



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávací materiál vytvořený v projektu OP VK

Název školy:	Gymnázium, Zábřeh, náměstí Osvobození 20
Číslo projektu:	CZ.1.07/1.5.00/34.0211
Název projektu:	Zlepšení podmínek pro výuku na gymnáziu
Číslo a název klíčové aktivity:	III/2 - Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Anotace

Název tematické oblasti:	Biochemie
Název učebního materiálu:	Fotosyntéza – světelná fáze
Číslo učebního materiálu:	VY_32_INOVACE_Ch0214
Vyučovací předmět:	Seminář z chemie
Ročník:	4. ročník čtyřletého studia, 8. ročník osmiletého studia
Autor:	Jana Drlíková
Datum vytvoření:	1. 4. 2013
Datum ověření ve výuce:	2. 4. 2013
Druh učebního materiálu:	pracovní list
Očekávaný výstup:	Uplatnění dosud získaných znalostí z oblasti obecné, organické chemie, biochemie a biologie na vyvozování nového učiva v probíraném tématu.
Metodické poznámky:	Pracovní list studenta je doplněn vypracovanou verzí pro učitele. Ve výuce je pracovní list používán jako text, na jehož základě je procvičováno již probrané učivo, jsou vyvozovány nové poznatky a řešeny drobné problémové úlohy ze zadaného tématu.

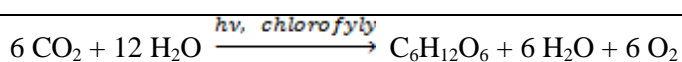
Fotosyntéza

pracovní list

1. Úvod

.....

 Fotosyntéza ročně poutá 10^{11} t C a je využito více než 10^{18} kJ energie. Jde o nejvýznamnější biochemický pochod na Zemi.

**2. Fotosyntetická barviva**

Světlo je absorbováno fotosyntetickými barvivy, která vytvářejí světlosběrný anténní systém, jehož úkolem je zajistit absorpci dostatečného množství energie pro „pohon“ fotosyntézy. Základními barvivy světlosběrných systémů jsou Většina molekul chlorofylů tedy shromažďuje světlo, menší část molekul chlorofylů je pak součástí reakčních center, v nichž probíhají pochody světelné fáze fotosyntézy.

Většina světlosběrných systémů obsahuje vedle chlorofylů i soustavy jiných světlosběrných molekul.

světlosběrné barvivo	organismus	poznámky
chlorofyly	všechny zelené rostliny a některé fotosyntetické bakterie	absorbují červené a modré světlo
		absorpce záření o vlnové délce 420-450nm
fykoerythrobiliny a fykocyanobiliny		lineární tetrapyrrolová barviva, absorbují světlo o vlnových délkách od 450 do 600nm

3. Chloroplasty

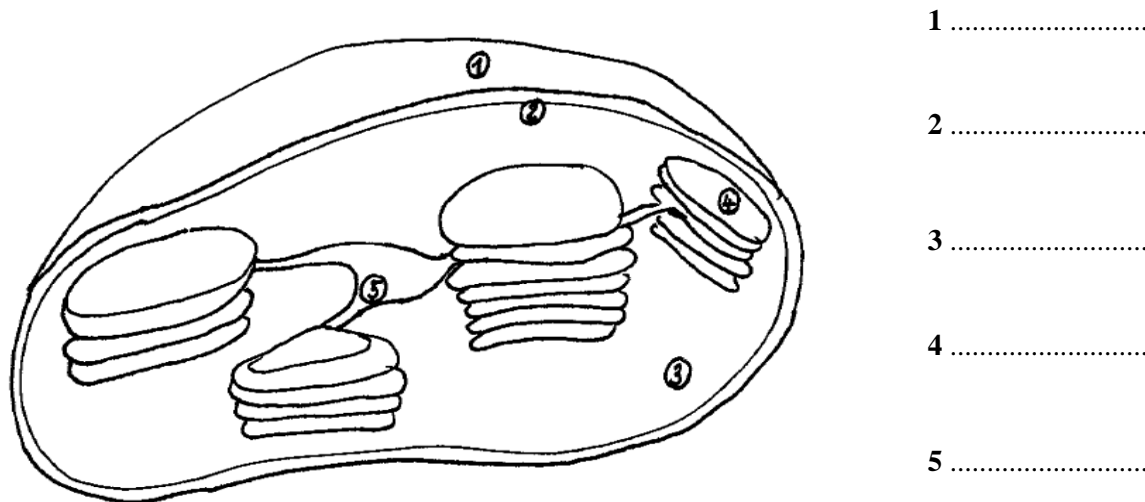
U eukaryot (u řas a vyšších zelených rostlin) probíhá fotosyntéza v

.....

 Nejběžněji mají chloroplasty tvar elipsoidu se silně propustnou vnější obalovou membránou a velmi málo propustnou vnitřní membránou. Prostor obklopený vnitřní membránou obsahuje stroma (koncentrovaný roztok enzymů, molekul DNA, RNA a ribozomů, podobný mitochondriální matrix). Ve stromatu je uložena třetí soustava membrán – thylakoidy. Jde patrně o jediný mnohonásobně poskládaný membránový váček se soustavou obvykle 10 až 100 terčovitých váčků, označovaných jako grana, která jsou vzájemně propojena tzv. stromálními thylakoidy.

Reakce závislé na světle probíhají v thylakoidální membráně, reakce nezávislé na světle probíhají ve stromatu jako sled enzymově katalyzovaných reakcí.

U fotosyntetizujících prokaryot probíhají reakce závislé na světle ve fotosynteticky aktivních vchlípeninách membrány, označovaných jako intracytoplazmatická membrána, nebo v izolovaných váčcích této membrány, nazývaných chromatofory.

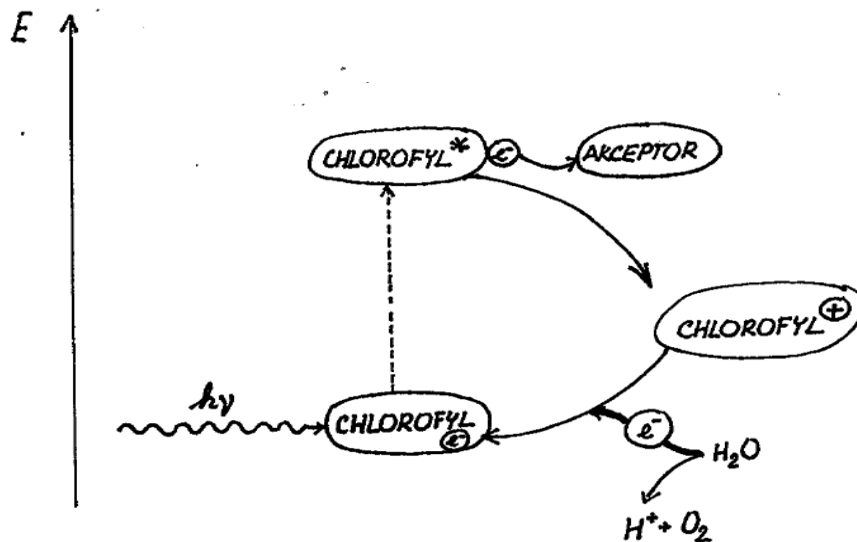


4. Pohlcení a předávání světla

Světlo je absorbováno pigmenty světlosběrné antény. Předávání fotonů se může dít několika mechanismy:

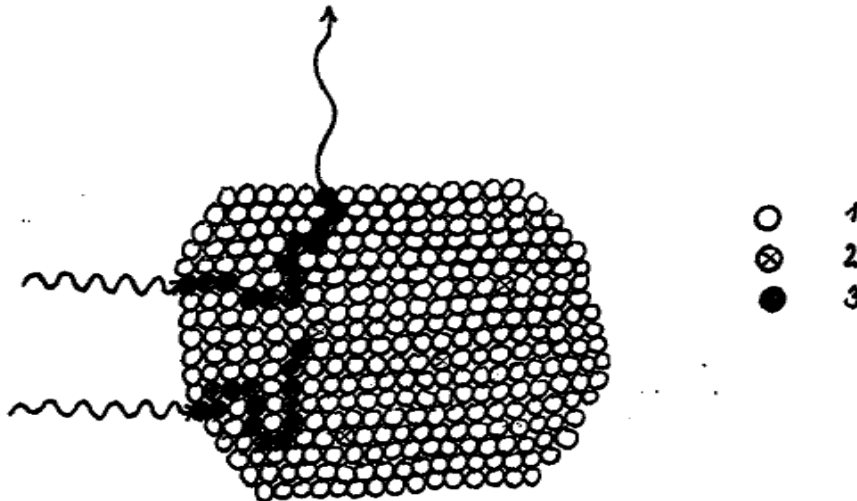
a) Předáváním energie z excitované molekuly na blízkou neexcitovanou molekulu působením molekulových orbitalů zúčastněných částic, podobně jako se děje u spřažených kyvadel. Tento způsob se nazývá **rezonanční přenos** nebo také **přenos excitonu**. Takto si předávají absorbovanou energii fotosyntetická barviva ve světlosběrné anténě.

b) **Fotooxidace** je děj, při němž světlem excitovaná molekula, jež v tomto stavu mnohem volněji váže elektron než ve stavu základním, přenesse elektron na jinou receptorovou molekulu a tím ji redukuje. Elektronu zbavený pigment je v oxidovaném stavu a do základního stavu se navrátí tak, že zoxiduje jinou molekulu.



c) **Fluorescence** je jev, kdy
 Vyzářený foton má vždy větší vlnovou délku, a tedy menší energii než pohlcená kvanta, která molekulu excitovala. Fluorescencí se „ztrácí“ asi 3-6% rostlinami pohlcené energie.

Přenos energie ve světloběrné anténě



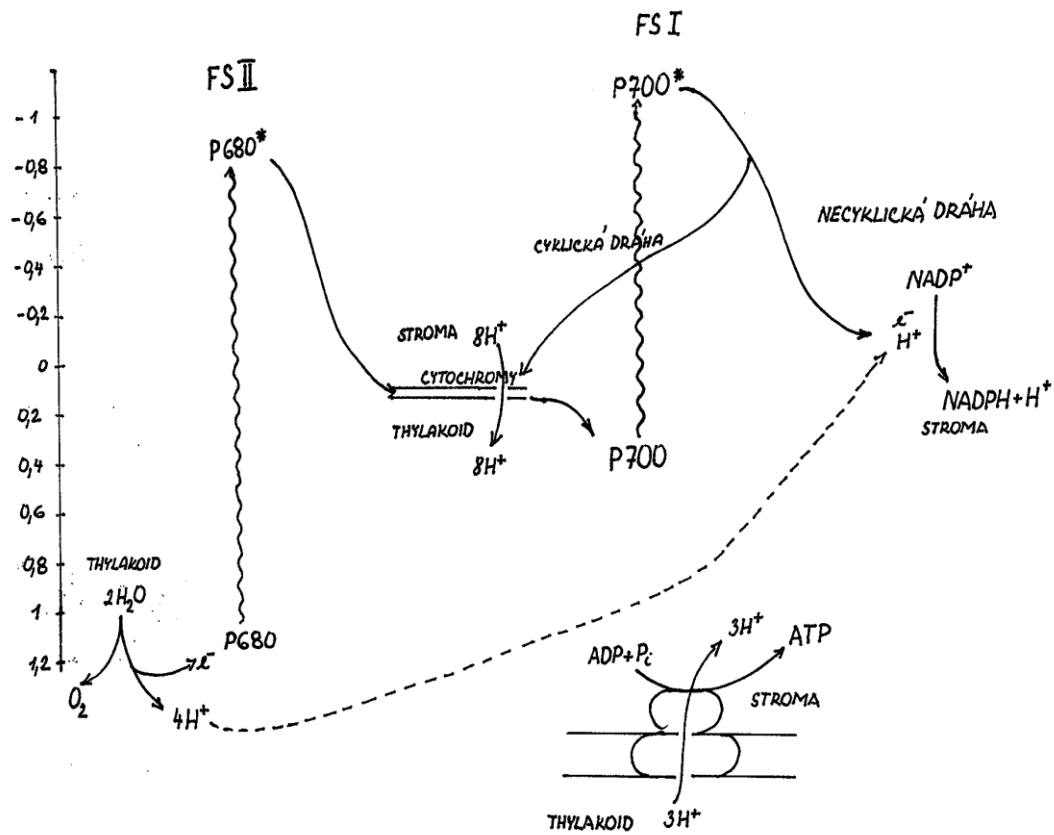
- 1..... anténní, fotosyntetické barvivo (chlorofyly a přídatná fotosyntetická barviva) v základním energetickém stavu
- 2..... reakční centrum (chlorofyl)
- 3..... excitované fotosyntetické barvivo

Přenos energie v anténě se děje přenosem excitonu, v reakčním centru fotooxidací. Účinnost přenosu energie v anténě je větší než 90% a k přenosu energie z antény do reakčního centra dojde v době kratší než 100ps.

5. Reakce závislé na světle

- reakce využívající energii absorbovaného světla k syntéze $\text{NADPH} + \text{H}^+$ (redukční činidlo) a ATP (zdroj energie)
- probíhají v thylakoidální membráně a podobají se přenosům elektronů v mitochondriích při oxidační fosforylaci
- fotosyntéza uvolňující O_2 využívá dva fotosystémy zapojené za sebou: FS I je silné redukční činidlo schopné redukovat NADP^+ (je umístěn hlavně ve stromálních thylakoidech), FS II vytváří silné oxidační činidlo schopné oxidovat H_2O (pouze v granech)
- většina součástí řetězce, který přenáší elektrony z vody na NADP^+ je uspořádána ve třech komplexech, postupujících thylakoidální membránu: FS II, komplex cytochromů (rovnoměrně rozptýlen v thylakoidech obou typů) a FS I
- O_2 vzniká pětistupňovou reakcí, katalyzovanou bílkovinným komplexem obsahujícím atom Mn
- přenos elektronů cytochromovým komplexem vytváří koncentrační gradient H^+ mezi dutinou thylakoidu a stromatem, tento gradient pak pohání syntézu ATP
- syntéza ATP je katalyzována ATP-synthasou zakotvenou většinou na stromálních thylakoidech
- elektrony aktivované ve FS I buď redukovat NADP^+ (necyklická dráha) nebo pomáhají vytvářet gradient H^+ (cyklická dráha)
- cyklická cesta elektronů nezávisí na FS II, nevede tedy ke vzniku O_2

Schéma světelné fáze fotosyntézy



6. Modifikace fotosyntézy

Fotosyntetické bakterie podle druhu mohou využívat k získávání redukčního činidla místo H_2O jiné látky. Např.: H_2S , S , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, H_2 a některé organické látky.

Fotosyntéza

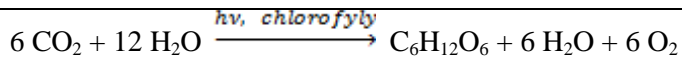
pracovní list - vyplněná verze

1. Úvod

Rostliny, řasy a sinice poutají světelnou energii a transformují ji na energii chemických vazeb.

Fotosyntéza je proces poháněný světlem, ve kterém se váže CO₂ a vznikají sacharidy a O₂.

Fotosyntéza ročně poutá 10¹¹t C a je využito více než 10¹⁸kJ energie. Jde o nejvýznamnější biochemický pochod na Zemi.



2. Fotosyntetická barviva

Světlo je absorbováno fotosyntetickými barvivy, která vytvářejí světlosběrný anténní systém, jehož úkolem je zajistit absorpci dostatečného množství energie pro „pohon“ fotosyntézy. Základními barvivy světlosběrných systémů jsou chlorofyly. Většina molekul chlorofylů tedy shromažďuje světlo, menší část molekul chlorofylů je pak součástí reakčních center, v nichž probíhají pochody světelné fáze fotosyntézy.

Většina světlosběrných systémů obsahuje vedle chlorofylů i soustavy jiných světlosběrných molekul.

světlosběrné barvivo	organismus	poznámky
chlorofyly	všechny zelené rostliny a některé fotosyntetické bakterie	absorbují červené a modré světlo
karoteny		absorpce záření o vlnové délce 420-450nm
xanthofyly		
fykoerythrobiliny a fykocyanobiliny	ruduchy a sinice	lineární tetrapyrrolová barviva, absorbují světlo o vlnových délkách od 450 do 600nm

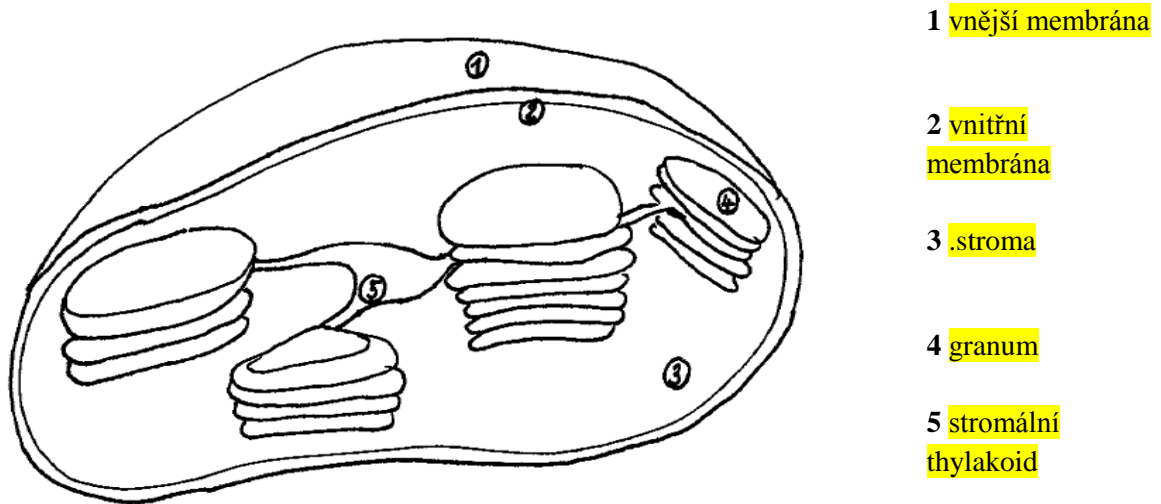
3. Chloroplasty

U eukaryot (u řas a vyšších zelených rostlin) probíhá fotosyntéza v chloroplastu. Chloroplasty se vyvinuly z prokaryontních fotosyntetizujících organismů, které byly pohlceny nefotosyntetizující eukaryontní buňkou a začala tak jejich společná existence na principu symbiotického soužití.

Nejběžněji mají chloroplasty tvar elipsoidu se silně propustnou vnější obalovou membránou a velmi málo propustnou vnitřní membránou. Prostor obklopený vnitřní membránou obsahuje stroma (koncentrovaný roztok enzymů, molekul DNA, RNA a ribozomů, podobný mitochondriální matrix). Ve stromatu je uložena třetí soustava membrán – thylakoidy. Jde patrně o jediný mnohonásobně poskládaný membránový váček se soustavou obvykle 10 až 100 terčovitých váčků, označovaných jako grana, která jsou vzájemně propojena tzv. stromálními thylakoidy.

Reakce závislé na světle probíhají v thylakoidální membráně, reakce nezávislé na světle probíhají ve stromatu jako sled enzymově katalyzovaných reakcí.

U fotosyntetizujících prokaryot probíhají reakce závislé na světle ve fotosynteticky aktivních vchlípeninách membrány, označovaných jako intracytoplazmatická membrána, nebo v izolovaných váčcích této membrány, nazývaných chromatofory.

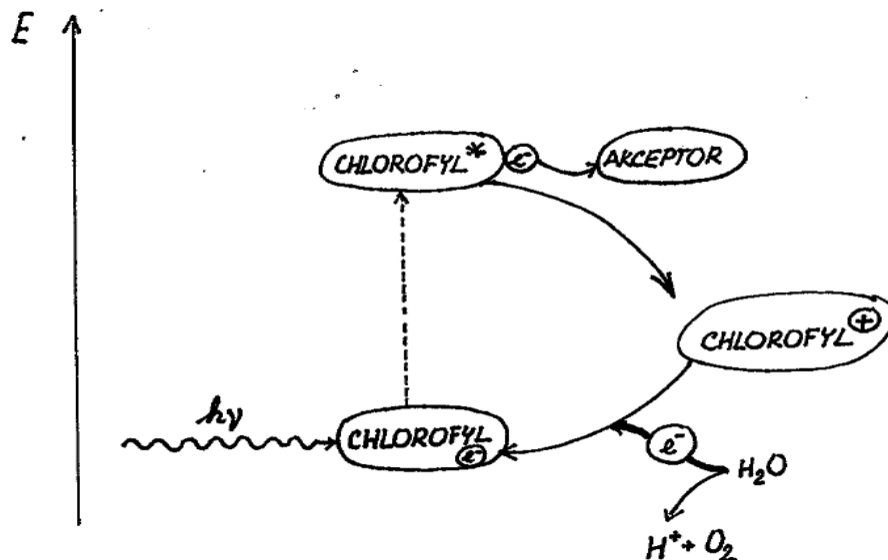


4. Pohlcení a předávání světla

Světlo je absorbováno pigmenty světlosběrné antény. Předávání fotonů se může dít několika mechanismy:

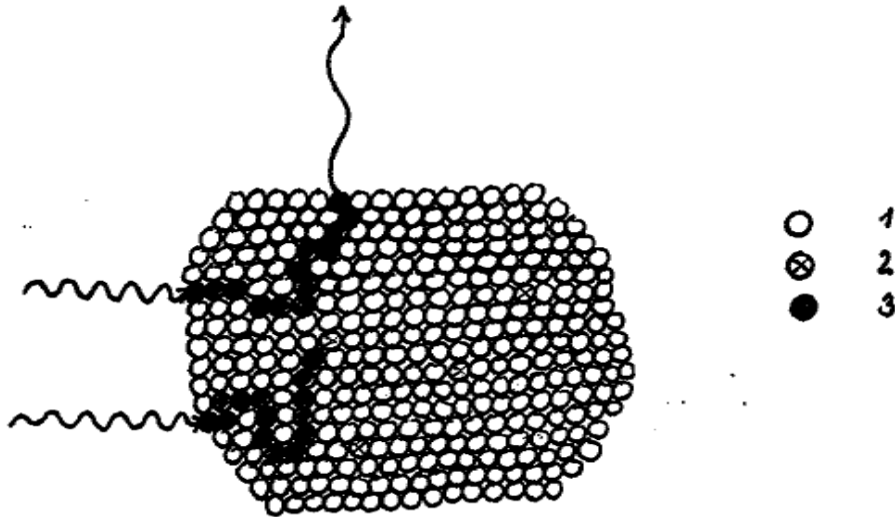
a) Předáváním energie z excitované molekuly na blízkou neexcitovanou molekulu působením molekulových orbitalů zúčastněných částic, podobně jako se děje u spřažených kyvadel. Tento způsob se nazývá **rezonanční přenos** nebo také **přenos excitonu**. Takto si předávají absorbovanou energii fotosyntetická barviva ve světlosběrné anténě.

b) **Fotooxidace** je děj, při němž světlem excitovaná molekula, jež v tomto stavu mnohem volněji váže elektron než ve stavu základním, přenesse elektron na jinou receptorovou molekulu a tím ji redukuje. Elektronu zbavený pigment je v oxidovaném stavu a do základního stavu se navrátí tak, že zoxiduje jinou molekulu.



c) **Fluorescence** je jev, kdy **excitovaná molekula emituje foton, čímž přejde do základního stavu**. Vyzářený foton má vždy větší vlnovou délku, a tedy menší energii než pohlcená kvanta, která molekulu excitovala. Fluorescencí se „ztrácí“ asi 3-6% rostlinami pohlcené energie.

Přenos energie ve světloběrné anténě



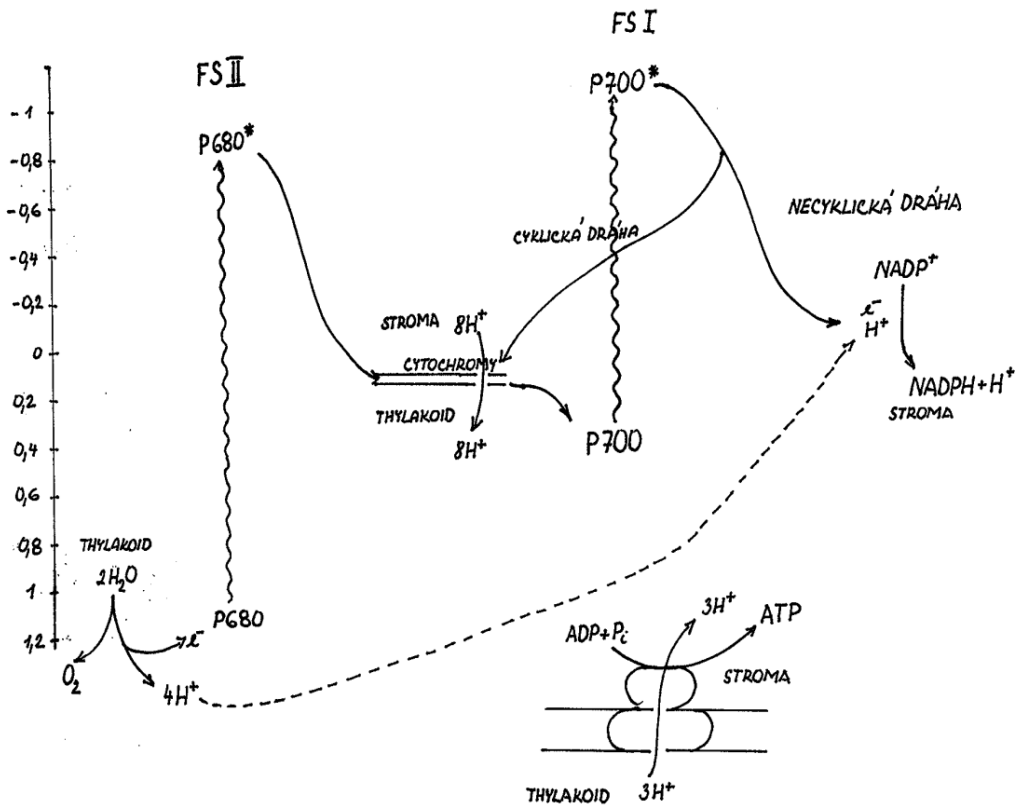
- 1..... anténní, fotosyntetické barvivo (chlorofyly a přídatná fotosyntetická barviva) v základním energetickém stavu
- 2..... reakční centrum (chlorofyl)
- 3..... excitované fotosyntetické barvivo

Přenos energie v anténě se děje přenosem excitonu, v reakčním centru fotooxidací. Účinnost přenosu energie v anténě je větší než 90% a k přenosu energie z antény do reakčního centra dojde v době kratší než 100ps.

5. Reakce závislé na světle

- reakce využívající energii absorbovaného světla k syntéze $\text{NADPH} + \text{H}^+$ (redukční činidlo) a ATP (zdroj energie)
- probíhají v thylakoidální membráně a podobají se přenosům elektronů v mitochondriích při oxidační fosforylaci
- fotosyntéza uvolňující O_2 využívá dva fotosystémy zapojené za sebou: FS I je silné redukční činidlo schopné redukovat NADP^+ (je umístěn hlavně ve stromálních thylakoidech), FS II vytváří silné oxidační činidlo schopné oxidovat H_2O (pouze v granech)
- většina součástí řetězce, který přenáší elektrony z vody na NADP^+ je uspořádána ve třech komplexech, prostupujících thylakoidální membránu: FS II, komplex cytochromů (rovnoměrně rozptýlen v thylakoidech obou typů) a FS I
- O_2 vzniká pětistupňovou reakcí, katalyzovanou bílkovinným komplexem obsahujícím atom Mn
- přenos elektronů cytochromovým komplexem vytváří koncentrační gradient H^+ mezi dutinou thylakoidu a stromatem, tento gradient pak pohání syntézu ATP
- syntéza ATP je katalyzována ATP-synthasou zakotvenou většinou na stromálních thylakoidech
- elektrony aktivované ve FS I buď redukují NADP^+ (necyklická dráha) nebo pomáhají vytvářet gradient H^+ (cyklická dráha)
- cyklická cesta elektronů nezávisí na FS II, nevede tedy ke vzniku O_2

Schéma světelné fáze fotosyntézy



6. Modifikace fotosyntézy

Fotosyntetické bakterie podle druhu mohou využívat k získávání redukčního činidla místo H_2O jiné látky. Např.: H_2S , S , $S_2O_3^{2-}$, H_2 a některé organické látky.

Zdroje: archiv autorky