



KBF/FOSY – Fotosyntéza a stres LRR/FOSY – Fotosyntéza

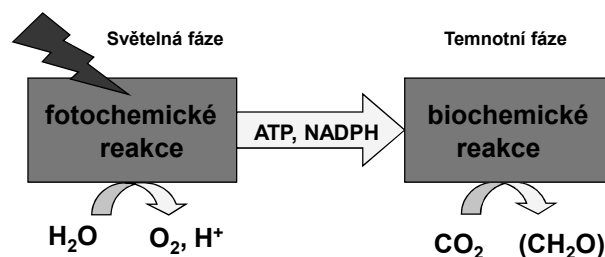
Prof. RNDr. Petr Ilík, Ph.D.
RNDr. Martina Špundová, Ph.D.
KBF a CRH, PřF UP

FS – biol. proces uchovávající en. slunce

- život na Zemi - závislý na energii ze Slunce
- **fotosyntéza (FS)** - jediný biologický proces, který sbírá tuto energii a uchovává (biomasa)
- většina zdrojů energie na Zemi – z biomasy, která má původ ve FS (jídlo, fosilní paliva – uhlí, ropa)
- vytvoření O₂ atmosféry
- změna podmínek na Zemi (klimatické změny) – změna fotosyntetických procesů
zájem o pochopení fotosyntetických procesů (zemědělci – technologové)
- foto-syntéza (organická syntéza za pomoci světla)
- **Fotosyntéza** – proces, při kterém živé organismy (baktérie, sinice, řasy, nižší a vyšší rostliny) přeměňují světelnou energii na chemickou energii organických molekul

anorganické látky (H₂O, CO₂, ...) + hv ⇒ organické látky (cukry, ...)

Fotosyntéza – obecné schéma

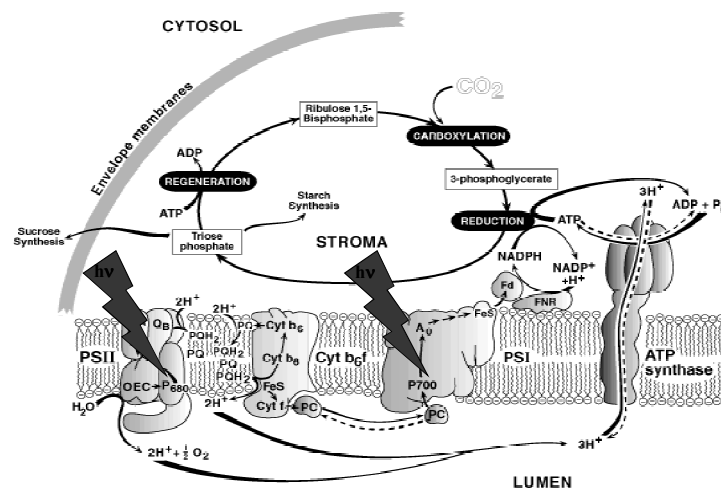


Fotosyntéza: $CO_2 + 2H_2O \rightarrow (CH_2O) + O_2 + H_2O$

Respirace: $CO_2 + 2H_2O \leftarrow (CH_2O) + O_2 + H_2O$

Thylakoidní membrána - funkční schéma

- světelné reakce FS - thylakoidní membrána, temnotní reakce FS - stroma



Proč studovat fotosyntézu?

Porozumění fotosyntetickým procesům

Řízení FS procesů

- Nekulturní rostliny využijí 0,2 % abs. en.
kukuřice – 1 – 2 %
cukrovka – 8 %
- šlechtění – gen. manipulace („C4 rice“)
- ovlivnění fotorespirace
- produkce biomasy - celulóza

Nové technologie

- umělá fotosyntéza (štěpení molekul vody)
- RC – molekulární spínač: poč. technologie
- přenos energie nebo elektronu
- kancerostatika na bázi porfyrinů
- zobrazování tumorů

Pochopení přírodních změn

- toky energie a látky v přírodě, možnosti regulace
- bilanční rovnice
- „globální oteplování“
- nárůst konc. CO₂ v atmosféře

Umělá fotosyntéza - 1

- Fotochemici hledají systémy, které by štěpili vodu pomocí sluneční energie
- vrstvy fotocitlivých komplexů kovů (ruthenium, metalo-porfyriny)
- nízká účinnost (vysoká účinnost zpětných reakcí)
- profesor Daniel Nocera MIT, USA – solární článek štěpící vodu na O₂ a H₂ (květen 2012)

ACCOUNTS
of chemical research

The Artificial Leaf

DANIEL G. NOCERA*

Department of Chemistry, 6-335, Massachusetts Institute of Technology, 77
Massachusetts Avenue, Cambridge, Massachusetts 02139-4307, United States

RECEIVED ON NOVEMBER 23, 2011

Umělá fotosyntéza - 2

Nocera 2012 – *The artificial leaf*. *Accounts of Chemical Research* 45, 767-776.

Účinnost solárního článku až 7.7%, štěpení vody - cca 60%, celková účinnost cca 4.5 %

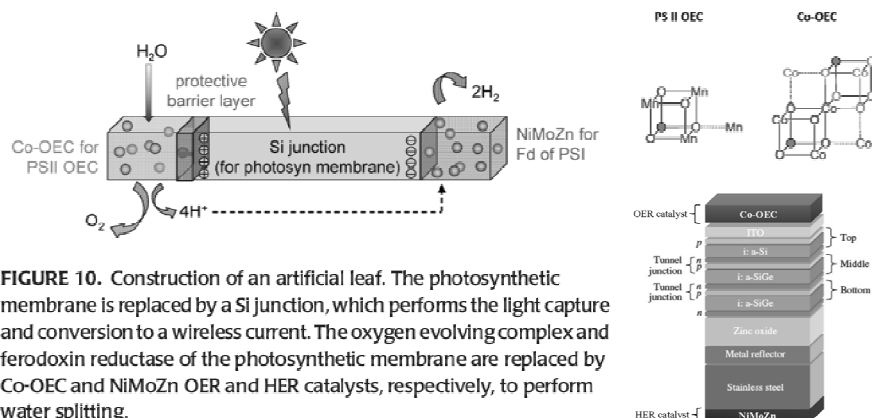
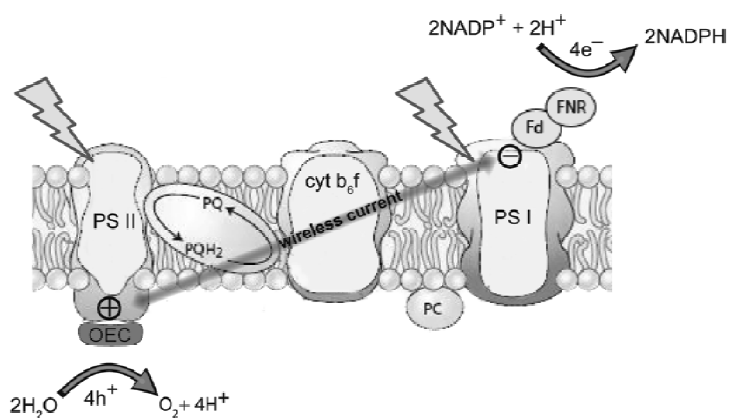


FIGURE 10. Construction of an artificial leaf. The photosynthetic membrane is replaced by a Si junction, which performs the light capture and conversion to a wireless current. The oxygen evolving complex and ferredoxin reductase of the photosynthetic membrane are replaced by Co-OEC and NiMoZn OER and HER catalysts, respectively, to perform water splitting.

Umělá fotosyntéza - 3

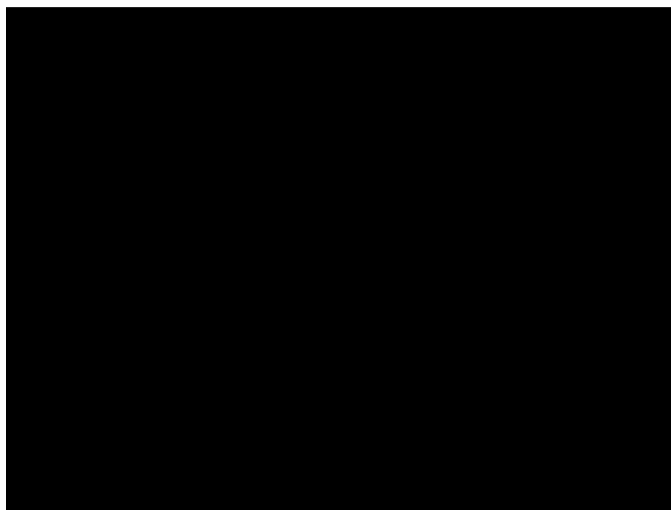
Nocera 2012 – *The artificial leaf*. *Accounts of Chemical Research* 45, 767-776.

Účinnost solárního článku až 7.7%, štěpení vody - cca 60%, celková účinnost cca 4.5 %

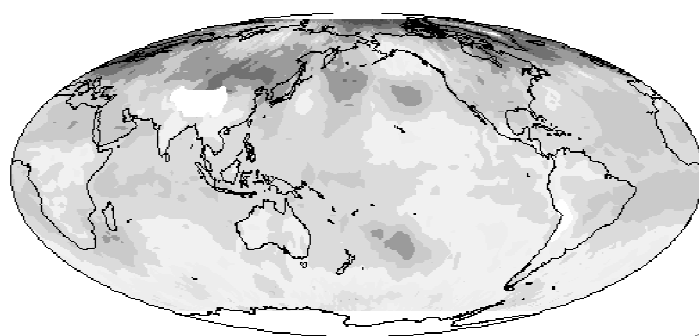


Umělá fotosyntéza - 4

Nocera 2012 – The artificial leaf. Accounts of Chemical Research 45, 767-776.

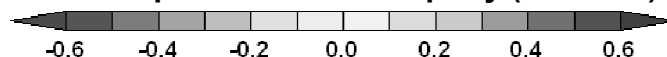


Troposféra 1979-2009: až +1,5 °C



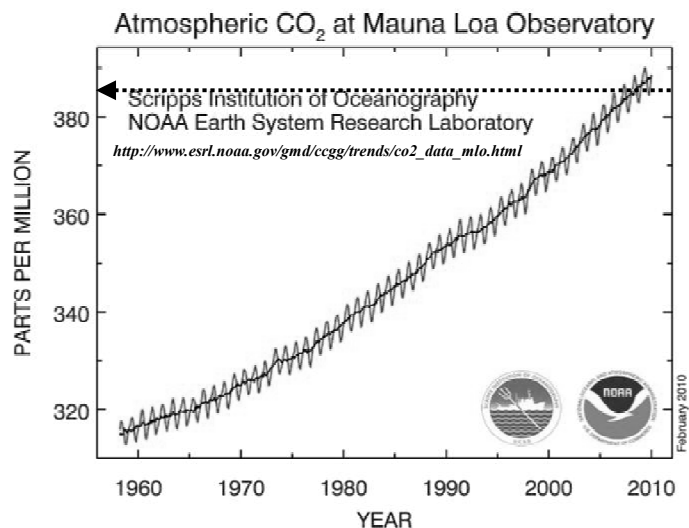
Remote Sensing Systems
www.remss.com

Změna průměrné roční teploty (°C/10 let)



http://www.remss.com/msu/msu_data_description.html

Zvyšování koncentrace CO₂



Vliv člověka ? - http://www.skepticalscience.com/docs/Guide_Skepticism_Czech.pdf

Fotosyntéza a živočichové - 1

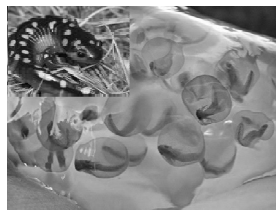


- **kolonizace fotosyntetických org.** – **korály** (živočich - žahavec v symbióze s řasou - obrněnkou), mořský plž (rod *Phyllodesmium*) – řasy z korálů uvnitř těla v průhledných střevcích (přežijí až 9 měsíců), i obratlovec - *Axolotl skvrnitý* (mexický mlok) – imunitní systém „vpustí“ řasu *Oophila amblystomatis* (cukry z řasy do zárodku)

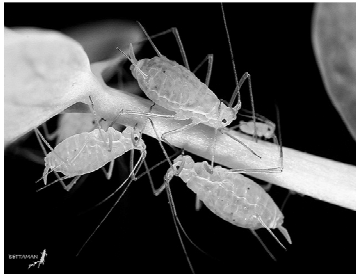
- **kleptoplastidie** - vodní plži rodu *Elysia* (*E. chlorotica*), získání chloroplastů v potravě (řasy) a UCHOVÁNÍ – vlastní syntéza chlorofylu a proteinů pro chloroplasty

<http://www.youtube.com/watch?v=a1yaxqBkToU>

http://www.youtube.com/watch?v=aQR_aaUqMPc



Fotosyntéza a živočichové - 2



Valmalette J.-C. et al.: Light- induced electron transfer and ATP synthesis in a carotene synthesizing insect. *Scientific Reports* 2, 579, 2012



- fotosyntéza u mšic (*Kyjatka hrachovitá*)?
- studie na mšicích produkujících karotenoidy, (živočichové si je běžně nevyrábí; z rostlin), geny na výrobu asi od hub
- Vyjimečnost mšic - pijí výhradně rostlinou mizu bez karotenoidů
- Valmalette a kol. zjistili, že světlo zvýšilo produkci ATP jen u mšic, které měly karotenoidy, nestalo se tak u vyšlechtěných jedinců, kteří je postrádali.
- z pokusu vyplývá, že může jít o mechanismus podobný fotosyntéze.

Mravenec odebírá ze zadečku mšice tekutinu obsahující nestrávené cukry z její stravy. Proč FS?

Sylabus přednášky - 1

1) Úvod do fotosyntézy

spektrum fotosyntetického záření, energetická bilance fotosyntézy, základní koncept fotosyntézy, obecné schéma fotosyntézy, evoluce fotosyntetických reakcí (halobaktérie, bakterie, sinice, řasy a rostliny) a evoluce života

2) Světlo – hnací síla FS

Fotosynteticky aktivní záření, měření ozáření, absorpce a emise fotonů - Jablonského schéma (singletní a triplexní stav), přísun energie do reakčního centra

3) Fotosyntetické pigmenty

Funkce světlosběrných pigmentů, bakteriochlorofyly a chlorofyly, absorpční a emisní spektra, fyzikálně-chemické vlastnosti molekuly chlorofylu, chlorofyly *in vivo*, degradace chlorofylů, chlorofyly v reakčním centru, přídatné pigmenty a jejich funkce, fykobiliny, karotenoidy (karotény, xantofyly) a jejich ochranná funkce

Sylabus přednášky - 2

4) Přenos energie ve fotosyntéze

přenos energie do reakčního centra - mechanismy, rezonanční přenos energie, induktivně a výměnně rezonanční přenos energie, Försterova teorie, kinetika přenosu energie *in vivo* a její měření

5) Stavba fotosyntetického aparátu

Strukturní komponenty, struktura listu, chloroplasty, thylakoidy, ontogeneze thylakoidů, příprava suspenze chloroplastů, struktura thylakoidních membrán, lipidy a jejich zastoupení, acylové řetězce, separace MGDG, význam saturace lipidů, "packing factor", fázové přechody lipidů vs. podmínky okolí, ultramikrostruktura thylakoidní membrány, separace pigment-proteinových komplexů thylakoidních membrán pomocí ELFO PAGE a gradientové centrifugace, proteiny v thylakoidní membráně, fotosystém I a II a jejich podjednotky, poměr fotosystémů I a II, LHC komplexy – struktura, složení a syntéza.

Sylabus přednášky - 3

6) Přenos elektronů a protonů

Halobaktérie, bakteriorhodopsin, reakční centrum - obecný princip činnosti, bakteriální reakční centrum, elektronový transport u purpurových a zelených bakterií, reakční centra typu PSI a PSII, přenos elektronů a protonů v kyslíkové fotosyntéze, tok elektronů fotosystémem II, I, redukce a oxidace plastochinonu, cytochrom b_6f komplex, Q cyklus, lineární a cyklický transport elektronů, Z-schéma fotosyntézy, cyklus voda-voda, Emersonův efekt, regulační mechanismy v thylakoidních membránách: přechod stav 1 – stav 2, xantofylový cyklus, mechanismus nefotochemického zhášení

7) Fluorescence chlorofylu *in vivo*

Fluorescence chlorofylu – charakteristiky, kvantový výtěžek fluorescence chlorofylu *a in vivo*, původ emisních pásů při pokojové teplotě a 77K, fluorescenční indukční jev – historie, interpretace „vln“, parametr F_v/F_m a jeho použití

Sylabus přednášky - 4

8) Stres ve fotosyntéze

- Definice stresu u rostlin. Adaptace, aklimace. Typy stresových faktorů. Společné mechanismy reakce rostlin na stresové faktory.
- Oxidativní stres.
- Senescence. Vodní deficit. Vysokoteplotní a nízkoteplotní stres.
- Fotoinhibice. Stres vyvolaný UV-zářením.
- Působení herbicidů a toxických látek ve vzduchu a půdě.
- Stres nedostatkem výživy.
- Biotický stres. Herbivoři. Fytopatogenní houby, bakterie a viry.

Sylabus přednášky - 5

Literatura:

- Lawlor, D.W.: Photosynthesis: Molecular, Physiological and Environmental Processes. Longman Scientific and Technical (3rd edition). Harlow, UK, 2001 .
- Kaplanová a kol.: Fyzikální základy fotosyntézy. UK Praha 1987 (skriptum).
- Hall, D.O., Rao, K.K.: Photosynthesis (5th edition). Cambridge University Press 1992.
- Taiz, L., Zeiger, E.: Plant Physiology (second edition). The Benjamin/Cumming Publishing Company, Redwood City, USA 1998.
- Blankenship, R.E.: Molecular Mechanisms of Photosynthesis, Blackwell Science 2002
- Nobel, P.S.: Physiochemical and Environmental Plant Physiology (second edition), Academic Press 1999.
- Buchanan, B.B., Gruissem, W., Jones, R.L. Biochemistry and Molecular Biology of Plants, American Society of Plant Biologists 2000.

Držitelé Nobelovy ceny a FS - 1

Richard Martin Wilstaetter - 1915 (Chemistry)

Chlorophyll purification and structure, carotenoids, anthocyanins.

Hans Fischer - 1930 (Chemistry)

Haemin synthesis, chlorophyll chemistry.

Paul Karrer - 1937 (Chemistry)

Carotenoid structure, flavins, vitamin B2.

Richard Kuhn - 1938 (Chemistry)

Carotenoids, vitamins.

Držitelé Nobelovy ceny ve FS - 2

Melvin Calvin - 1961 (Chemistry)

Carbon dioxide assimilation.

Robert Burns Woodward - 1965 (Chemistry)

Total synthesis of vitamin B12, chlorophyll, and other natural products.

Peter Mitchell - 1978 (Chemistry)

Oxidative and photosynthetic phosphorylation, chemiosmotic theory.

Hartmut Michel, Robert Huber, Johannes Deisenhofer - 1988 (Chemistry)

X-ray structure of the bacterial photosynthetic reaction center.

Rudolph Marcus - 1992 (Chemistry)

Electron transfer theory. Applied his theory to the primary photosynthetic charge separation.