

Sprawozdanie z udziału w pracach badawczych polowych i laboratoryjnych przeprowadzonych w dniach 12.01.2015 – 06.02.2015 w ramach projektu “Wake up algae – what triggers the induction of diatom blooms from resting stages?”

Badania przeprowadzono w dniach 12.01.2015 – 06.02.2015 w laboratorium morskim w Ny-Ålesund (Spitsbergen, Norwegia). Za realizację projektu odpowiedzialne są: Eva Leu (Akwaplan Niva-Norwegia), Clara Hoppe (AWI-Niemcy), Zofia Smoła (IO PAN CSP KNOW-Polska) oraz Ida Bernhardsson (Uniwersytet Uppsala-Szwecja).

Głównym zadaniem projektu było zbadanie czy i w jakim stopniu autotroficzne Protista zdeponowane od jesieni do wiosny w osadzie morskim są zdolne do wznowienia aktywności metabolicznej z nastaniem faz jasných w Arktyce.

1. Kontekst projektu

Produkcja pierwotna w rejonach Arktycznych silnie różni się w zależności od sezonu – po krótkim okresie intensywnej wiosennej i letniej produkcji następuje długi okres obniżonego metabolizmu i stadiów spoczynkowych (np.: spory) w trakcie nocy polarnej (Reeves et al, 2011). Okres nocy polarnej stanowi niezwykle wyzwanie dla przeżycia organizmów fotoautotroficznych. Niektóre grupy mikroglonów (okrzemki, bruzdnice) wytwarzają stadia spoczynkowe aby przetrwać okres niekorzystnych warunków. Zdolność przetrwania w ciemności niektórych gatunków fitoplanktonowych jest niezwykle wydajna: maksymalny czas przeżycia dla niektórych okrzemek trwał nawet 96 miesięcy, natomiast dla niektórych gatunków bruzdnic aż 112 miesięcy (Reeves et al. 2011). Szeroko przyjęta hipoteza głosi, że organizmy fotosyntetyzujące przeżywają zimę poprzez korzystną dla nich wtenczas „degradację” aparatów fotosyntetycznych. Oprócz tego zaczynają uruchamiać inne mechanizmy przeżyciowe (np.: zapadanie komórek w stan spoczynkowy poprzez skrajne obniżenie metabolizmu oraz tworzenie cyst przetrwalnych, korzystanie ze zmagazynowanego materiału zapasowego (Reeves et al. 2011). Jednakże stan fizjologiczny naturalnych zespołów organizmów fitoplanktonowych w trakcie nocy polarnej nadal pozostaje niezbadany.

Okrzemki są najistotniejszą grupą mikroglonów tworzącą zakwit wiosenny w Arktyce. W lodzie morskim i wodzie stanowią najczęściej od 70 do ponad 90% całkowitej biomasy mikroglonów. Stąd, niezwykle ważne jest zrozumienie mechanizmów indukowania ich aktywnego wzrostu w czasie wiosny. Wobec dramatycznego spadku zasięgu występowania lodu morskiego będącego następstwem zmian klimatycznych, równie istotne jest zdefiniowanie, co może stanowić najwcześniejszy możliwy impuls do zapoczątkowania zakwitu glonów na wysokich szerokościach geograficznych, jako że czas tych zakwitów ma wielki wpływ na strukturę sieci troficznej i przepływ węgla w ekosystemie morskim.

Przyjmuje się, że pierwotniaki autotroficzne są zdolne do rozpoczęcia procesów fotosyntezy w obecności promieniowania fotosyntetycznie czynnego (PAR) równego $10 \mu\text{mol fotonów m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ (Reeves et al, 2011). Dostępna literatura, głównie dotycząca organizmów niezaadaptowanych do wzrostu w bardzo niskich natężeniach światła, wskazuje trzy główne ograniczenia (rekombinacja ładunku w fotosystemie II, „przeciek” i „poślizg” protonów (H^+), obracanie się białek) mogące indywidualnie limitować wzrost fotolitotrofów nawet w świetle o natężeniu $20 \mu\text{mol fotonów m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ i większym (Reeves et al, 2011). Ostatnie doniesienia z wyników badań sugerują jednakże utrzymanie aktywności przez komórki fitoplanktonu w znacznie mniejszych poziomach napromieniowania ($< 1 \mu\text{mol fotonów m}^{-2} \text{ s}^{-2}$, Eilertsen & Degerlund 2010, Leu & Hoppe, unpublished data). Istnieje kilka głównych grup producentów pierwotnych w ekosystemach wysokich szerokości geograficznych: glony morskie związane z lodem morskim, fitoplankton oraz mikro i makroglony. W ciągu zimy na Svalbardzie i północnej Norwegii, mikroglony można znaleźć w lodzie morskim (w warstwie spodniej o miąższości 0-10 cm: okrzemki pierzaste (Pennales), niezidentyfikowane bruzdnice, spory przetrwalne okrzemek), w wodzie morskiej (0-60 m: *Polarella glacialis* nagie bruzdnice, niezidentyfikowane wiciowce) a także na powierzchni osadu: (okrzemki zarówno z grupy Pennales i Centrales, Brown et al., 2013, Wiedman, 2010). W płytkich fiordach w rejonach szelfów, osad może stanowić szczególnie ważne siedlisko zimowania tych organizmów (Wiedman, 2010). Zakres w jakim jest to ważne dla fiordu Kongsfjorden – polarnego systemu będącego pod silnym wpływem Atlantyckich Mas Wodnych (np.: niewielki wpływ lodu morskiego), jest obecnie nieznan.

Badania nad indukcją zakwitów dotyczyły głównie relatywnej istotności długości dnia w odniesieniu do krytycznego natężenia światła dla rozwoju spor i uśpionych form wegetatywnych inicjacji wzrostu mikroglonów. W tym kontekście, poszukujemy odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy istnieją formy spoczynkowe tych organizmów zimujące w osadzie?
2. Jakie natężenie światła wyzwała zakwit okrzemek? Jakie gatunki inicjują zakwit?
3. Jaka długość dnia jest konieczna do zainicjowania zakwit?

2. Integracja projektu „Wake up” w ramach projektu „Marine Night”

Życie w trakcie nocy polarnej wciąż nasuwa wiele pytań, jednak nowe odkrycia czynione co roku dają dowód znacznie większej aktywności biologicznej w tym okresie niż wcześniej przypuszczano (e.g. Berge et al. w druku., Berge i in. 2009, Brown i in. 2013). Mimo, że mikroglony w trakcie zimy, w kolumnie wody, są obecne jedynie w bardzo niskiej liczebności, są potencjalnym *inoculum* dla wiosennego zakwit, który to z kolei nową produkcją biomasy wspiera cały ekosystem.

Celem projektu „Marine Night” jest pełne zrozumienie różnorodności biologicznej i struktury sieci troficznej Arktyki w trakcie nocy polarnej, ze szczególnym naciskiem na interakcje troficzne, procesy związane z strategiami życiowymi oraz reprodukcją. Projekt podzielono na trzy części składowe. Część pierwsza skupia się na zooplanktonie i procesach dobowych, część 2 jest poświęcona bioróżnorodności i strukturze zbiorowisk w zespołach organizmów bentosowych, natomiast na część 3 składają się studia przypadków ilustrujące potencjalny wpływ zmian klimatu na kluczowe elementy w ekosystemie – w odniesieniu do ich stanu i zdolności przetrzymania nocy polarnej. Badania nad mikroglonami zaliczają się do sekcji 3.

3. Praktyczna część projektu „Wake up algae”

Próbki osadu dennego zostały pobrane ze statku R/V Helmer Hansen za pomocą czerpacz typu box-corer w Kongsfjorden na stacji pomiarowej KB3 o współrzędnych (78°58'N, 11°50'E) i głębokości 330m. Większość eksperymentów zostało przeprowadzonych w laboratorium morskim w Ny-Ålesund. Inkubacja mikroglonów morskich w osadzie trwała (22 dni). Hodowle były umieszczone w pokojach-chłodniach w temperaturze 4°C (zbliżonej do wiosennej temperatury wód Kongsfjorden) o różnym fotoperiodzie (D; LD 14/10 i 10/14) a także w różnych natężeniach światła (0,3; 10; 50 μmol fotonów $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$). W trakcie kolejnych dni inkubacji mierzono biomasę mikroglonów wyrażoną jako stężenie Chl *a* w dm^3 , cząsteczkowy węgiel i azot organiczny (POC/N). Analizowano również skład gatunkowy (analiza taksonomiczna próbek przy użyciu mikroskopu świetlnego), tempo i wielkość produkcję pierwotną netto (NPP, inkubacja z radioaktywnym izotopem węgla C^{14}), wydajność fotosyntetyczną po inkubacji w ciemności oraz relację między natężeniem światła a tempem fotosyntezy (Fast Repetition Rate Fluorometry).

4. Literatura

1. Berge, J., Cottier, F., Darnis, G., Falk-Petersen, S., Gabrielsen, T., Johnsen, G., Last, K., Leu, E., Lønne, O.J., Moline, M., Nahrgang, J., Renaud, P.E., Seuthe, L., Søreide, J., Varpe, Ø., Weslawski, J.M. (accept.) In the dark: paradigms of Arctic ecosystems during Polar night challenged by new understanding. Progress in Oceanography
2. Berge J, Cottier F, Last KS, Varpe Ø, Leu E, Søreide J, Eiane K, Falk-Petersen S, Willis K, Nygård H, Vogedes D, Griffiths C, Johnsen G, Lorentzen D, Brierley AS. (2009) Diel vertical migration of Arctic zooplankton during the polar night. Biology Letters 5(1): 69-72.
3. Brown et al. (2013) A biomarker-based investigation of the mid-winter ecosystem in Rijpfjorden, Svalbard, Polar Biology, DOI 10.1007/s00300-013-1352-2.
4. Eilertsen HC, Degerlund M (2010) Phytoplankton and light during the northern high-latitude winter. Journal of Plankton Research, 32, 899-912.

5. Raven JA, Kübler JE, Beardall J. (2000) Put out the light, and then put out the light. *J. Mar. Biol.Ass. U.K.*, 80:1-25.
6. Smith R.E.H., Anning J, Clement P, Cota G. 1988. Abundance and production of ice algae in Resolute Passage, Canadian Arctic. *Marine Ecology Progress Series* 48: 251-263.
7. Reeves A, McMinn A, Martin A. (2011) The effect of prolonged darkness on the growth, recovery and survival of Antarctic sea ice diatoms. *Polar Biology* 34:1019-1032.
8. Wiedmann, I (2010) Germination potential and spatial distribution of diatom resting stages in North Norwegian fjords. MSc thesis, University of Tromsø, 84 pages.
9. Zhang Q, Gradinger R, Spindler M. 1998. Dark survival of marine microalgae in the high Arctic (Greenland Sea), *Polarforschung* 65(3): 111-116.