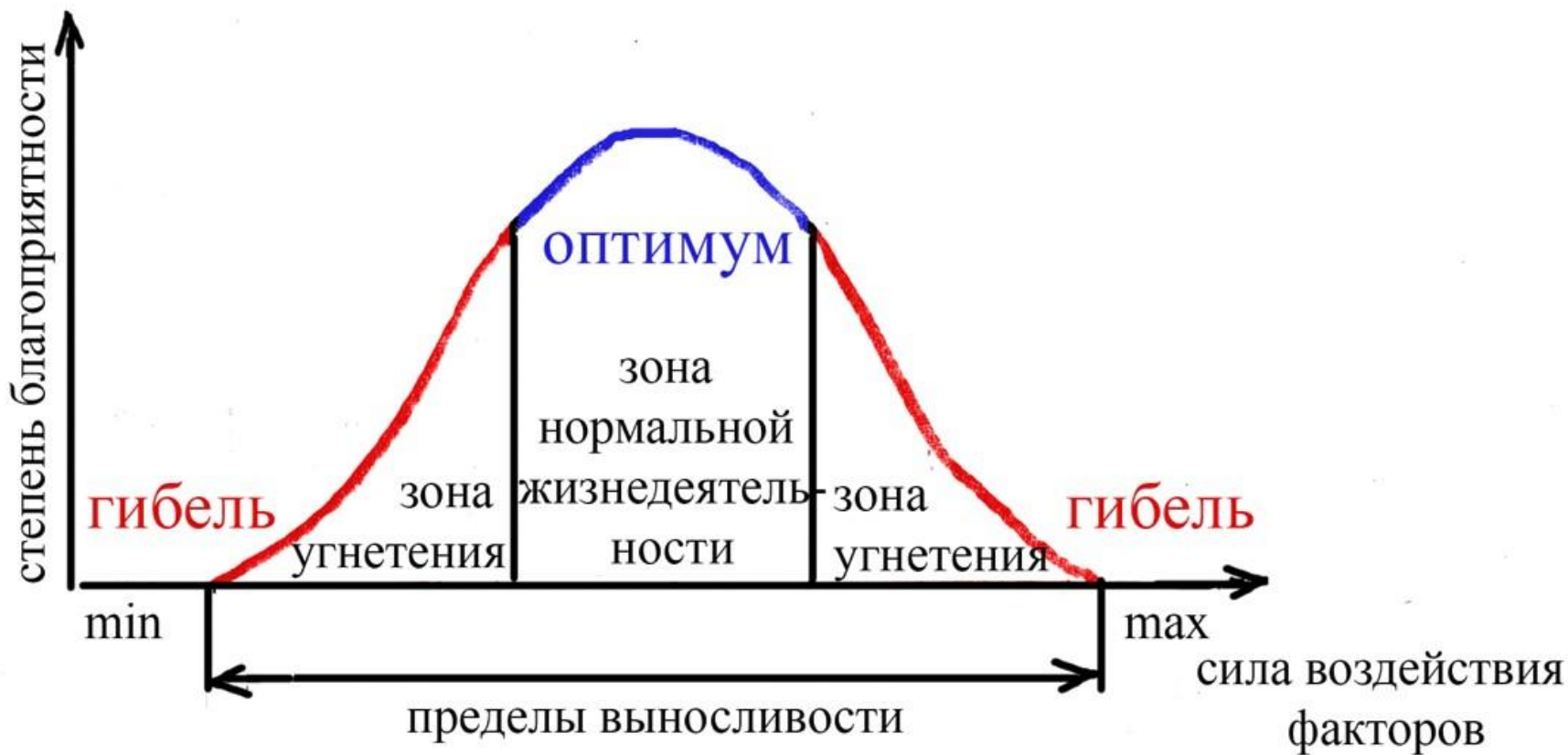
1. Лутова Л.А. Генетика развития растений. СпбГУ, 2000.
2. Данилова М.Ф. Структурные основы актинометрической регуляции цветения. СПб: Наука. 1999.
3. Дерфлинг К. Гормоны растений. Системный подход. М.: Мир. 1985.

## ***Тема 8. Адаптация и устойчивость.***

### Рассматриваемые вопросы.

1. Характер повреждающих факторов
2. Защитно-приспособительные возможности растений противостоять повреждающим воздействиям
3. Морозо- и зимостойкость
4. Солеустойчивость растений
5. Полегание и способы предотвращения.
6. Диагностика устойчивости





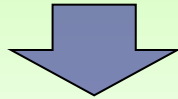
min и max – критические точки,  
условия, близкие к ним – экстремальные.



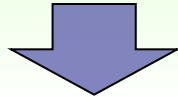
Слайд 72 Пути адаптации к стрессорам

# Внешнее воздействие - стрессор

(Стресс –совокупность неспецифических изменений под влиянием внешних воздействий, включающих мобилизацию защитных сил организма – Г. Селье)

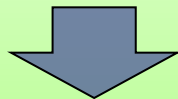


Изменение конформации белков



Изменение физико-химических свойств протоплазмы

- повышение проницаемости мембран
- деполяризация мембран
- изменение вязкости цитоплазмы
- увеличение светорассеяния
- повышение сродства к красителям



Функциональные изменения

Процессы	Снижение $\Psi$ , мПа			
	0	0,5	1	1,5
Рост клеток (-)		_____		
Синтез белка (-)		_____		
Активность НР (-)			_____	
Синтез хлорофилла (-)			_____	
Синтез АБК (+)		_____		
Синтез ЦК (-)			_____	
Фотосинтез (-)				_____
Дыхание (+)				_____
Поглощение <u>в-в</u> (-)				_____
Накопление <u>пролина</u> и сахара (-)				_____

Влияние водного стресса на физиологические процессы



Пути выживания растений в условиях засухи

- ❑ Суккуленты – растения запасующие влагу, мало устойчивы к обезвоживанию. Кактусы, алоэ, очиток, молочай



- ❑ Тонколистные ксерофиты – растения, приспособленные к добыванию воды и высокотранспирирующие.

Верблюжья колючка, люцерна, дикий арбуз



- ❑ Жестколистые ксерофиты переносят засуху в состоянии анабиоза. Ковыль, типчак

*Имеют жесткие листья, высокую концентрацию клеточного сока, устьица заглубленные, слабо развита корневая система.*

*Содержание воды может снижаться до 25%, растения впадают в анабиоз, при улучшении водоснабжения – нормальная жизнедеятельность.*



# Типы образования льда



```
graph TD; A[Типы образования льда] --> B[Внутриклеточное]; A --> C[Внеклеточное];
```

## Внутриклеточное

1. Редко наблюдается в природе
2. Условие: перепад температур  $10^{\circ}$  в минуту.
3. Всегда летально (разрыв мембран)

## Внеклеточное

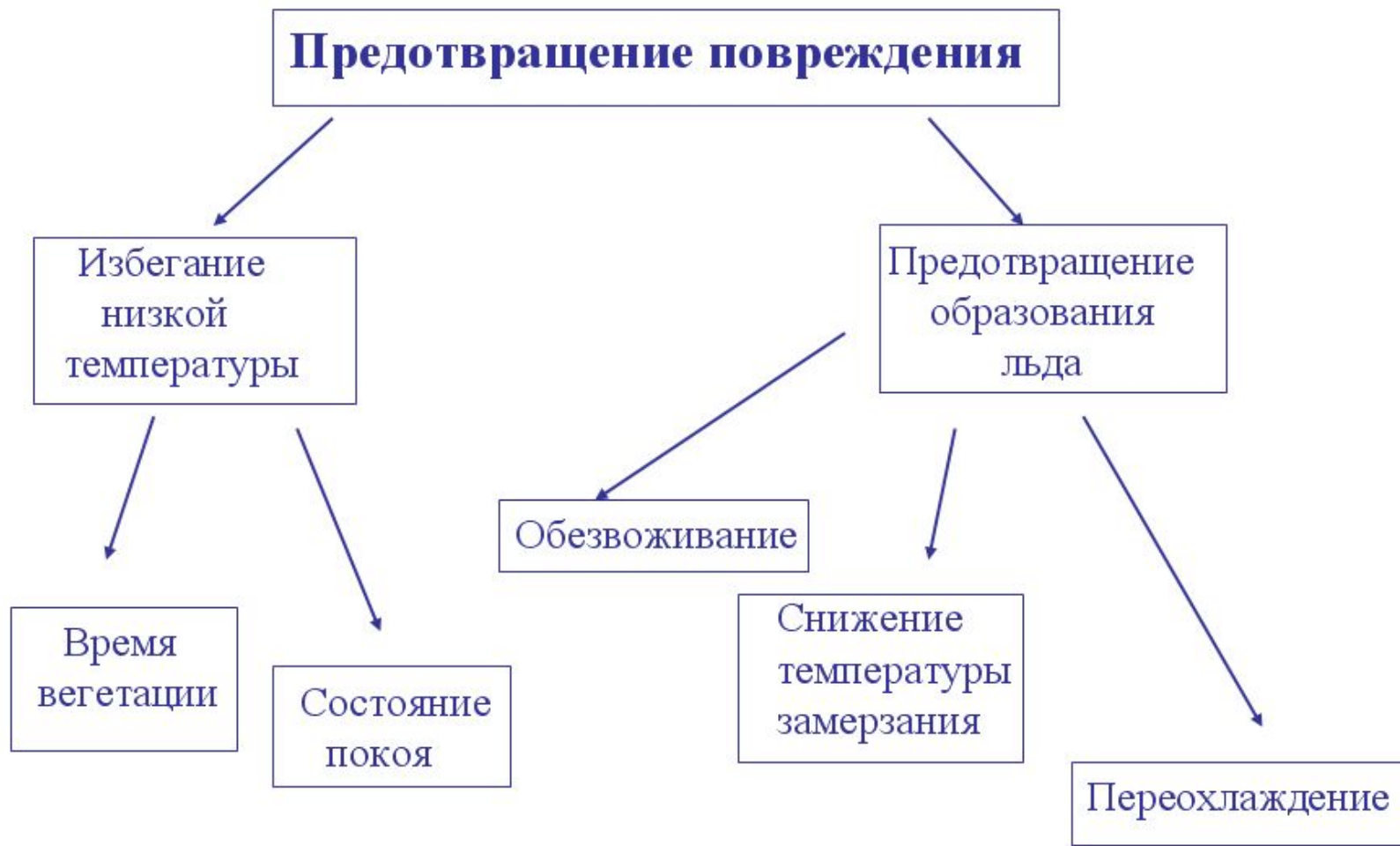
1. Наблюдается у всех зимующих растений
2. Результат медленного охлаждения  $1-5^{\circ}$  в час
3. Может не вызвать повреждение мембран

# Внеклеточное образование льда



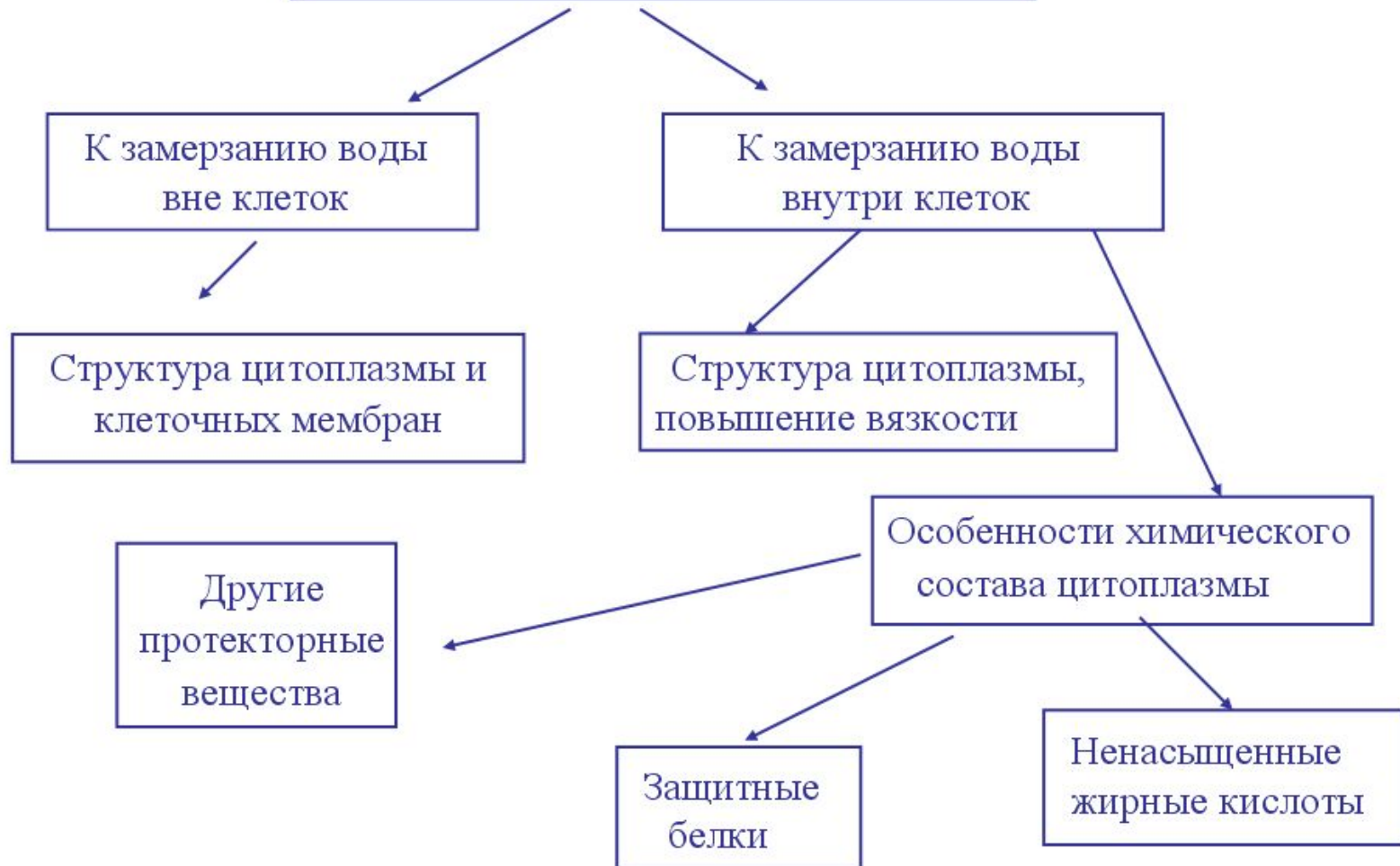


# Пути выживания растений при действии мороза

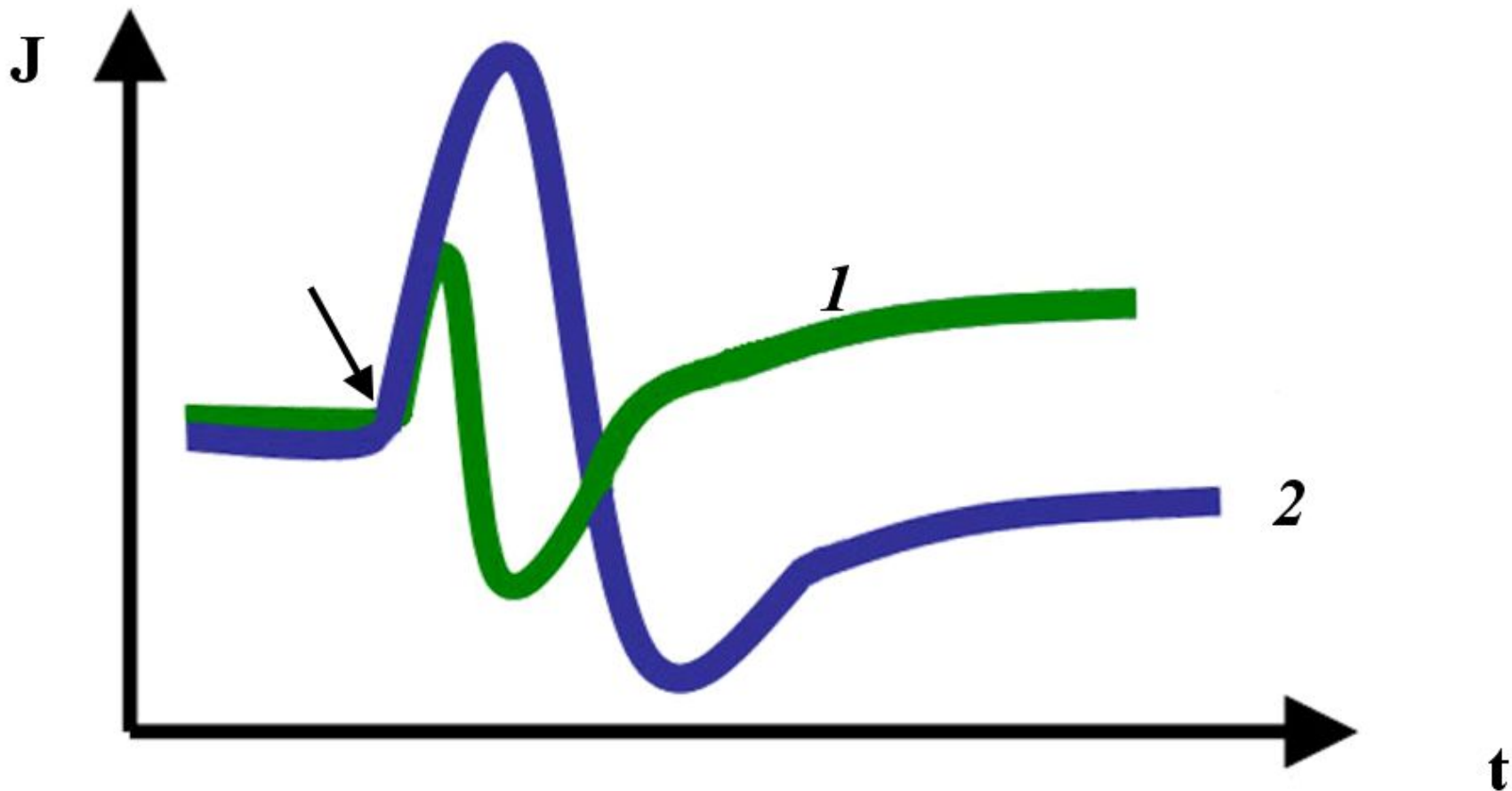


Пути выживания при действии мороза

## Устойчивость к повреждению

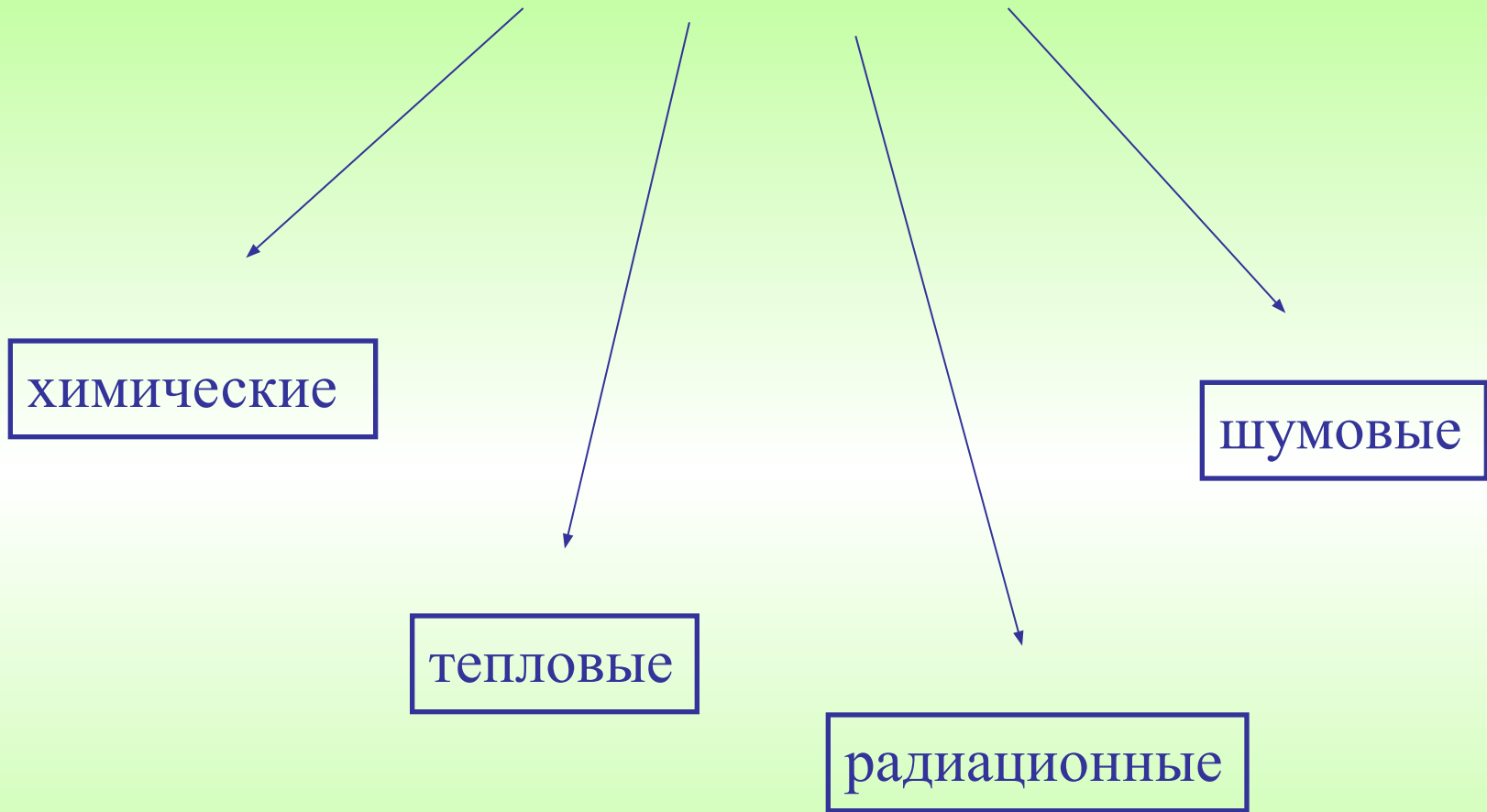


Пути выживания при действии мороза  
(продолжение)



Временной ход ответной реакции (J) устойчивых (1) и неустойчивых (2) сортов на действие факторов среды

# Загрязнители:



# Химические загрязнители:

## 1. Первичные загрязнители:

$SO_2$ ,  $H_2S$ ,  $F_2$ ,  $HF$ ,  $HCl$ ,  $Cl_2$ ,  $NO_x$ ,  $NH_3$ ,  $C_nH_n$

окислы тяжелых металлов ( $Pb$ ,  $Cd$ ,  $Zn$ ,  $Cu$ ,  $Mn$ )

## 2. Загрязнители вторичного происхождения:

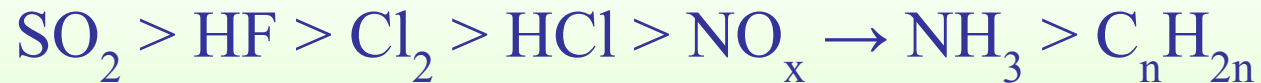
фотохимический смог (фотооксиданты)

озон, органические перекиси (ПАН – пероксиацилнитриты)

## Проникновение в растение:

- через устьица и кутикулу
- поглощение корневой системой

## Степень фитотоксичности:



$\text{Cd}$  и  $\text{Pb} > \text{Mn}, \text{Cu}, \text{Zn}$

# Методы защиты растений от окислительного стресса

- **На клеточном уровне:**

Использование природных антиоксидантных генов растений в генной инженерии.

- **На уровне целого растения:**

- Создание трансгенных растений.

- Применение природных и синтетических антиоксидантов.

- Селекция новых устойчивых сортов культурных растений.

# Природа устойчивости:

Преадаптационная теория газоустойчивости Ю.З. Кулагина (1973 г.)

## Устойчивость:

- активная (обезвреживание, быстрая репарация, стойкие ферменты)
- пассивная (избегание действия: ксероморфизм, высокая избирательность корней)

## Пути повышения устойчивости:

- снижение загрязнения
- селекция (Англия – райграс, устойчивый к тяжелым металлам; США – кукуруза, устойчивая к  $\text{SO}_2$ )
- органические и фосфорно-калийные удобрения; Са повышает устойчивость к  $\text{SO}_2$
- протекторы – антиоксиданты; временный эффект



## Вопрос для повторения

1. Что лежит в основе устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды?
2. Что такое закаливание?
3. В чем состоит избегание неблагоприятных условий у растений?
4. Чем различаются морозоустойчивость и зимостойкость?
5. При каких условиях происходят первая и вторая стадии закаливания растений к морозу?
6. В чем состоит защитное действие сахаров?
7. Как влияет содержание свободной и связанной воды на морозоустойчивость растений?
8. Какие существующие методы борьбы с выпреванием, вымоканием и выпиранием растений?
9. Почему именно рост является главным диагностическим показателем устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды?
10. Какие методы используются для диагностики устойчивости растений?
11. В каких случаях информативно определение содержания сахаров в растительных тканях?

## Дополнительная литература

1. Загрязнение воздуха и жизнь растений. Под ред. М. Грешоу.  
Л.: Гидрометеоиздат, 1988.
2. Усманов И.Ю. Экологическая физиология растений.  
М: Логос, 2001.
3. Шакирова Ф.Н. Неспецифическая устойчивость растений  
к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем. 2001