

3.2 Bacterial Viruses in the Oceans

Bob Blasdel, Ph.D

Slide 1: Wirusy bakteryjne w oceanach

Bakteriofagi obecne w oceanach są bez wątpienia najliczniej występującymi tam cząstkami biologicznymi. Na podstawie mikroskopii epifluorescencyjnej szacuje się, że liczba cząsteczek wirusów bakteryjnych w litrze wody morskiej wynosi od 10^9 do 10^{10} , co oznacza, że jest ich od 10 to 100 razy więcej, aniżeli komórek gospodarzy bakteryjnych. Całkowita liczba bakteriofagów wszystkich mórz i oceanów wynosi około 10^{30} , a zatem jest zbliżona do masy słońca, wyrażonej w funtach. Mimo, że przeciętny kapsyd fagowy ma zaledwie 125 nm długości (czyli 1/5 długości fali światła widzialnego), suma długości kapsydów wszystkich fagów w oceanach wynosi około 10 milionów lat świetlnych (długość przekraczająca dystans do następnej galaktyki). Współczesne badania wskazują, że mikroskopijne wirusy bakteryjne, są prawdopodobnie najważniejszymi czynnikami modulującymi ekosystemy oceaniczne, ponieważ odpowiedzialnych za 10 - 30% wskaźnik śmiertelności komórek bakteryjnych, który wzrasta nawet do 72%, jeśli wziąć pod uwagę wszystkie środowiska wodne.

Slide 2: Wpływ bakteriofagów na obieg materii

Sumarycznie, wszystkie przypadki lizy komórek bakteryjnych wiążą się z uwolnieniem ogromnych ilości organicznego węgla i innych składników odżywczych do środowiska w postaci rozpuszczonej i cząsteczkowej materii organicznej (DOM - Dissolved Organic Matter, POM - Particulate Organic Matter). Uwolnione przez bakteriofagi substancje organiczne mogą zostać skonsumowane przez organizmy heterotroficzne, wyspecjalizowane w pobieraniu prostych związków i w ten sposób ponownie wejść do łańcucha pokarmowego. Poza tym, uwolnione związki węgla mogą w postaci strąków opadać na dno mórz i oceanów, powodując zjawisko tzw. „morskiego śniegu”, który odpowiada za długoterminowe gromadzenie węgla organicznego w osadach.

Slide 3: Wpływ bakteriofagów na klimat

Mimo, że bezpośrednia działalność bakteriofagów napędza cyrkulację materii organicznej w oceanach (zarówno w kontekście materii rozpuszczalnej, jak i nierozpuszczalnej), okazuje się, że fagi wpływają na obieg węgla również w inny sposób – poprzez regulację asymilacji tego pierwiastka przez bakterie autotroficzne i sinice. Potwierdzają to obserwacje grup badawczych Scanlan i Millard z Uniwersytetu w Warwick. Badacze ci dowiedli, że zakażone fagami populacje sinic asymilują 4,8 razy (lub 2,3 razy - zależnie od źródła) mniej nieorganicznego węgla, niż populacje niezakażone. Co prawda, zakażone fagami komórki prowadzą fotosyntezę intensywniej, ale energia wytworzona w ten sposób zostaje spożytkowana na tworzenie nowych wirionów, a nie wiązanie węgla w cukrach. Ustalono, że globalnie aktywność fagów zapobiega asymilacji od 0,2 do 5,5 gigaton węgla rocznie (czyli około 10% całkowitej, oceanicznej produkcji biomasy).

Slide 4: Model „kill the winner” (KtW)

Znaczna presja selekcyjna spowodowana aktywnością lityczną fagów stanowi podstawę modelu ewolucyjnego „kill the winner”, który może posłużyć do wytłumaczenia, dlaczego molekularna różnorodność w oceanach jest tak ogromna, mimo, że presja środowiskowa powinna promować dominację gatunków najlepiej przystosowanych. Co zatem zapobiega globalnej dominacji bakterii o największym potencjale adaptacyjnym? Zgodnie z hipotezą „kill the winner”, homogenne klonalnie populacje bakteryjne, występujące lokalnie w dużym zagęszczeniu, stają się bardziej wrażliwe na infekcję fagową, która prowadzi do gwałtownego namnożenia się wirusów kosztem komórek gospodarzy. W takich przypadkach bakteriofagi swój sukces reprodukcyjny zawdzięczają właśnie lokalnej dominacji wrażliwych komórek bakteryjnych. Istnieją więc jasne dowody potwierdzające słuszność hipotezy „kill the winner” w kontekście relacji fag-żywiciel tłumaczące, dlaczego nie dochodzi do globalnego „zakwitu” niektórych bakterii lub sinic. Niemniej jednak istnieją również doniesienia o masowych zakwitach niektórych bakterii lub sinic w obecności bakteriofagów, które mogłyby powstrzymać to zjawisko. Ta niekonsekwencja natury ukazuje nauce potrzebę głębszego zbadania interakcji pomiędzy bakteriami i fagami, zarówno na poziomie molekularnym, jak i ekologicznym. Dopiero wtedy możliwe będzie zrozumienie mechanizmów odpowiedzialnych za powstawanie niebezpiecznych dla środowiska i niekorzystnych ekonomicznie zakwitów bakterii i sinic w jeziorach, morzach i oceanach.

Slide 5: Zastosowanie wirusów morskich

Bakteriofagi izolowane z mórz i oceanów są specyficzne względem występujących w tym środowisku bakterii, które zwykle nie wywołują chorób u zwierząt i ludzi. Niemniej jednak morskie fagi mogą znaleźć zastosowanie w terapii organizmów morskich. W 2012 roku, przeprowadzono masową fagoterapię koralowców dziesiątkowanych przez tzw. „białą plagę”. Operacja ratowania koralowców objęła Zatokę Akaba (Morze Czerwone) oraz Wielką Rafę Koralową u wybrzeży Australii. Według Atad i wsp. (2012), zastosowanie faga BA3 może zahamować postępujące zakażenie koralu z gatunku *Favia fava* z 61% do zaledwie 5%. Sytuacja koralowców stanowi obecnie bardzo poważny problem i wiele grup badawczych poszukuje rozwiązań pozwalających na ograniczenie degradacji rafy koralowej. W artykule Cohen i wsp. (2013) opisano nowo wyizolowanego faga specyficznego względem *Vibrio coralliilyticus*, patogenu, powodującego liżę koralowców i utratę symbiotycznych dla niego alg. Pierwsze laboratoryjne próby wykorzystania nowego faga w terapii koralowców są obiecujące.