

Temat: Światło

Światło

Podstawowym czynnikiem warunkującym istnienie życia na Ziemi jest energia słoneczna. W procesie fotosyntezy zostaje ona zmieniona w energię wiązań chemicznych. Zdolność do fotosyntezy posiadają rośliny wyższe, glony, bakterie – warunkiem jest posiadanie odpowiednich barwników: chlorofili a i b, ksantolifi, karotenoidów. Fale wykorzystywane w procesie fotosyntezy pokrywają się ze światłem widzialnym.

Chlorofile a i b pochłaniają promienie niebieskie i czerwone i dlatego największa wydajność fotosyntezy jest charakterystyczna dla promieniowania niebieskiego i czerwonego.

Światło widzialne – fiolet 380 nm, czerwień 750 nm.

Energia niesiona przez promieniowanie, w miarę zmniejszania się długości fali - zmniejsza się. I odwrotnie.

Pełne widmo promieniowania elektromagnetycznego obejmuje zakres od ultrakrótkich promieni kosmicznych, przez promienie X, ultrafiolet, widzialna część widma, podczerwień i długie fale radiowe.

Warunkiem działania promieniowania na komórkę jest ich pochłonięcie. Składniki komórki selektywnie absorbują fale o różnej długości. Wchłonięte kwanty powodują przejście elektronów na wyższy poziom energetyczny i następuje aktywacja cząsteczek.

Jeżeli kwanty mają niższą wartość energetyczną to następuje rozproszenie w postaci ciepła albo fluorescencja – emisja fotonu.

Energia kwantu jest odwrotnie proporcjonalna do długości fali elektromagnetycznej.

Chlorofil a występuje u sinic, glonów, roślin wyższych,
chlorofil b u glonów, euglenin, roślin wyższych,
absorbują spektrum światła niebieskiego w zakresie 400-500, a czerwone 600-700.

Bakteriochlorofile występują u bakterii, zawierają go bakterie zielone i purpurowe i tzw. bakterie ABC. Absorbują kwanty energii światła dłuższego i krótszego niż chlorofile. Czyli 300-400 i powyżej 700.

Istnieją też karotenoidy, barwniki pomocnicze, ich zakres to 400-500 nm.

Bakterie ABC to bakterie tlenowe, zostały opisane w 1978 roku, w tej chwili zaliczamy je do alfa-Proteobacteria (najwięcej poznanych) beta-Proteobacteria i gamma-Proteobacteria. Występują w wodach pokopalnianych, wodzie morskiej, glebie, wodach słodkich, dość powszechnie, ale najczęściej w środowisku morskim.

Nie wytwarzają one tlenu, nie rosną bez tlenu na świetle, są fotoheterotrofami, tworzą charakterystyczne kolonie barwne. Do 10% energii która jest wiązana przez wszystkie fototrofy w oceanach jest wiązana właśnie przez bakterie ABC.

Fototrofy tlenowe - to głównie sinice i prochlorofity, głównie zaliczane do Cyanobacteria. Wytwarzają tlen, woda jako donator elektronów, proces zachodzi w górnych warstwach zbiorników wodnych. Dlatego sinice i glony pochłaniają światło niebieskie i czerwone.

Fototrofy anoksygenowe – nie wytwarzają tlenu, wykorzystują zw. organiczne i nieorganiczne, np. związki siarki, żelazo III jako donor elektronów, fotosynteza tylko w warunkach beztlenowych lub przy jego małej zawartości i dzieje się to głęboko w zbiornikach wodnych.

Istnieje pięć grup bakterii:

- purpurowe bakterie siarkowe,
- purpurowe bakterie niesiarkowe,
- zielone bakterie siarkowe
- zielone bakterie niesiarkowe.

(są to fototrofy anoksygenowe)

U fototrofów oksygenowych funkcjonują głównie chlorofile, u anoksygenowych bakteriochlorofile, barwniki dodatkowe – karoteny i ksantofile, oraz fikobiliny – allofikocyjanina, fikocyjanina, fikoerytryna (np. u *Anabaena*) niebieskie barwniki.

[Tabela slajd 1]

Bakterie fotosyntetyzujące

Fotosynteza grupa	Typ	Barwniki fotosyntetyczne	Donor elektronów	Źródło węgla
sinice	<i>Cyanobacteria</i>	Chl a, fikobiliny	woda	CO ₂
prochlorofity	<i>Cyanobacteria</i>	Chl a, Chl b	woda	CO ₂
Purpurowe siarkowe	<i>Proteobacteria</i> (gamma)	Bchl a lub Bchl b	H ₂ S, H ₂ , S ₂ O ₃ , S, zw. org	CO ₂ , zw. organiczne
Purpurowe niesiarkowe	<i>Proteobacteria</i> (alfa, beta)	Bchl a	H ₂ , związki organiczne	CO ₂ , zw. organiczne
Zielone siarkowe	<i>Chloroium</i>	Bchl a i c	H ₂ S, S, S ₂ O ₃ , H ₂ , Fe ²⁺	CO ₂ , zw. organiczne
Zielone niesiarkowe	<i>Chloroflexi</i>	Bchl a i c	H ₂ S, H ₂ , zw. org	CO ₂ , zw. organiczne
heliobakterie	Gram+, np. <i>Heliobacterium</i>	Bchl g	zw. organiczne	zw. organiczne

Maksima absorpcji światła (wykresy)

- Sinica *Synechocystis* i zielenica *Scenedesmus acutus* absorbują światło 680-685 nm (chlorofil a i b).
- Zielone bakterie fototroficzne (*Chlorobium* i *Chloroflexus*) absorbują światło 715-755 nm (bakteriochlorofil c, d i e).
- Bakterie purpurowe *Rhodospirillum rubrum*, *Rhodopseudomonas*, *Chromatium okenii*, 850-890 nm (bakteriochlorofil a), *Pseudomonas viridis* 1020-1035 nm (bakteriochlorofil b).
- Zarówno glony jak i bakterie absorbują światło w zakresie barwników pomocniczych – karotenoidów - 400-550 nm.

Wniosek: Występują znaczne różnice w maksimach pochłaniania światła, mikroorganizmy mogą więc współwystępować.

W toni wodnej działaniu światła podlega strefa litoralna, limnetyczna i profunda. Strefa litoralna to płytkie wody prześwietlone do dna – produkcja pierwotna większa niż oddychanie – energia jest akumulowana. Strefa limnetyczna – w wodach głębokich – obejmuje warstwę litoralną i warstwę gdzie światło dociera w ograniczonej ilości. Równowaga między produkcją a oddychaniem. Strefa

profundalna – panuje ciemność, mniejsza produkcja pierwotna niż oddychanie.

Woda to silniejszy filtr dla promieniowania niż atmosfera, a poza tym kąt padania równa się kątowi odbicia – wtedy gdy światło pada na powierzchnię wody to następują straty promieniowania i zależy to od kąta padania światła: od 0 do 60 stopni straty są stosunkowo niewielkie, ale jeżeli kąt padania jest 70-90 stopni, to straty są nawet do 100%. O świcie i o zmierzchu w głębi wody panuje całkowita ciemność.

Na głębokość 1m dociera połowa tego światła, które dostało się do zbiornika, na głębokość 2m 40% a do 10m około 30%. Ale ilość ta zależy od trofii jeziora (zakwity, związki organiczne itp.). Może się okazać, że na głębokość 1m dociera 1% światła.

Światło najgłębiej przenika przez otwarte morza i oceany, i oligotroficzne wody jezior.

Różne długości światła białego są różnie pochłaniane i rozpraszane w wodzie, czerwone światło jest absorbowane przez wodę silniej niż niebieskie, dlatego czerwone, podczerwone i ultrafioletowe promienie docierają najpłycej, a najgłębiej dociera promieniowanie zielone i niebieskie.

Głony i sinice preferują wody powierzchniowe. Większość bakterii lepiej rośnie w ciemności – promieniowanie słoneczne na wiele z nich działa szkodliwie. Bakterie fotosyntetyzujące występują poniżej zasięgu występowania fitoplanktonu.

Widzialna część widma światła słonecznego działa na mikroorganizmy stosunkowo słabo. Promieniowanie UV (niejonizujące) A (315-400), B (280-315) i C (powyżej 280) działa szkodliwie, 230-270 ma najsilniejsze bakteriobójcze działanie. Jest najsilniej absorbowane przez kwasy nukleinowe i białka, działanie mutagenne. Drugi mechanizm to powstawanie szkodliwych nadtlenków – pośrednie.

90% wszystkich zmian w komórce wywołanych przez UV to dimeryzacja pirymidyn (T-T, C-C). Mogą również powstawać wiązania poprzeczne między łańcuchami, to uniemożliwia replikację itd.

Bakterie odporne na działanie tego typu promieniowania (gamma, X i UV), to np. *Deinococcus radiodurans*, który ginie dopiero przy dawkach tysiące razy większych niż dla człowieka.

Promieniowanie jonizujące – czyli to jest promieniowanie X czyli rentgen, alfa, beta kappa itd. działanie polega na tym, że wokół toru gdzie przebiegło promieniowanie powstają jony obciążone ładunkiem dodatnim bądź ujemnym – następuje jonizacja związków organicznych. Działa to mutagenie, np. pęknięcie nici DNA. Najsilniej działają promienie alfa – na drodze 1 mikrometra powstaje 10 000 par jonów, a promienie gamma – tylko 8 par jonów powstaje, ale większa jest siła przenikania.

Uszkodzenia UV mogą być naprawiane

- fotoreaktywacja – pod wpływem światła widzialnego (enzym działa w długości fali 320-370 nm) następuje fotoliza dimerów, a więc światło też może mieć udział w naprawie tego typu uszkodzeń.
- fotoreaktywacja ciemna – działają endo i egzonukleazy bez udziału światła,
- reaktywacja rekombinacyjna: podczas syntezy nowej nici DNA w miejscach dimerów powstają przerwy. Dalsze etapy to crossing over, usunięcie przerw.

Woda

Bakterie nie rozwijają się przy wilgotności środowiska niższej niż 30% zawartości wody, a wzrost grzybów ustaje przy poniżej 15% (konserwowanie żywności).

Najodporniejsze są laseczki, w formie przetrwalników mogą przetrwać lata, np. *Bacillus anthracis* – laseczki wąglika mogą kiełkować po 40 latach.

Liofilizacja – zapewnianie trwałości substancjom, przez działanie niskiej temperatury i odwodnienia.

Dostępność wody jest wyrażana w postaci tzw. aktywności wody. Aktywność wody jest oznaczana jako A_w . Jest to iloraz ciśnienia pary w równowadze z roztworem albo ciśnienia pary w równowadze z wodą, a łatwiej – jest to iloraz N_2 - liczba moli substancji rozpuszczalnika, a w mianowniku suma N_1+N_2 , a N_1 to liczba moli substancji rozpuszczonej.

Wartość A_w wody destylowanej = 1; wody morskiej = 0,98; słonych jezior = 0,75. Większość mikroorganizmów wymaga A_w powyżej 0,96. niektóre mogą żyć przy $A_w = 0,6$, ale wiele ginie przy zbyt małej aktywności wody.

Problem dostępu wody największy jest w glebach, środowiskach stałych – optimum to przynajmniej 60% nasycenia. Niedobór cierpią też endofity – porosty polarne, pustynne, obszarów wulkanicznych, etc.

Jedno z przystosowań najczęściej występujących ułatwiających przetrwanie przy niskiej wilgotności jest zatrzymywanie wody w komórkach. Jest to możliwe dzięki obecności związków kompatybilnych – bardzo różne, cukry, alkohole, aminokwasy, jony potasu, etc.

Roztwory kompatybilne kumulowane w komórkach		
organizm	kompatybilne roztwory	minimalne A_w
Bakterie niefotosyntetyczne	Betaina, prolina, kw. glutaminowy	0,97-0,90
sinice słodkowodne	Sacharoza, trechaloza	0,98
Sinice morskie	Glukozyloglicerol	0,92
Głony morskie	Mannitol, prolina	0,92
Sinice słonych jezior	Betaina glicyny, ectoina, trechaloza	0,90 – 0,75
Halofilne bakterie fototroficzne	Ectoina, pochodne proliny	0,90 – 0,75
<i>Ectothiorhodospira</i> - bakteria Soda Lakes	KCl	0,75
Ekstremalne Archea	Glicerol	0,75
<i>Dunaliella</i> (glon halofilny)	Glicerol	0,83 – 0,62
Kserofilne grzyby nitkowate	Glicerol	0,72 – 0,61

[Tabela – wartości A_w wymagane przez różne mikroorganizmy]

A_w	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,</i>

0,6	<i>Xeromyces bisporus</i> (w suszonych śliwkach)
-----	--

Halofilne bakterie – wykazują zapotrzebowanie na chlorek sodu, bo obecność jonów Na⁺ jest im potrzebna do stabilizacji błony cytoplazmatycznej, do aktywacji licznych enzymów. Przykładem jest *Halobacterium*, *Halomonas rhodospirillum*, etc.

W środowiskach o obniżonej aktywności wodnej rozwijają się tzw. drożdże osmofilne, które rosną przy stężeniu glukozy nawet 60% i Aw = 0,6.

Są też drożdże osmotolerancyjne – stężenie glukozy do ok 50%. dzielimy je na dwie grupy:

- tolerujące duże stężenie sacharydów (40-70%) izolowane z miodu, suszonych owoców, etc. np. *Zygosaccharomyces*, *Toluspora*, *Schizosaccharomyces*.
- Tolerujące duże stężenia soli nieorganicznych – do 20%, występują (powodują psucie) w marynatach, kiszonych ogórkach, solankach, solonej żywności, np. *Debaromyces*, *Zygosaccharomyces rouxi*.

Woda dyfunduje z obszarów o wysokiej aktywności do obszarów o niskiej aktywności (czyli z niskiego stężenia do wysokiego stężenia roztworu – dyfuzja) w procesie osmozy.

Aw spada gdy stężenie związku rozpuszczonego rośnie.

Dla większości mikroorganizmów stężenie substancji wewnątrz komórki jest nieco większe niż na zewnątrz, dlatego woda może wchodzić do komórki aż do stanu równowagi.

W środowiskach hipotonicznych zachodzi plazmoptzyza – pęknięcie komórki (ciśnienie osmotyczne na zewnątrz jest niższe niż w komórce).

Zjawisko suszy fizjologicznej – niemożliwość pobierania wody, mimo jej obecności, gdy ciśnienie osmotyczne soku komórkowego jest niższe od ciśnienia zewnętrznego. Powoduje plazmolizę i śmierć komórki.

Plazmoliza zachodzi u bakterii gram-, u gram+ kurczy się cała komórka.

Ciśnienie osmotyczne naturalnych wód słonych określa się na podstawie zawartości w nich NaCl.

Przy zasoleniu 3,5% ciśnienie osmotyczne wynosi 23 atmosfery. Takiego ciśnienia wymagają niektóre morskie organizmy halofilne, np. *Dunaliella salina*.

Wytrzymałość na suszę jest różna, mikroorganizmy dzielimy na osmofile – rosną w środowiskach zawierających duże stężenie soli, cukru, np. wspomniane drożdże osmofilne; i kseroofile – te które żyją w środowiskach suchych – Aw = 0,6. bakterie ciśnieniolubne mające duże zapotrzebowanie na NaCl są zaliczane do organizmów halofilnych.

Woda morska o Aw = 0,98 zawiera 3% NaCl. Mikroorganizmy znajdujące w środowisku morskim mają specyficzne wymagania co do NaCl.

Halofile dzielimy na trzy grupy.

- łagodne halofile, wymagają – 1-6% NaCl
- średnie halofile – 6-15% NaCl
- ekstremalne halofile – 30% NaCl. Jest nim np. *Halobacterium salinarium* (archeon, powoduje psucie się solonych ryb, kawioru). Wytwarzają one barwniki z grupy karotenoidów – chronią przed działaniem światła w płytkich solankach.

Organizmy halotolerancyjne – toleruje obniżoną Aw, ale lepiej rośnie bez NaCl.

Zasolenie to sumaryczne stężenie związków nieorganicznych w środowisku (nie tylko NaCl).

Wysokie zasolenie powoduje wysokie ciśnienie osmotyczne.

Zasolenie wód słodkich wynosi 120mg/l, a wód morskich 35g/l (35promili).

Wody silnie zasolone powodują denaturację białek u organizmów nieodpornych.

Halobacterium – bezwzględne halofile, wymagają wysokich stężeń, optymalnie 20-30%, ulegają lizie gdy NaCl jest mniej niż 20-8%. Tzw. czerwone halofile wytwarzają karotenoidy.