

STRESZCZENIE

Liczne analizy obserwowanych i prognozowanych modyfikacji środowiskowych zachodzących w rejonie Antarktyki Zachodniej potwierdziły, iż znaczna część Oceanu Południowego jest i w przyszłości będzie narażona na działanie, co najmniej jednego czynnika zmian klimatycznych. Obecnie obserwowane zjawisko przebudowy morskiego środowiska antarktycznego i jednoczesny wzrost temperatury powietrza, powodują przesunięcia głównych stref frontalnych oraz istniejących siedlisk w kierunku wyższych szerokości południowych, wpływając tym samym na modyfikacje zespołów planktonowych i pelagicznych. Kluczowy gatunek antarktyczny - *Euphausia superba* - zmienia zasięg występowania przesuując się bliżej kontynentu antarktycznego, tworząc tym samym wolne nisze ekologiczne dla organizmów preferujących wyższe temperatury i bardziej plastycznych ekologicznie jak *Salpa thompsoni*.

Salpa thompsoni (Tunicata, Thaliacea), jest przedstawicielem zooplanktonu antarktycznego, zaliczanego do grupy pelagicznych osłoniec charakteryzujących się galaretowatą strukturą ciała i brakiem segmentacji. Salpy uważane są za najbardziej wydajnych filtratorów pelagicznych, gdyż odżywiają się cząsteczkami o szerokim zakresie wielkości i zużywają nawet do 99% produkcji pierwotnej, odgrywając tym samym istotną rolę w funkcjonowaniu ekosystemów morskich. Antarktyczne salpy wyróżniają się na tle innych gatunków, ponieważ na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci pozytywnie reagowały na zmiany środowiskowe w rejonie Antarktyki, zwiększając znacznie swoją liczebność. Zdaje się, że obecne trendy klimatyczne sprzyjają ekspansji i wydajniejszej reprodukcji tych przedstawicieli galaretowatego zooplanktonu, wpływając również na procesy ewolucyjne zachodzące w ich populacji. Zdominowanie ekosystemu polarnego przez organizmy galaretowate, może jednak spowodować liczne perturbacje w antarktycznym łańcuchu troficznym, ponieważ niektóre gatunki mogą włączać salpy do swojej diety, podczas gdy inne będą konsekwentnie wykluczać ten składnik ze względu na zbyt niską i niewystarczającą wartość odżywczą.

Rejestrowanie demografii i dynamiki populacji kluczowych gatunków polarnych ma szczególne znaczenie w dostarczaniu szczegółowych informacji geoprzestrzennych i zrozumieniu rozkładu różnorodności biologicznej, co pozwala tym samym na obserwowanie i definiowanie procesów abiotycznych i biotycznych zachodzących w obszarach Oceanu

Południowego. Dla lepszego zrozumienia modyfikacji środowiska Antarktyki, istotne jest określenie granic występowania kluczowych gatunków, monitorowanie ich preferencji środowiskowych i zdolności adaptacyjnych, a także prognozowanie ich dalszej ekspansji. Stosowanie narzędzi i metod molekularnych ułatwia zdefiniowanie różnorodności genetycznej wśród blisko spokrewnionych osobników, w obrębie jednego zasięgu geograficznego, umożliwiając tym samym wnioskowanie na temat ewolucji wybranej grupy zwierząt.

W związku z powyższym, w celu kompleksowego zbadania populacji *Salpa thompsoni*, prezentowaną rozprawę doktorską podzielono na trzy główne wątki tematyczne o skonkretyzowanej problematyce badawczej uwzględniającej:

1. Analizę długoletniej bazy danych historycznych, zebranych w Atlantyckim Sektorze Oceanu Południowego na przestrzeni ponad dwudziestu lat (1975-2001) w celu zrekonstruowania rozmieszczenia i liczebności populacji *S. thompsoni*. Zasadniczym celem tej części rozprawy doktorskiej była identyfikacja wymagań i ograniczeń środowiskowych gatunku oraz dostarczenie brakującej wiedzy na temat prognozowanej dynamiki populacji antarktycznych salp w perspektywie nadchodzących 50 lat.
2. Zbadanie struktury populacji i zdolności reprodukcyjnej balstozoidów *S. thompsoni* we wschodniej i zachodniej części Atlantyckiego sektora Oceanu Południowego. Celem prowadzonych badań było określenie konkretnych wymagań środowiskowych dla swobodnego rozwoju embrionów *S. thompsoni* i weryfikacja hipotezy zakładającej ograniczenie procesów reprodukcyjnych salp w niekorzystnych warunkach środowiskowych (niska temperatura i zbyt niskie stężenie chlorofilu-*a*), panujących w rejonie wysokich szerokości południowych, co prowadzi do załamania liczebności populacji salp w tym obszarze.
3. Przedstawienie współczesnej struktury molekularnej populacji *S. thompsoni* z różnych rejonów Oceanu Południowego, w celu przetestowania stawianej hipotezy badawczej świadczącej o jednorodności populacji antarktycznych salp w całym badanym obszarze. Celem pracy była także próba zdefiniowania ewentualnych mechanizmów ewolucji leżących u podstaw reakcji badanej populacji na warunki środowiskowe Oceanu Południowego.

Wyniki prezentowanej rozprawy doktorskiej potwierdziły, iż wysoka liczebność osobników *Salpa thompsoni* była związana ze zmniejszającą się powierzchnią lodu morskiego, jak i procesami hydrologicznymi indukowanymi przez zjawisko El Niño,

które rejestrowano w trakcie wcześniejszych 2-3 lat. Zastosowany model statystyczny wskazuje, iż najwyższe prawdopodobieństwo pojawiania się antarktycznych salp może być oczekiwane w obszarach głębokowodnych i wolnych od lodu morskiego, charakteryzujących się wyższą temperaturą wody ok. 1-2°C. Jednak dalsze analizy długoletniej bazy danych udowodniły, iż południowa granica Antarktycznego Prądu Okołobiegunowego (SB) nie stanowi bariery dla występowania tego gatunku, a wysoka frekwencja *S. thompsoni* była obserwowana w rejonie wysokich szerokości południowych, w pobliżu równoleżnika 68°S, gdzie rejestrowano obecność pokrywy lodowej, a temperatura wody osiągała wartości nawet poniżej 0°C. W niniejszej pracy po raz pierwszy wykazano, iż „hot-spoty” *S. thompsoni* notowane były także w płytszych i zimnych wodach szelfowych Półwyspu Antarktycznego, które do tej pory nie były uznawane za odpowiednie siedlisko dla rozwoju rzeczonoj populacji. Zaproponowane po raz pierwszy prognozowanie rozmieszczenia *S. thompsoni* z równoczesnym założeniem wzrostu temperatury wody o 1°C wykazało, iż zasięg antarktycznych salp zwiększy się prawdopodobnie o ponad 500 000 km² w ciągu najbliższych 50 lat.

Wyniki prezentowane w drugim zagadnieniu badawczym wykazały, iż zasięg występowania *Salpa thompsoni* w badanym rejonie był znacznie większy niż zakładano w poprzednich opracowaniach naukowych innych autorów. Aktywnie rozmnażające się blastozoidy rejestrowane były pomiędzy równoleżnikami 35 i 62° S, wliczając oddalony najbardziej na północ obszar Konwergencji Subtropikalnej, jak i rejon zimnych wód szelfowych Antarktyki, zlokalizowany poza południową granicą występowania gatunku. Należy również podkreślić, iż wbrew założonej pierwotnie hipotezie, najliczniejszą i najbardziej zróżnicowaną strukturę populacji *S. thompsoni* notowano w chłodnej i oligotroficznej strefie Antarktycznej, położonej w Cieśninie Drake’a w okolicy równoleżnika 60°S. Wbrew zakładanym hipotezom, aktywnie rozmnażające się blastozoidy złożone z samic oraz samców były licznie rejestrowane niezależnie od niskiego stężenia chlorofilu-*a* oraz wartości temperatury wody. Uzyskane wyniki potwierdzają, że *S. thompsoni* mogła prowadzić efektywne procesy rozrodcze w rejonie wysokich szerokości południowych w sezonie letnim 2010, a ich procesy reprodukcyjne nie były hamowane przez zbyt niską temperaturę wody ani też niskimi stężeniami chlorofilu-*a*.

Wyniki trzeciego zagadnienia badawczego dostarczają nowych i istotnych dowodów wykluczających hipotezę uznającą *Salpa thompsoni* za jednorodną populację panmiktyczną.

Widoczna różnorodność wewnątrzgatunkowa i silna struktura populacji wskazują na występowanie procesów demograficznych lub mutacji genetycznych, które podtrzymują wysokie zróżnicowanie genetyczne omawianego gatunku. Wyższe zróżnicowanie genetyczne *S. thompsoni* może być powodem wyższej elastyczności środowiskowej i skuteczniejszej adaptacji do zmieniających się warunków Oceanu Południowego. Uzyskane wyniki mogą wskazywać, iż badana populacja znajduje się w fazie ekspansji wywołanej pewnymi czynnikami środowiska, co zmusza badany gatunek do odpowiedzi na poziomie molekularnym. Ponadto, odnotowane w prezentowanej rozprawie, pojawienie się nowej grupy filogenetycznej może być dowodem na obecność gatunku kryptycznego wśród badanej populacji *S. thompsoni* lub może wynikać z dynamicznej natury genomu mitochondrialnego i heteroplazmii badanej grupy zwierząt.

Podsumowując, przedłożona rozprawa doktorska ujawnia dotychczas nierozpoznane preferencje siedliskowe *Salpa thompsoni*, jak również dostarcza nowych i wartościowych informacji na temat dynamiki populacji omawianego gatunku, potwierdzając również jego potencjał adaptacyjny spowodowany wysoką plastycznością ekologiczną i molekularną.