

Życie na krawędzi – krok w kierunku rozpoznania adaptacji porostów do ekstremalnych warunków pozaziemskich

Porosty to specyficzne organizmy symbiotyczne zasadniczo składające się z grzyba oraz partnera fotosyntetycznego, którym mogą być autotroficzne glony i/lub cyjanobakterie. W porównaniu z typowymi grzybami, porosty mają wiele osobliwych cech, takich jak bardzo zmienna morfologia/anatomia, specyficzne szlaki metaboliczne i wyjątkowe sposoby rozmnażania. Porosty występują praktycznie w każdym ekosystemie na Ziemi, od biegunów po tropiki, ale tylko w najbardziej ekstremalnych środowiskach, takich jak gorące i suche pustynie, regiony polarne, czy wysokie góry, stają się istotnym elementem ekosystemu. W tych środowiskach porosty są narażone na różne niekorzystne warunki, jak np. ekstremalne temperatury, susza czy też duża intensywność światła. Budowa i fizjologia porostów przyczyniają się do ich sukcesu w kolonizacji środowisk skrajnie nieprzyjaznych życiu. Ze względu na ich zdolności do adaptacji i przetrwania w najbardziej ekstremalnych środowiskach na Ziemi, porosty stały się głównym przedmiotem zainteresowania astrobiologów, którzy spekulowali, czy mogą one przetrwać w środowiskach pozaziemskich, takich jak przestrzeń kosmiczna, czy też powierzchnia Marsa.

Projekt dotyczy kompleksowej analizy funkcjonowania i adaptacji porostów do przetrwania w ekstremalnych warunkach pozaziemskich. Ekstremofile, takie jak porosty, są idealnymi kandydatami do badania atrybutów, które przyczyniają się do osiągnięcia granic życia. Choć prowadzono badania astrobiologiczne w tym aspekcie to większość z nich skupiała się na określeniu żywotności porostów po ekspozycji na warunki kosmiczne lub w obiektach symulacyjnych. Brakuje natomiast wiedzy na temat zmian i adaptacji anatomicznych, fizjologicznych i biochemicznych. Planujemy znaleźć odpowiedzi na kluczowe pytania dotyczące cech porostów, które zapewniają większą odporność na stres. Głównym celem projektu jest identyfikacja reakcji porostów na próżnię, pozaziemskie promieniowanie słoneczne, promieniowanie X, temperaturę i kombinacje tych czynników, aby określić ich adaptacje na różnych poziomach struktury i funkcjonowania plechy: żywotność komórek, morfologia, anatomia, fizjologia i biochemia. Naszym celem jest również ocena zdolności regeneracyjnych wraz z upływem czasu po ekspozycji oraz określenie skuteczności mechanizmów ochronnych poprzez ustalenie wzajemnych relacji między stopniem uszkodzenia, a wyzwaniem reakcji na te uszkodzenia. Ostatni cel dotyczy porównania granic odporności porostów na promieniowanie X i pozaziemskie promieniowanie słoneczne w stanie metabolicznie aktywnym i w wysuszonym stanie anhydrobiozy.

Wychodząc naprzeciw założonym celom projektu utworzono konsorcjum między Uniwersytetem Jagiellońskim i Centrum Badań Kosmicznych. Do projektu zaproszono także w charakterze współbadaczy specjalistów z dziedziny astrofizyki, lichenologii, fizjologii i biochemii roślin oraz metod molekularnych. Wybrano trzy gatunki porostów, tj. *Diploschistes muscorum*, *Cladonia uncialis* i *Cetraria aculeata*. Gatunki te różnią się formą wzrostu, składem metabolitów wtórnych oraz adaptacjami do określonych warunków siedliskowych. Posiadają również różne mechanizmy ochronne przed ekstremalnymi czynnikami występującymi na Ziemi, w tym krystaliczny depozyt na plechach, wtórne metabolity i pigmenty melaniny chroniące przed nadmiernym promieniowaniem UV. Spodziewamy się, że wybrane do badań gatunki porostów posiadają mechanizmy zapewniające im tolerancję na ekstremalne czynniki pozaziemskie; jednak przypuszczamy, że będą się różnić poziomem tolerancji i zdolnością do regeneracji po ekspozycji na stres. Eksperymenty zakładają 4 różne kombinacje warunków w odniesieniu do promieniowania słonecznego, promieniowania X, ciśnienia, temperatury, czasu ekspozycji i stanu aktywności metabolicznej plechy (uwodnione, wysuszone). Urządzenie symulacyjne obejmuje komorę próżniową, która będzie wyposażona w ksenonowe źródło światła o widmie emisyjnym zbliżonym do słońca i lampę rentgenowską oraz płytę chłodząco-grzejącą. Po każdym eksperymencie plechy zostaną pozostawione do odzyskania normalnych warunków metabolicznych. Analizy będą wykonywane w różnych punktach czasowych: przed eksperymentem, 2, 24 i 72 godziny po ekspozycji.

Projekt ma charakter interdyscyplinarny, ponieważ obejmuje badanie reakcji i adaptacji porostów zarówno na poziomie strukturalnym, jak i funkcjonalnym. Nasze wyniki poszerzą obecne rozumienie, w jaki sposób różne cechy porostów zapewniają im odporność. Nowatorski element projektu dotyczy oddziaływania promieni kosmicznych na porosty, gdyż wiedza w tym zakresie jest bardzo ograniczona. Nasze badania mogą również dostarczyć odpowiedzi na pytanie, czy porosty będą w stanie przetrwać w warunkach globalnych zmian na Ziemi, spowodowanych różnymi zjawiskami astrofizycznymi, takimi jak uderzenie asteroidy w Ziemię lub pobliskie rozbłyski gamma/wybuchy supernowej. Wyniki przyczynią się do poszerzenia wiedzy z zakresu astrobiologii oraz ekofizjologii i biochemii porostów. Oceniona zostanie potencjalna użyteczność wybranych porostów w przyszłych badaniach astrobiologicznych. Realizacja projektu może mieć znaczenie nie tylko poznawcze, ale także zwrócić uwagę na zrozumienie, jakie atrybuty przyczyniają się do osiągnięcia granic życia.