

Sinice - *Cyanophyta/cyanobacteria*, (stara nazwa/nowa nazwa) pojawiły się na świecie jako pierwsze autotrofy. Są bakteriami, mają typową dla gram- ścianę komórkową. Przystosowały się do wszystkich środowisk, również ekstremalnych, bardzo kosmopolityczne, czasami w symbiozie, są składnikiem fitoplanktonu w wodach słodkich i słonych. Stają się problemem gdy tworzą zakwity, chociaż tworzy je tylko niewielka część sinic.

Ściana komórkowa z peptydoglikanu z dodatkową zewnętrzną ścianą lipopolisacharydową i otoczką śluzową (pozwala np. na tworzenie nici). Umożliwia im ona życie w tych ekstremalnych środowiskach. Z błony wystają mezosomy, odpowiedniki mitochondriów u euukariota.

Tylakoidy – odróżniają sinice od pozostałych bakterii. Są te wewnętrzne błony komórkowe z chlorofilem, barwnikami dodatkowymi i kompleksami zawierającymi fikobilisomy – kompleksy białkowo lipidowe, leżą na membranie tylakoidu, łączą się z fotosystemem II. Składają się z allocyjany, fikocyjaniny (geny fikocyjaniny są markerami sinic) i (czasem) fikoerytryny. Zwiększają one spektrum światła z którego mogą korzystać sinice. Pochłaniają światło żółte, zielone, pomarańczowe, czerwone. Niektóre sinice adaptują się chromatycznie, dostosowując się do tego która długość światła przeważa, wytwarzają odpowiednie barwniki (zmieniają ich proporcje, liczbę).

Bardzo sprawnie magazynują materiał zapasowy w postaci fosforu, skrobi sinicowej i kropli lipidów. Zawierają też cyjanoficynę – arginina+asparagina, to źródło azotu dla komórek, zapas na przerwy w azocie w środowisku. Również z fikocyjaniny mogą pozyskiwać azot, wtedy powoli blakną.

Wakuole gazowe (aerotopy) – z pojedynczej błony, mogą wypełniać znaczną część komórki, regulują pływalność. Mają do 10% białek komórkowych, ich liczba jest regulowana przez fotosyntezę. Gdy regulacja aerotopów się zaburza, następuje zakwit (kiedy nie mogą się zanurzyć).

Karboksosomy – zawierają karboksylazę rubisco (włącza CO₂), pozwalają na zwiększenie stężenia CO₂ w komórce i wykorzystania go do fotosyntezy. Po części uniezależnia to sinice od niskiego stężenia CO₂ w wodzie.

Heterocysty (lub heterocyty) – spore komórki pojawiające się niciach (u sinic nitkowatych), powstają przy niedoborze N w wodzie, a dokładniej przy spadku stężenia amoniaku. Zawierają enzym nitrogenazę wiążącą azot, wrażliwą na tlen (stąd gruba ściana heterocyst). Mają też uwsteczniony fotosystem II, żeby nie produkował się tlen.

Akinety – stanowią formę przetrwalną, mają grube ściany, są duże, zawierają dużo tłuszczu, i innych materiałów zapasowych, wykształcają się pod koniec sezonu wegetacyjnego lub w trudnych warunkach (przede wszystkim spadek temperatury, często pojawiają się jakiś czas po heterocytach). Kształt i położenie akinet jest cechą pomagającą w identyfikacji gatunków.

Organizacja komórek cyjanobakterii: jednokomórkowe, kokkalne, wielokomórkowe, nitkowane tworzące lub nietworzące heterocytów. Są też różne sposoby organizacji nici – prosty trychon gdzie komórki stykają się ścianami poprzecznymi, leżące w pochwie śluzowej. Mogą być trychomy pozornie rozgałęzione – filenty zginają się przy komórkach martwych lub wyspecjalizowanych (np. akinet). Prawdziwe rozgałęzienia powstają gdy komórki zaczynają się dzielić w płaszczyźnie prostopadłej.

Rozmnażanie. Bezpłciowe, podział prosty, występuje u małych form jednokomórkowych. Endospory dzielą się wielokrotnie, wewnątrz ściany komórkowej dzieli się wielokrotnie, powsta wiele małych komórek, ściana pęka i beocyty uwalniają się. Egzospory – podział komórki następuje sukcesywnie – komórka jakby otwiera się, i na końcu nici zaczyna się dzielić, odpada i potem znów. Cały czas pojedyncze komórki są uwalniane do środowiska. Inny sposób to hormogonia – odrywają się całe fragmenty nici, w środku powstaje gruba warstwa śluzowa która rozdziela nić. Wreszcie akinety – opadają one na dno, i potem w sprzyjających warunkach rozwijają się z nich nici.

Wielkość komórek – duża rozpiętość wielkości komórek i kolonii. Niektóre widać gołym okiem

(mesoplankton, np. *Nostoc*, *Aphanizomenon*, *Gleotrichia*).

Systematyka – klasyczne podejście botaniczne.

5 grup na podstawie szeroko pojętych cech morfologicznych:

- jednokomórkowe i tworzące kolonie (pałeczkowate lub kokkalne) – *Microcystis*, *Synechococcus*;
- pleurokapsalne – jednokomórkowe, tworzące kolonie, tworzące endospory – *Dermocapsa*;
- nitkowate bez heterocytów – jak *Spirulina*, *Oscillatoria*;
- nitkowate tworzące heterocyty – jak *Anabaena*, *Nostoc*;
- nitkowate z heterocytami tworzące prawdziwe rozgałęzienia – jak *Scytonema*, *Fisherella*,

Systematyka na podstawie analizy 16sRNA: formy heterocytowe i bezheterocytowe są osobno. Okazuje się, że formy wielokomórkowe i jednokomórkowe potrafią być blisko siebie w pokrewieństwie, wielokomórkowe wcale nie są formami późniejszymi a nawet czasami wcześniejszymi niż jednokomórkowe.

Pikocyjanobakterie – grupa przez długi czas pomijana w badaniach, bo są bardzo małe, 2-0,2 mikrometra. Jednokomórkowe, fotosyntetyzujące, wolnożyjące, nie tworzące zakwitów, razem z piko-eukariota tworzą autotroficzny pikoplankton. Np. *Synechococcus* (ok.1 mikrom.), *Prochlorococcus* (0,6-0,7 mikrom.) - ma zmodyfikowane chlorofile a i b, (jest wyjątkiem wśród sinic, bo ma chlorofil b), ma szczątkowe fikobiliny, występuje w ubogich obszarach oceanów. Przeważają w wodach słodkich (?).

Konsekwencje małych rozmiarów komórek: sporo zalet – wielkość ciała determinuje ekologiczne i fizjologiczne właściwości organizmu - odżywianie się zależy od powierzchni organizmu, powierzchnia rośnie z kwadratem a biomasa (objętość) z sześcianiem, a więc mały organizm ma stosunkowo większą powierzchnię, ma cieńszą warstwę „nieruchomej wody” wokół komórki utrudniającej dyfuzję. Mniejsze komórki wymagają mniej biogenów do wzrostu, mogą więc żyć w niższych koncentracjach biogenów, mniejszy wydatek energetyczny na pokrycie zapotrzebowania na CO₂, małe komórki powinny mieć wyższe specyficzne tempo wzrostu przy małej intensywności światła, mniejsza śmiertelność spowodowana opadaniem (bo opadają znacznie wolniej). Wadą jest to, że związki biogenne wyciekają przez powierzchnię, a napływają związki niechciane, zgodnie z gradientem osmotycznym – koszty przeciwdziałania.

Stromatolity i maty sinicowe. Stromatolity – skały węglanowe efekt żucia sinic, jedne z najstarszych śladów życia, (3,4-3,5 mld lat), występowały od Archaiku przez Proterozoik, kiedyś były bardzo liczne, do dziś.

Maty mikrobiologiczne – wielowarstwowe złożone z bakterii, sinic, archea, zwykle na granicy fazy stałej i mokrej, gorące źródła.

Sinice często żyją w symbiozie, np. z Protozoa, gąbkami, sagowcami, porostami – zwykle w symbiozie są formy zawierające heterocyty, bo wtedy symbiont czerpie od nich azot. Stosowane są często na ubogich w N polach ryżowych.

Fitoplankton w tym sinice, są doskonałym wskaźnikiem statusu troficznego środowiska.

Sezonowe zmiany fitoplanktonu – jezioro mezotroficzne: pierwszy szczyt to okrzemki, potem zielenice, kryptofity, bruzdnice i desmidie, i znowu okrzemki. W jeziorach eutroficznych sinice stanowią bardzo dużą część fitoplanktonu przez sporą część sezonu.

Dlaczego dominują w fitoplanktonie? Ich konkurencyjne cechy to obecność barwników dodatkowych – lepsza wydajność fotosyntezy), niski stosunek N:P (małe wymagania co do N), odporność na złe warunki tlenowe i wysokie pH, mają wewnętrzne rezerwuary N i P, obecność wakuol gazowych (mogą przemieszczać się w słupie wody na optymalną wysokość), możliwość rozwoju w wodach o małej przejrzystości, odporność na wyjadanie (duże sinice zatykają aparaty filtracyjne dafni), wytwarzanie toksyn (np. *Anabaena*, *Aphanizomenon* i *Microcystis*).

Co to jest zakwit?

Gdy liczba komórek przekracza 10^6 na litr, a biomasa około 5 mg świeżej masy na litr. Może być jedno lub kilkunastu, tworzą go bruzdnice, zielenice, sinice i okrzemki. Zakwit sinicowy – woda zwykle niebieskozielona, zwykle późnym latem, przy dostępie biogenów i temperaturze 20-30st. C, może powstać w 2 dni, trwa około 5-7 dni, lub dłużej. Mogą być toksyczne.

Co sprzyja zakwitom? Wzrost stężenia zw. mineralnych (eutrofizacja), niski stosunek N:P, słabe mieszanie wód, silne nasłonecznienie i wysoka temp. wody (niektóre mają optymalne tempo wzrostu przy temperaturze wody 25 st. C), bezwietrzna pogoda przez kilka dni.

Skutki zakwitów: biologiczne i ekonomiczne: spadek różnorodności gatunkowej fitoplanktonu i innych organizmów, zmniejszenie przezroczystości wody, wysoka wartość produkcji pierwotnej i respiracji, śnięcie ryb (strefy beztlenowe przy dnie), gromadzenie toksycznego siarkowodoru przy dnie, występowanie związków powodujących odory, toksyny. Pogarszają się walory rekreacyjne wód (straty dla turystyki), są straty w rybołówstwie, zachorowania bydła i innych zwierząt oraz ludzi.

Coraz więcej jest toksycznych zakwitów w jeziorach w których ich wcześniej nie notowano, nasila się problem eutrofizacji, wszystkie sinice są potencjalnie toksyczne. Nie ma liniowej zależności między biomasą sinic a stężeniem toksyn (niekoniecznie dużo chlorofilu, czyli sinic, oznacza dużo toksyn) co bywa mylące

Toksyny, metabolity wtórne sinic, nie decydują o ich przeżywaniu, są uwalniane w trakcie lizy komórkowej i starzenia się komórek: hepatotoksyny, neurotoksyny, dermatotoksyny, cytotoxyny (powodują nowotwory), lipopolisacharydy (alergie i choroby układu oddechowego). Niektóre znacznie bardziej toksyczne od cyjanków.

Regulacje prawne: np. WHO wprowadziło dopuszczalne stężenie mikrocytyny w wodzie pitnej – do 1 mikrograma na litr. Ustalono wartości krytyczne występowania mikrocytyn w wodach, jednak zaprzestano takich badań, bo mikrocytyna to tylko jedna z toksyn więc ustalanie tylko jej stężenia nie jest do końca sensowne. Stąd system alarmów dla zbiorników służących celom rekreacyjnym na podstawie stężenia chlorofilu *a* i liczebności komórek sinic. Np. 100 000 komórek na cm^3 , zamykanie kąpielisk.