

Лекция 13

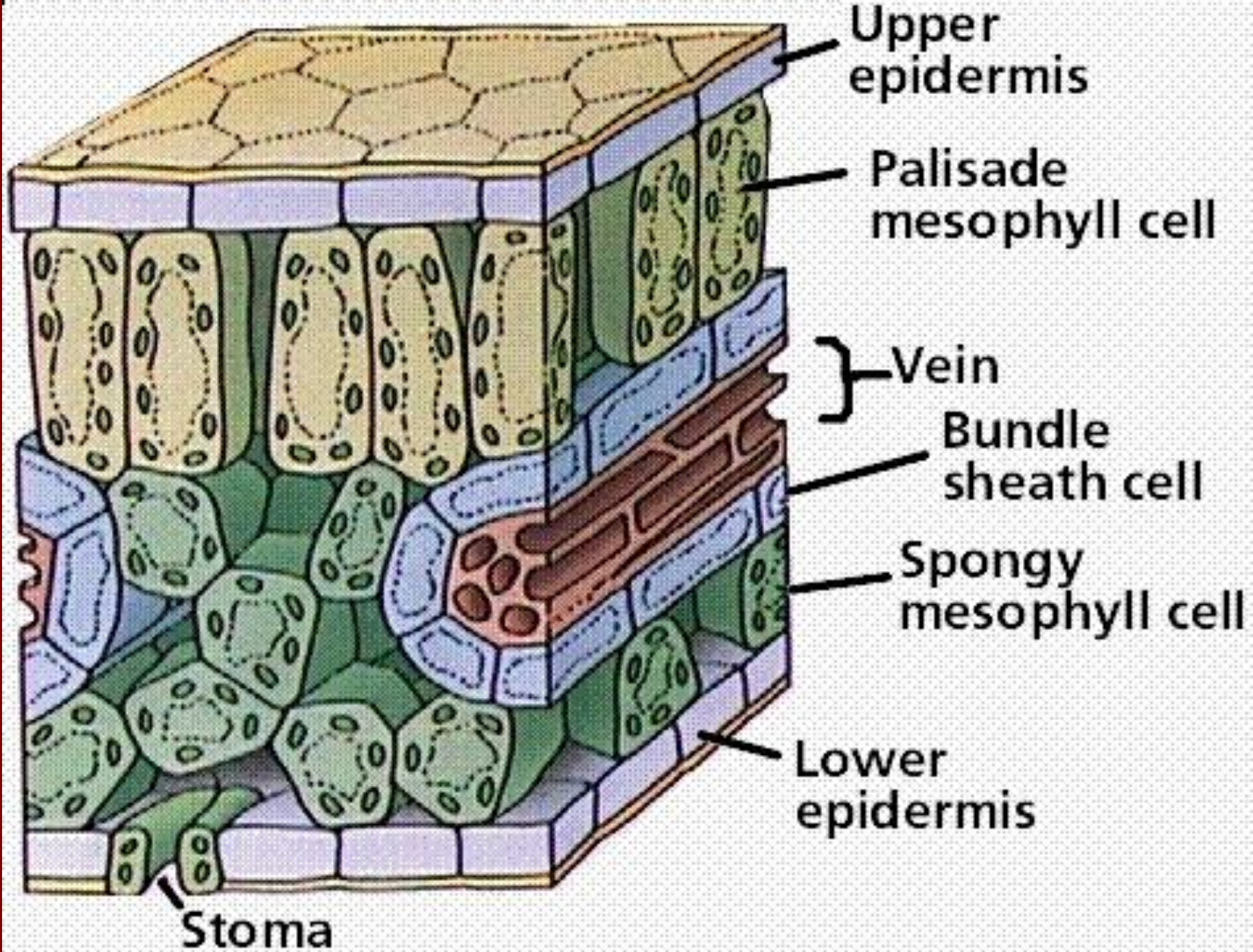
«Фотосинтездің және өнімділіктің көрсеткіштері»

1. Фотосинтездің белсенділігі
2. Фотосинтездің өнімділігі
3. Фотосинтездік активті радиацияның сіңірілуі

- **Фотосинтездің белсенділігі (жылдамдығы)** – уақыттың бірлігіндегі CO_2 нің жапырақтың бетінің бірлігімен сіңірілуі.
- Әдетте оның мәні $5 - 25 \text{ мг } \text{CO}_2 / \text{дм}^2 \cdot \text{ч}$.

$$\text{ФБ} = \frac{\text{С}}{\text{S}}$$

- онда С – CO_2 -нің мөлшері, мг; S - жапырақ ауданы, дм^2
- Это количество углекислого газа, которое усваивается единицей листовой поверхности за единицу времени. В зависимости от вида растения этот показатель колеблется от 5 до 25 мг



- **Фотосинтездің өнімділігі** - өсімдіктің салмағының күнделік өсуінің (г) жапырақ ауданына қатынасы.

$$ФӨ = \frac{M2-M1}{S}$$

- **M1, M2 – соңғы және бастапқы салмағы, г**
- **S - жапырақтың ауданы, м²**
- Орташа мәні - **5 -12 г** құрғақ салмағы бір тәулікте **1 м²** жапырақ бетіне
- Продуктивность фотосинтеза - это отношение суточного увеличения массы всего растения (в граммах) к площади листьев. В среднем эта величина составляет от 5 до 12 г сухого вещества на 1 м² листовой поверхности в сутки

- **Фотосинтездің өнімділігін анықтайтын әдістер**
- Газометриялық әдіс,
- Радиометриялық әдіс.
- **Газометриялық әдіспен** сіңірілген **CO₂** немесе бөлінген **O₂** анықтауға болады.
- Онда **сіңірілген немесе бөлінген газдың салмағын немесе көлемін** өлшейді,
- **газдардың қысымының көрсеткіштері, жылы өткізгіштігі** қолданады

- С помощью **газометрических методов** можно определить либо количество усвоенного углекислого газа, либо количество выделенного кислорода.
- При этом используют как весовые показатели поглощаемых или выделяемых газов, так и объемные показатели, показатели давления, показатели окраски, показатели теплопроводности определяемых газов.
- С помощью **радиометрических** методов определяют интенсивность поглощения **C¹⁴O₂** растением по наличию в нем **C¹⁴** или изменение радиоактивности газовой смеси.

- **Радиометриялық әдістер** арқылы $C^{14}O_2$ сіңірілу белсенділігін немесе газдардың радиоактивтігінің өзгергенін анықтайды
- **Продуктивность фотосинтеза** определяют по накоплению ассимилятов в растении.
- Методы: изменение количества сухого вещества высушек из листа через определенный временной промежуток,
- накопление углеводов в листе через определенный временной промежуток,
- изменение теплоты сгорания сухого вещества листьев за период экспозиции их на свету.
- В процессе вегетации интенсивность и продуктивность фотосинтеза возрастают постепенно от начала развития, достигают **максимума в фазе цветения-плодообразования**, а затем постепенно убывают.

**Фотосаинтездің
өнімділігі**

**Ассимиляттардың
жинақталуын
өлшейді**

**Жапырақ кесіндінің
белгілі уақыт аралығында
құрғақ салмағының өзгеруі**

**Көмірсулардың
жапырақта белгілі уақыт
аралығында жинақталуы**

**Жапырақтың құрғақ
салмағының
жануының
жылулығының
өзгеруі**

- Вегетация барысында фотосинтездің белсенділігі мен өнімділігі баяу жоғарылайды,
- максимумы **гүлдену – жемістену** фазада байқалады,
- содан кейін осы көрсеткіштер төмендейді.

Усвоение растением фотосинтетически активной радиации

- **ФАР** - это та часть солнечного излучения, которая способна поглощаться хлорофиллами в процессе фотосинтеза.
- **ФАР** - 380 до 710 нм, состоит из прямых солнечных лучей и рассеянного света, интенсивность которого равна 1/3 прямой солнечной радиации.
- В рассеянном свете на долю **ФАР** приходится до 90%, то есть рассеянный свет в отличие от прямых солнечных лучей может быть поглощен растением почти полностью

• .

•

Фотосинтездің активті радиация (ФАР) – фотосинтезде хлорофилмен күн сәулесінің сіңіретін бөлігі

ФАР - 380 - 710 нм, тіке және таралған күн сәулелерден тұрады. Олардың белсенділігі **1/3 тіке** күннің радиациясын құрайды. **ФАРдың** энергиясы жалпы күн сәулесінің радиациясынан **50%** құрайды

- Таралған жарықта **ФАР 90%** құрайды, басқаша айтқанда **таралған жарық** тіке күн сәулесіне қарағанда өсімдіктермен **толық сіңіріледі.**

Усвоение растением фотосинтетически активной радиации

- **ФАР** - это та часть солнечного излучения, которая способна поглощаться хлорофиллами в процессе фотосинтеза.
-
- **ФАР - 380 до 710 нм,** состоит из прямых солнечных лучей и рассеянного света, интенсивность которого равна **1/3** прямой солнечной радиации.
- **В рассеянном свете на долю ФАР приходится до 90%,** то есть рассеянный свет в отличие от прямых солнечных лучей может быть поглощен растением почти полностью

- Фотосинтезде күн сәулесінің бәрі қатыспайды **от 380 до 720 нм,** н жағы

Фотосинтездік активті радиация - ФАР
ФАРдың энергиясы жалпы күн сәулесінің радиациясынан **50%** құрайды

- .
- Интенсивность фотосинтеза **максимальна в красной части спектра и минимальна в синей и зеленой частях.**

Күн сәулесінің радиациясы

```
graph TD; A[Күн сәулесінің радиациясы] --> B[ФАР]; A --> C[Ультракүлгін]; A --> D[Инфрақызыл]; B --> E(50%); C --> F(50%); D --> F;
```

ФАР

50%

Ультракүлгін

50%

Инфрақызыл

**Қызыл-сары
сәулелер**



**Көмірсулардың
түзілуі ұлғаяды**



Көк сәулелер



**Белоктардың
түзілуі ұлғаяды**



Өнімнің сапасы

Фотосинтездің
белсенділігі

```
graph TD; A[Фотосинтездің белсенділігі] --> B[Максимальды]; A --> C[Минимальды]; B --> D[Спектрдің қызыл жағында]; C --> E[Спектрдің жасыл және көк жағында];
```

Максимальды

Спектрдің қызыл
жағында

Минимальды

Спектрдің жасыл
және көк жағында

- **ФАР** әр түрлі өсімдіктер мен әр түрлі сіңіріледі.
- Бұл процесс пигменттердің **сандық және сапалық құрамынан** тәуелді.
- Хлорофилдің қажетті қоры бар өсімдіктерде фотосинтездің белсенділігі тәңертең және кеште жоғары болады.
- Өсімдіктің хлорофилдің фотохимиялық активтігін пайдалану деңгейін **ассимиляциялық саны** белгілейді.

- **ФАР** әр түрлі өсімдіктер мен әр түрлі сіңіріледі.
- Бұл процесс пигменттердің **сандық және сапалық құрамынан** тәуелді.
- Хлорофилдің қажетті қоры бар өсімдіктерде фотосинтездің белсенділігі тәңертең және кеште жоғары болады.
- **Өсімдіктің хлорофилдің фотохимиялық активтігін пайдалану деңгейін ассимиляциялық саны белгілейді.**
- ФАР по разному поглощается листьями разных растений. Это определяется количественным и качественным составом пигментов в листе.
- **Утром и вечером** фотосинтез у растений с достаточным запасом хлорофилла наиболее интенсивен.
- Показатель степени использования фотохимической активности хлорофилла **ассимиляционное число** - количество углекислого газа, ассимилированного единицей хлорофилла в единицу времени.
- У растений с темно-зелеными листьями ассимиляционное число невелико, это растения, обитающие в основном в тени, у растений со светло-зеленой окраской - этот показатель значительно выше, так как это светолюбивые растения.
- Основное поглощение ФАР происходит

Ассимиляциялық саны - уақыттың бірлігінде
хлорофилдің бірлігімен ассимиляцияланатын
көмірқышқыл газдың мөлшері

**Көлеңкеде өсетін қанық
жасыл жапырақтары
бар өсімдіктерде
ассимиляциялық саны**

Төмен болады.

**жапырақтары бар
өсімдіктерде
ассимиляциялық саны
жоғары болады.**
**жарық жақсы
өсімдіктер.**

ФАР егіннің жоғары

**ярустарында
сіңіріледі, онда
хлорофилдің мөлшері
жоғары болады.**

- $AC = \frac{C}{X}$

- $X = \frac{C}{AC}$,

- онда AC – ассимиляциялық саны,

- C - CO₂ мөлшері, мг

- X – хлорофилдің мөлшері, мг

-

- Жапырақтың күннің энергиясын сіңіруі төмендегі формуламен анықталады:

$$Q = R + T + A,$$

- Онда Q – жапыраққа түсетін радиацияның саны,
 - R - отраженная радиация, %,
 - T – өткізілген радиация, %,
 - A - сіңірілген радиация, %.
-
- Все три показателя зависят от содержания хлорофилла в листе.
 - Поглощение лучистой энергии листом выражается формулой:
 - $Q = R + T + A,$
 - где Q - количество радиации, падающей на лист, R - отраженная радиация, в%, T - пропущенная радиация, в%, A - поглощенная радиация, в%. Все три показателя зависят от содержания хлорофилла в листе.

- Фотосинтез возможен при минимальной интенсивности света, при увеличении интенсивности света до $1/3$ от полного солнечного освещения интенсивность фотосинтеза возрастает, при еще более высокой освещенности интенсивность фотосинтеза повышается незначительно, а при максимальном освещении наступает **световое насыщение фотосинтеза** и вступает в действие механизм **фотодыхания**.
- Общее количество солнечной радиации, падающее на 1 га за период вегетации, составляет $21 \cdot 10^9$ кДж, из них ФАР - только $8 \cdot 10^9$ кДж, то есть всего около одной трети.

- Фотосинтез күн сәулесінің төмен белсенділігінде жүре береді.
- Күн сәулесінің белсенділігі **максимальдыдан 1/3**
- құрағанда фотосинтездің белсенділігі **максимальды**
- болады.
- Күн сәулесінің белсенділігі жоғарылағанда **фотосинтездің белсенділігі төмендейді**
- Күн сәулесінің белсенділігі **максимальды** болғанда **фотосинтездің күнге қанығуы** пайда болады. Онда **фототыныс алу** процесс

- 1 гектарға түсетін күннің радиациясы вегетация кезінде **21.109 кДж-ге** тең,
- ФАР - тек **8.109 кДж**, ол **1/3** тең.
- Егінмен сіңіретін ФАРдың мөлшері формула бойынша белгіленеді:

$$P = Q - R - T_{п} + R_{п}$$

P – егінмен сіңірілген,

Q – егінге түсетін суммардық радиация

R - егіннен шағылысқан және оның шегарасынан шыққантын радиация,

T_п – топыраққа енген радиация,

R_п – топырақтан шағылысқан радиация,.

- 1 гектарға түсетін күннің радиациясы вегетация кезінде **21.109 кДж-ге** тең,
- ФАР - тек **8.109 кДж**, ол **1/3** тең.
- Егінмен сіңіретін ФАРдың мөлшері формула

$$P = Q - R - T_p + R_p$$

- P** – егінмен сіңірілген,
- Q** – егінге түсетін суммардық радиация
- R** - егіннен шағылысқан және оның шегарасынан шыққанын радиация,
- T_p** – топыраққа енген радиация,
- R_p** – топырақтан

- **P = Q - R - T_p + R_p**
- **P** - поглощенная посевом радиация,
- **Q** - суммарная радиация, падающая на посев,
- **R** - радиация, отраженная от посева и вышедшая за пределы его верхней границы,
- **T_p** - радиация, проникающая к почве,
- **R_p** - радиация, отраженная от почвы под растительностью.

- **Фар энергиясын сіңіру коэффициенті Q_p** формула бойынша анықтайды:

$$Q_p = \frac{P}{Q} = 1 - \frac{R}{Q} - \frac{T_p}{Q} + \frac{R_p}{Q}$$

Q – егіннің альбедо, ол егіннен шағылысытын радиацияның пайызын көрсетеді

T_p/Q - өткізу коэффициенті, ол топыраққа жететін радиацияны (**Q**) көрсетеді,

R_p/Q – топырақтың альбедосы /топырақтан шағылысқан энергияны көрсетеді/

- **Коэффициент поглощения энергии ФАР (Q_p)** посевом определяют делением обеих частей формулы на Q :

- **$Q_p = \frac{P}{Q} = 1 - \frac{R}{Q} - \frac{T_p}{Q} + \frac{R_p}{Q}$** , где **$R/Q$**

- **Q** - альбедо посева, показывающее, какая доля падающей радиации отражается посевом,
- **T_p/Q** - коэффициент пропускания, показывающий, какая доля падающей радиации (Q) достигает почвы под растительностью,
- **R_p/Q** - альбедо почвы под растительностью.

- Фотосинтездің эффективтігін пайдалы жұмыстың коэффициентімен /коэффициент полезного действия/ белгіленеді:
- **$E\%$ (КПД) = $B \cdot 100 / A$,**
- **A** – вегетация кезеңінде егіннің 1 гектарға түскен энергия мөлшері, немесе егінмен сіңірілген энергия, кДж,
- **B** - өнімнің (биологиялық немесе ауыл шаруашылықты) органикалық массасында жинақталған энергия мөлшері, кДж.

- **Фотосинтездің** **эффективтігін пайдалы жұмыстың** **коэффициентімен** /коэффициент полезного действия/ белгіленеді:

- $E\% \text{ (КПД)} = B \cdot 100 / A,$

- **A** – вегетация кезеңінде егіннің 1 гектарға түскен энергия мөлшері, немесе егінмен сіңірілген энергия, кДж,

- **B** - өнімнің (биологиялық немесе ауыл шаруашылықты) органикалық массасында жинақталған энергия мөлшері, кДж.

- Эффективность фотосинтеза можно характеризовать коэффициентом полезного действия, который определяют по формуле:

- $E\% \text{ (КПД)} = B \cdot 100 / A,$

- **A** - количество энергии , поступившей за период вегетации на 1 га посева, или энергии, которая была поглощена посевом, в кДж,

- **B** - количество энергии, накопившейся в органической массе урожая (биологического или хозяйственного), в кДж.

- Фотосинтез өнімдерінің түзілу үшін жақсы жағдайда /жеткілікті су, жоғары CO₂/ күн сәулесінің энергиясы тек **2%зы** пайдаланады.
- Орташа КПД табиғи жағдайда **0,5-1% (16 кДж/м² бір сағатта/** тең болады.
- Теория бойынша осы көрсеткішті **4-6%ға дейін көтеруге** болады.
- Обсервация
- Для образования продуктов ФС при всех благоприятных условиях солнечная энергия используется только **на 2%.**
- В среднем КПД фотосинтеза сельскохозяйственных растений в реальных условиях составляет около **0,5-1% (то есть около 16 кДж/м² в час**
-), теоретически же возможно повышение уровня этого показателя до 4-6%.
- Одной из самых насущных задач, стоящих перед практическим сельскохозяйственным производством, и

Фотосинтездің белсенділігіне және өнімділігіне әсер ететін жағдайлар

ІШКІ

Сыртқы

Ішкі факторлар – фотосинтезді реттейтін эндогендік механизмдер

Жапырақтың

өткізгіштігі

Фотосинтезді

фотохимиялық

Фотосинтезді

биохимиялық

Түрленуі

ардың

донорлы-

акцепторлы

қарым

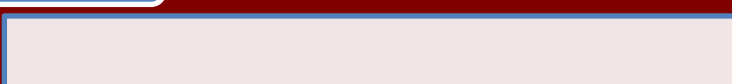
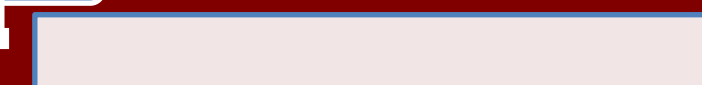
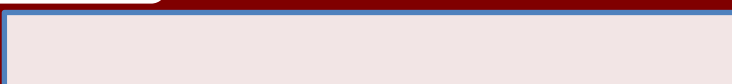
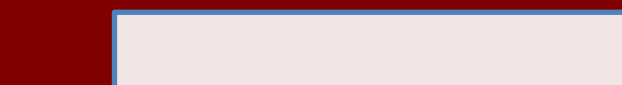
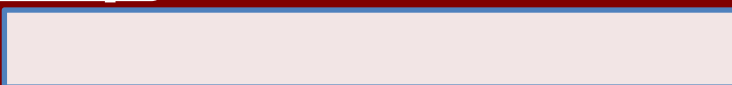
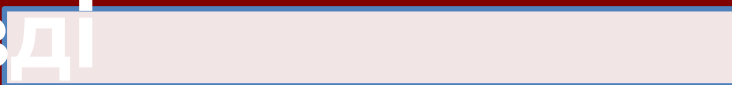
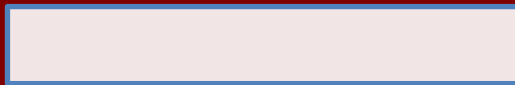
Көмірсулардың

Жапырақтың

немесе

өсімдіктің

жасы



- К внутренним факторам - то есть к эндогенным механизмам регуляции фотосинтеза у растений - относятся:
- проводимость листа,
- фотохимическое лимитирование фотосинтеза,
- биохимическое лимитирование фотосинтеза,
- гормональное воздействие,
- донорно-акцепторные отношения,
- накопление углеводов,
- возраст листа или растения.

Жапырақтың өткізгіштігі

CO₂нің жапырақ ұлпаларынан өту жылдамдылығы

Леп тесіктік

Қалдықтық
/остаточная

- **Фотосинтездің фотохимиялық лимиттенуі**
- Фотосинтездің жарық сатысынан энергияның жетіспегенде , жарықтың жетіспегенде
- **Фотосинтездің биохимиялық лимиттенуі**
- фотосинтездің ферпрделелетсея недостаточным количеством енттерінің жетіспеуі, мысалы Рубиско немесе субстраттың - рибулесодифосфаттың.

- **Фотосинтездің фотохимиялық лимиттенуі**
- Фотосинтездің жарық сатысынан энергияның жетіспегенде , жарықтың жетіспегенде
- **Фотосинтездің биохимиялық лимиттенуі**
- фотосинтездің ферпрделеляется недостаточным количеством енттерінің жетіспеуі, мысалы Рубиско немесе субстраттың - рибулесодифосфаттың.
- **Проводимость листа - устьичная и остаточная.**
- Она измеряется в см в сек и является величиной, обратной сопротивлению листа,
- Колеблется от 1 см/спри открытых устьицах до 0,02 см/с при закрытых устьицах, **показывает скорость прохождения углекислого газа по тканям листа.**
- **Фотохимическоелимитирование фотосинтеза**
- происходит при недостатке поступления энергии из световой фазы фотосинтеза, то есть при недостатке освещенности.
- **Биохимическоелимитирование фотосинтеза**
- определяется недостаточным количеством необходимых для фотосинтеза ферментов, в частности Rubisco, или недостатком собственно субстрата - рибулесодифосфата.

- **Гормондық әсері** – өсу ингибиторлардың әсері, мысалы АБК, оның жоғары концентрациясы лептестерді жабылуға әкеледі

Донорлы–акцепторлы қарым қатынастар –

- егер фотосинтездің өнімдерінің акцепторлары төмендегенде /жемістер/ фотосинтездің белсенділігі төмендейді
- Егер фотосинтез өнімдерінің донорлары азаяды /жапырақтар зақымданғанда, жасанды дефолиация/, басқа жапырақтарда фотосинтездің белсенділігі ұлғаяды

- **Гормональное воздействие**
- проявляется в действии ингибиторов роста, например, АБК, повышение концентрации которой приводит к закрытию устьиц и к снижению интенсивности фотосинтеза.
- **Донорно-акцепторные отношения**
- проявляются в том, что если
- у растения **уменьшается число акцепторов продуктов фотосинтеза** (число клубней, плодов), то интенсивность фотосинтеза **снижается**, если же **уменьшается число доноров продуктов фотосинтеза** (листьев) (например в результате повреждения вредителями, искусственная частичная дефолиация), **то интенсивность фотосинтеза у оставшихся листьев увеличивается.**

Гормондық әсері – өсу ингибиторлардың әсері, мысалы АБҚ, оның жоғары концентрациясы леп тесктерді жабылуға әкеледі

Донорлы-акцепторлы қарым қатынастар

- егер фотосинтездің өнімдерінің акцепторлары төмендегенде /жемістер/ фотосинтездің белсенділігі төмендейді

- Егер фотосинтез өнімдерінің донорлары азаяды /жапырақтар зақымданғанда, жасанды дефолиация/, басқа жапырақтарда фотосинтездің белсенділігі ұлғаяды

жинақталуы

/крахмал/

фотосинтезді тежеу

Жапырақтың /өсімдіктің/ жасы – өсуі тоқталған жапырақта фотосинтез белсенділігі ұлғаяды, қартайған өсімдіктерде хлорофилдің деградациясынан фотосинтез төмендейді

Абиотикалық факторлар:

- жарық
- Температура
- Су режимі
- Минералдық қоректену

Накопление углеводов

(крахмала) **может вызвать снижение** интенсивности ФС, хотя вопрос остается до конца не изученным.

Возраст листа (растения)

определяет **повышение интенсивности**

ФС у завершившего рост листа и **постепенное снижение интенсивности**

фотосинтеза у стареющего листа за счет деградация хлоропластов.

На показатели фотосинтеза значительно влияют такие **абиотические факторы**, как: освещенность, температура, водный режим, минеральное питание,

Көмірсулардың жинақталуы /крахмал/ фотосинтезді тежеу мүмкүн

Жапырақтың /өсімдіктің/ жасы – өсуі тоқталған жапырақта фотосинтез белсенділігі ұлғаяды, қартайған өсімдіктерде хлорофилдің деградациясынан фотосинтез төмендейді

Абиотикалық факторлар:

- жарық
- Температура
- Су режимі
- Минералдық қоректену