

Temat: Światło

### Światło

1. Podstawowym czynnikiem warunkującym istnienie życia na Ziemi jest energia słoneczna, która w procesie fotosyntezy zostaje zamieniona w energię wiązań chemicznych.
2. Zdolność fotosyntezy posiadają rośliny wyższe, glony i bakterie, które zawierają barwniki fotosyntetyczne: chlorofil a i b, ksantofile i karotenoidy.
3. Fale wykorzystywane do fotosyntezy pokrywają się ze światłem widzialnym (wykraczają nieco w kierunku fioletu i podczerwieni).
4. Chlorofile a i b najsilniej pochłaniają promienie niebieskie i czerwone, dlatego największa wydajność fotosyntezy jest charakterystyczna dla promieniowania niebieskiego i czerwonego.

Słońce emituje promienie o długości fal – 400 – 750nm (tzn. emituje wszystko, ale to jest światło widzialne).

Widmo światła widzialnego w aspekcie całego widma promieniowania EM.

Krótsza fala – wyższa energia (pani na wykładzie chyba powiedziała odwrotnie, ale ręczę za to swoimi 2 latami na FUWie... aa, i tabelką niżej)

Pełne widmo promieniowania E-M obejmuje zakres od:  
 $\gamma$ , X, UV, promieniowanie widzialne, IR, fale radiowe

Warunkiem działania fal na komórkę jest ich pochłonięcie – składniki komórek absorbują selektywnie fale o różnej długości.

Wchłonięte kwanty powodują przejście zawartych w komórce e- na wyższy poziom energetyczny.

Wchłonięcie kwantów o niskiej energii wiąże się z

- a. rozproszeniem energii w postaci ciepła lub
- b. emisją fotonu (fluorescencja)

Typ	Długość fali	Energia
X	0,1Å	10-1500keV
UV	136-400Å	5-100eV

**Chlorofile** (a – sinice, glony, rośliny wyższe, b – glony, euglenoidy, rośliny wyższe) absorbują kwanty energii w spektrum światła widzialnego (niebieskiego/czerwonego) tj. 400-500nm i 600-700nm

Bakteriochlorofile absorbują kwanty energii światła krótszego i dłuższego niż a/b, tj. krótsze (300-400nm) oraz dłuższe (>700nm) mają je bakterie ABC oraz bakterie zielone i purpurowe

barwniki pomocnicze – karotenoidy - 400-550nm

Bakterie ABC: aerobic bacteriochlorophyll containing bacteria  
 $\alpha$ -proteobacteria (Acidiphilium, Craurococcus, Erythrobacter) ich jest najwięcej. Występują w wodach po kopalnianych, glebie, wodach morskich  
 $\beta$ -proteobacteria (Roseatales)  
 $\gamma$ -proteobacteria (Congregibacter)

pierwszy raz opisane w '78 roku

one:

-zawierają bakteriochlorofil a

-nie wytwarzają tlenu

-nie rosną w warunkach beztlenowych w obecności światła

-są fotoheterotrofami

-tworzą charakterystyczne barwne kolonie: różowe, czerowo-różowe, pomarańczowe

uwaga: bakterie ABC asymiluje od 5-10% energii wiązanej przez wszystkie fototrofy w oceanach !!

OMG WOW LOL

Podział fototrofów

1. fototrofy oksygenowe (sinice i prochlorofity – zaliczane do Cyanobacteria sp) – wytwarzają tlen w czasie fotosyntezy, wykorzystują H<sub>2</sub>O jako donor. Proces zachodzi w górnych warstwach zbiorników, sinice i glony pochłaniają niebieskie i czerwone

2. fototrofy anoksygenowe – nie wytwarzają tlenu, wykorzystują zw. organiczne, siarkę, nieorganiczne związki siarki, wodór, Fe(3) jako donory e<sup>-</sup>, przeprowadzają fotosyntezę tylko w warunkach beztlenowych, proces w głębokich warstwach zbiorników. 5 grup bakterii: purpurowe siarkowe, niesiarkowe, zielone siarko, niesiarkowe, ?!?!? (tak, też tu widzę 4, tak było na slajdach)

W fotosyntezie mamy reakcje ciemne i jasne

Barwniki

chlorofile – u oksygenowych

bakteriochlorofile – anoksygenowych

barwniki dodatkowe – karoteny/fikobiliny (fikocyjanina i spółka)

tabela: bakterie fotosyntezujące (fotka 01)

Fotosynteza Grupa	Typ (taksonom.)	Barwniki uczestniczące w fotosyntezie	Donor e <sup>-</sup>	Źródło węgla
sinice	Cyanobacteria <i>np.</i> <i>Synechococcus</i>	Chl a, fikobiliny (fikobilisomy)	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
prochlorofity	Cyanobacteria <i>np.</i> <i>Prochloron</i>	Chl a, Chl b lub Chl a i Chl d	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Purpurowe siarkowe	Proteobacteria (γ) <i>np. Chromatium</i>	Bchl a lub b	H <sub>2</sub> S, S <sub>0</sub> , S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , H <sub>2</sub> , zw. org	CO <sub>2</sub> , zw. org
Purpurowe niesiarkowe	Proteobacteria (α, β) <i>np.</i> <i>Rhodobacter</i>	Bchl a	H <sub>2</sub> , zw. org., niektóre H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub> , zw. org
Zielone siarkowe	Chlorobium <i>np.</i> <i>Chlorobium</i>	Bchl a i c (chlorosomy)	H <sub>2</sub> S, S <sub>0</sub> , S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , H <sub>2</sub> , Fe <sup>2+</sup>	CO <sub>2</sub> , zw. org
Zielone niesiarkowe	Chloroflexi <i>np.</i> <i>Chloroflexus</i>	Bchl a i c	H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub> , zw. org	CO <sub>2</sub> , zw. org
heliobakterie	Gram-positive <i>np.</i> <i>Heliobacterium</i>	Bchl b	zw. org	zw. org

Uwaga: u części z nich, donorem e<sup>-</sup> nie jest woda!

Maksima absorpcji światła.

Sinica *Synechocystis sp.* i zielenica *Scenedesmus acutus* absorbują światło: 680-685nm (chlorofil a i b).

Zielone bakterie fototroficzne absorbują światło: 715 i 755nm (bakteriochlorofil c,d,e).

Bakterie purpurowe *Rhodospirillum rubrum* i *Cromatium okenii* absorbują światło: 850-890nm (bakteriochlorofil a).

Bakteria purpurowa *Rhodopseudomonas viridis* absorbuje światło: 1020-1035nm (bakteriochlorofil b).

Zarówno glony jak i bakterie absorbują światło w zakresie barwników pomocniczych 400-550nm (karotenoidy).

Maksima absorpcji... (fotka02,03)

Wniosek: różne gatunki wychwytyją różne kolory światła.

W wodzie są strefy eufotyczne: litoralna, limnetyczna, profundalna.

1.w litoralu produkcja pierwotna > oddychanie, akumulacja energii – ale my to wiemy ;)

2.limnetyczna – głębokie wody, obejmuje litoral i te warstwy wody, do których dociera światło, ale mało (produkcja pierwotna = oddychanie)

3.profundal – ciemność

Woda: (fotka 04,05,06)

1.stanowi silniejszy filtr dla promieniowania niż atmosfera

2.kąt padania = kątowni odbicia

3.Już na powierzchni wody wraz ze wzrostem kąta padania występują straty promieniowania, rysunek

Kąt padania	Straty
0-60	2-6%
70	14,00%
80	40,00%
90	100,00%

4.przy zachodach i wschodach słońca w wodzie panuje ciemność!!!

5.światło, które dostaje się pod powierzchnię wody jest rozpraszane i pochłaniane. Teoretycznie dochodzi:

1.do głębokości 1m ok. 50% światła

2.do 2m – 40%

3.do 10m – 30%

6.Ilość światła zależy od trofii jeziora i tak np. na głębokość 1m może przenikać 50% lub... tylko 1% światła

7.Światło najgłębiej wnika w wodach otwartych mórz i oceanów i oligotroficznych jezior górskich.

8.Wraz z głębokością spada intensywność i penetracja światła

9.Różne długości światła białego są różnie pochłaniane i rozpraszane w wodzie: światło czerwone jest absorbowane przez wodę znacznie silniej niż światło niebieskie i dlatego:

1.najpłycej docierają promienie: czerwone, podczerwone, ultrafioletowe

2.najgłębiej docierają promienie: zielone i niebieskie

Oraz dalsze historie ze światłem w wodzie → patrz hydroby

rozmieszczenie glonów/bakt:

1.glony i sinice lubią wody powierzchniowe

2.większość bakt (z wyjątkiem fotosyntezujących) woli ciemność – promieniowanie słoneczne

(UV) działa na nie szkodliwie

3.b. fotosyntezujące występują poniżej zasięgu występowania fitoplanktonu (głębokie wody, bez tlenu, H<sub>2</sub>S obecne)

4. wykorzystują inne zakresy światła – mało wykorzystywane przez fitoplankton

Promieniowanie niejonizujące UV (07,08):

– Widzialna część widma słonecznego działa na większość bakterii stosunkowo słabo (jedynie bakterie fotosyntezujące wymagają jego obecności)

– najsilniej działają promienie UV o długości 230-270nm: są one najsilniej absorbowane przez kw. nukleinowe i białka (działają mutagennie), powodują powstawanie szkodliwych nadtlenków

– 90% wszystkich zmian w komórce wywołanych przez UV to dimeryzacja pirymidyn w obrębie jednego łańcucha DNA (głównie tyminy), T-T, powstają też dimery T-C i C-C.

– Pod wpływem UV powstają też wiązania poprzeczne pomiędzy dwoma łańcuchami

– Powstawanie dimerów uniemożliwia replikację DNA i transkrypcję mRNA, komórki niezdolne do usuwania dimerów giną nawet przy małej dawce promieniowania.

– Znane są bakterie odporne na działanie UV np. *Deinococcus radiodurans* – ginie dopiero przy  $7 \cdot 10^{-4} \text{ J/m}^2$

Więcej o kochanym *D. radioduransie*... Wyizolowany w '56 roku przez kogoś tam. Odporny na działanie promieni  $\gamma$ , X i UV. Bakteria ta wytrzymuje dawkę promieniowania kilka tysięcy razy większą od dawki śmiertelnej dla człowieka (do 3000000 radów). (rysunek z 09)

UV dzielimy na:

UVA – 315-400nm

UVB – 280-315nm

UVC – > 280nm

230-270nm silnie bakteriobójcze

Promieniowanie jonizujące (10,11)

1. Działanie polega na jonizowaniu związków organicznych wokół toru, po którym one przebiegły → powstają jony z ładunkiem elektrycznym

2. Promienie te działają mutagennie, powodują np. pęknięcie nici DNA.

3. Najsilniej działają promienie  $\alpha$ : na drodze 1um powodują powstanie ok. 10000 par jonów

4. Najsłabiej działają promienie  $\gamma$ , na drodze 1um powodują powstanie 8 par jonów, mają one jednak znacznie większą siłę przenikania.

Uszkodzenia powodowane przez promieniowanie (UV lub nie) mogą być usuwane:

1. Pod wpływem światła widzialnego: fotoreaktywacja polega na rozszczepieniu dimerów (fotoliza).

Enzym jest aktywny w świetle widzialnym o długości fali 320-370nm: DNA przybiera postać pierwotną.

2. Znana jest też fotoreaktywacja ciemna, działają tu endo i egzonukleazy bez udziału światła.

3. Znana jest też reaktywacja rekombinacyjna: podczas syntezy nowej nici DNA w miejscach dimerów powstają przerwy. Dalsze etapy to crossing over; usunięcie przerw.

taka reperacja nie jest bezbłędna. Naprawa to główne źródło mutacji indukowanych UV :(

## **Woda. (fotki 12+)**

Woda stanowi 70-90% ciała organizmów żywych, pokrywa 70% powierzchni kuli ziemskiej.

– Bakterie nie rozwijają się przy niższej wilgotności środowiska niż 30% zawartość wody, a wzrost grzybów ustaje przy wilgotności <15% (zjawisko to wykorzystuje się do konserwowania żywności).

– Na wysuszenie najmniej wrażliwe są laseczki, które w formie przetrwalników mogą przetrwać lata

np. przetrwalniki *Bacillus anthracis* – laseczki węgliką mogą wykiełkować nawet po 40 latach.

liofilizacja – to zabieg zapewnienia trwałości różnym substancjom białkowym lub nie, martwym lub żywym, polegający na działaniu niskiej temp -20 - -80 i odwodnieniu (działanie wysokiej próżni)...

Aktywność wody. Dostępność wody jest wyrażana jako aktywność wody ( $A_w$ )

$A_w = C_p/C_{pH_2O} = N_2 / (N_1 + N_2)$ , gdzie:

$C_p$  – ciśnienie pary w równowadze z roztworem

$C_{pH_2O}$  – ciśnienie pary w równowadze w wodą

$N_1$  – liczba moli substancji rozpuszczonej

$N_2$  – liczba moli substancji rozpuszczalnika (wody)

Wartość  $A_w$

-wody destylowanej = 1,00

-wody morskiej = 0,98

-wody słonych jezior = 0,75

Większość mikroorganizmów do aktywnego metabolizmu wymaga  $A_w > 0,96$ .

Aktywność wody stanowi największy problem w:

-glebach (optymalna ilość wody w glebie to 60%-75% nasycenia) oraz innych środowiskach stałych

-na jej znaczący niedobór cierpią organizmy endofityczne:

-porosty rosnące w polarnych pustyniach przy niskim  $A_w$

-rosnące w gorących pustyniach

-rosnące na obszarach wulkanicznych

Jednym z przystosowań do bytowania w warunkach niskiego  $A_w$  jest zatrzymanie wody w komórce dzięki obecności tzw związków kompatybilnych jak: cukry, alkohole, aminokwasy, jony  $K^+$  (u Archea).

Roztwory kompatybilne kumulowane w komórkach. (15)

Organizm	Kompatybilne roztwory	Minimalne $A_w$
Bakterie nefotosyntetyczne	Betaina, prolina, kw. glutaminowy	0,97-0,90
Sinice słodkowodne	Sacharoza, trehaloza	0,98
Sinice morskie	Glukozyloglicerol	0,92
Głony morskie	Mannitol, prolina	0,92
Sinice słonych jezior	Betaina gliceryny, ectoina, trehaloza	0,90-0,75
Halofilne bakterie fototroficzne	Ectoina, pochodne proliny	0,90-0,75
Ectothiorhodospira •bakteria Soda Lakes	KCl	0,75
Ekstremalne Archea	Glicerol	0,75
Dunaliella (głon halofilny)	Glicerol	0,83-0,62
Kserofilne grzyby nitkowate	Glicerol	0,72-0,61

Niektóre organizmy mogą rosnąć przy Aw ok. 0,60.  
Wiele organizmów ginie w środowisku o niskiej aktywności wody.

Tabela: Wartości Aw wymagane do wzrostu przez różne mikroby (16)

Aw	Bakterie	Grzyby
1	<i>Caulobacter, Spirillum</i>	
0,9	<i>Lactobacillus, Bacillus</i>	<i>Fusarium, Mucor</i>
0,85	<i>Staphylococcus</i>	<i>Debaromyces</i>
0,8		<i>Penicillium</i>
0,75	<i>Halobacterium</i>	<i>Aspergillus, Saccharomyces rouxii</i>
0,6		<i>Xeromyces bisporus</i>

Aktywność wody... niska – większość nie lubi

Dla większości bakterii optymalna aktywność wody to 0,96-0,99.  
Wyjątki: gronkowce (*Staphylococcus aureus*) lubią Aw=0,85 i bakterie halofilne – 0,75.

Organizmy halofilne, wykazują zapotrzebowanie na NaCl. Stwierdzono, że obecność jonów Na<sup>+</sup> jest niezbędna do stabilizacji ich błony cytoplazmatycznej, a także do aktywacji niektórych enzymów np. *Halomonas elongata, Micrococcus halophilus, Rodospirillum salinarum*.

Drożdże osmofilne i osmotolerancyjne (17)

W środowiskach o obniżonej Aw rozwijają się drożdże: dla większości minimalna aktywność Aw to 0,60.

1. Drożdże osmofilne rosną przy stężeniu glukozy = 60%

2. Drożdże osmotolerancyjne rosną przy stężeniu glukozy 50%

1. tolerują duże stężenia sacharydów (40-70%), izolowane są z miodu, suszonych owoców, produktów cukierniczych np.: *Zygosaccharomyces, Schizosaccharomyces, Toluspora*

2. tolerują duże stężenia soli nieorganicznych (20%), występują w marynatach, kiszonych ogórkach, solankach, solonej żywności np. *Debaromyces, Zygosaccharomyces rouxi*

### Dyfuzja wody.

Woda dyfunduje z obszarów o wysokiej aktywności (niskie stężenie roztworu) do obszarów o niskiej aktywności (wysokie stężenie roztworu) w procesie osmozy.

Wartość Aw spada, gdy rośnie stężenie związku rozpuszczonego (siła osmotyczna).

1. Dla większości mikroorganizmów stężenie substancji jest nieco wyższe wewnątrz komórki niż w otaczającym środowisku, dlatego woda może wchodzić do komórki aż do uzyskania stanu równowagi.

2. W środowiskach hipotonicznych może zachodzić plazmoptiza. Plazmoptiza – pęknięcie komórki w środowisku hipotonicznym w wyniku pobierania wody, gdy zewnętrzne ciśnienie osmotyczne ma wartość niższą od panującego w komórce.

### Ciśnienie osmotyczne.

Po wprowadzeniu do środowiska płynnego, w którym bytują mikroby (czyli do środowiska o wysokiej Aw) cukru lub soli kuchennej następuje podniesienie ciśnienia osmotycznego i... pomimo

obecności wody mikroby nie są w stanie z niej korzystać!

Ciśnienie osmotyczne ich soku komórkowego staje się bowiem niższe od ciśnienia zewnętrznego. Jest to zjawisko suszy fizjologicznej. Wywołuje ona plazmolizę i śmierć komórki.

Plazmoliza – kurczenie się protoplazmy na skutek przenikania na zewnątrz wody z komórki.

Zachodzi w środowiskach hipertonicznych. Plazmoliza zachodzi u bakterii G(-) natomiast u bakterii G(+) nie obserwuje się odstawania błony cytoplazmatycznej (kurczy się cała komórka).

Ciśnienie osmotyczne naturalnych wód słonych (Morze Martwe, M. Kaspijskie) określa się na podstawie zawartości w nich NaCl. Przy zasoleniu 3,5% NaCl ciśnienie osmotyczne wynosi 23 atm. Takiego ciśnienia wymagają niektóre morskie słonolubne organizmy np. *Dunaliella salina*

Wytrzymałość mikrobów na suszę fizjologiczną jest różna:

1. osmofile – rosną w środowisku o dużym stężeniu związków

2. xerofile – w środowiskach suchych ( $A_w \sim 0,6$ )

Bakterie ciśnieniolubne – mają duże zapotrzebowanie na NaCl oraz są wytrzymałe na duże stężenia NaCl to halofile.

Woda morska o  $A_w = 0,98$  ma 3% NaCl.

Mikroby znajdujące w środowisku morskim mają specyficzne wymagania w stosunku do NaCl.

Halofile – wymagające obecności NaCl

1. łagodne halofile – 1-6% NaCl

2. średnie halofile – 6-15% NaCl

3. ekstremalne halofile – organizmy rosnące w środowiskach silnie zasolonych, zawierających 15-30% soli

Halofile np. archeon *Halobacterium salinarium* powoduje psucie solonych ryb, kawioru itp.

*Halobacterium* wytwarza barwniki z grupy karotenoidów = ochrona przed działaniem światła dla mikrobów rosnących w płytkich solankach.

Halotolerant – organizm, który toleruje obniżoną aktywność wody (ale rośnie lepiej przy braku NaCl).

### **Zasolenie:**

1. Zasolenie to sumaryczne stężenie związków nieorganicznych (nie tylko NaCl). Wynikiem wysokiego zasolenia jest wzrost ciśnienia osmotycznego.

2. Istnieje różnica zasolenia między wodami słodkimi i morskimi.

1. Zasolenie wód słodkich wynosi 120mg/l

2. Zasolenie wód morskich wynosi 35g/l (tj. 35‰)

3. Wody silnie zasolone powodują denaturację białek u organizmów nie tolerujących zasolenia.

4. Bezwzględne halofile wymagają wysokich stężeń NaCl np. *Halobacterium* ulegają lizie wtedy, gdy stężenie NaCl jest niższe niż 8-20%, a optymalne stężenie to 20-30%, tzw. czerwone halofile – wytwarzają barwniki karotenoidowe.

**Zajawka przyszłego wykładu.** Ciśnienie atmosferyczne i hydrostatyczne:

Ciśnienie atmosferyczne – bakterie nie reagują na zmiany ciśnienia atmosferycznego.

Ciśnienie hydrostatyczne – to ciśnienie słupa wody, które rośnie liniowo wraz z głębokością: co 10m rośnie o 1atm.

Ponad 75% oceanów ma głębokość od 1000 do 6000m.

10atm = 1 MPa, 1MPa = 1000000Pa