

Odpowiedź ekologiczna, fizjologiczna i behawioralna alczyka *Alle alle* na zmienne warunki troficzne i środowiskowe w Arktyce

Dorota Kidawa

Obserwowane w ostatnich dekadach wielkoskalowe zmiany klimatu najszybciej i najsilniej uwidaczniają się w Arktyce. Zbadanie aktualnych i długookresowych konsekwencji tych zmian dla organizmów polarnych na poziomie osobniczym, populacyjnym i ekosystemowym jest jednym z priorytetów badawczych. Do najistotniejszych komponentów ekosystemu należą ptaki morskie, budujące dwuśrodowiskowe łańcuchy pokarmowe związane z morską strefą pelagialu. Najliczniejszym ptakiem morskim Arktyki jest alczyk (*Alle alle*), który żerując w morzu i rozradzając się na lądzie transportuje wielkie ilości materii organicznej z morza na ląd, wzbogacając tym samym ekosystem arktyczny, charakteryzujący się permanentnym deficytem substancji odżywczych. Wokół wielkich kolonii rozrodczych alczyków powstają rozległe obszary tundry ornitogennej, wyróżniające się wysoką różnorodnością zespołów roślinnych i zwierzęcych. Z powyższych względów alczyki uznawane są za gatunek kluczowy dla funkcjonowania ekosystemu arktycznego.

Mimo, że arktyczne ptaki morskie są doskonale przystosowane do ekstremalnych warunków środowiska, ich bilans energetyczny może ulegać zachwianiu, zarówno za sprawą zwiększonych wydatków energetycznych związanych z cyklem życiowym (np. opieka nad potomstwem, pierzenie, opuszczanie kolonii i usamodzielnianie się młodych osobników itp.), a także przez wystąpienie nieprzewidywalnych perturbacji, takich jak niedobory pokarmu, niekorzystne warunki atmosferyczne, zwiększone koszty lotu i spadek efektywności żerowania. Wszystkie z wymienionych czynników mogą wpływać na fizjologię, strategię żerowania, a także sukces lęgowy alczyka. Wymagania energetyczne piskląt i dorosłych alczyków są bardzo wysokie w porównaniu do innych ptaków morskich, wymuszając tym samym ich preferencję do wysokoenergetycznych gatunków zooplanktonu, jak na przykład duży i bogaty w tłuszcze widłonóg *Calanus glacialis*, związany z arktycznymi masami wodnymi. Przewidywane zmiany warunków oceanograficznych w Arktyce, zwiększony napływ atlantyckich mas wodnych pociągnie za sobą zmiany w składzie gatunkowym zooplanktonu, które najprawdopodobniej będą mieć negatywny wpływ na budżet czasowy i energetyczny, częstotliwość karmień potomstwa, sukces lęgowy, a w konsekwencji liczebność populacji oraz zasięg występowania kolonii alczyka. W rezultacie możemy spodziewać się zaniku wielkich obszarów tundry związanej z koloniami alczyków. Może to

prowadzić do fragmentacji siedlisk i znaczącego spadku liczebności i różnorodności gatunkowej zespołów roślinnych i zwierzęcych.

Z powyższych względów, głównym celem mojej pracy było poznanie odpowiedzi ekologicznej, fizjologicznej i behawioralnej alczyka na zwiększone wymagania energetyczne spowodowane wystąpieniem niekorzystnych warunków troficznych i środowiskowych. W pierwszej części mojej pracy zbadalam reakcję fizjologiczną (wydzielanie hormonu stresu, kortykosteronu) ptaków dorosłych i piskląt alczyka w odpowiedzi na niekorzystne warunki pogodowe oraz zwiększone wymagania energetyczne związane z opieką rodzicielską, a u piskląt z intensywnym wzrostem i rozwojem poprzedzającym opuszczenie gniazda [1]. W drugiej i trzeciej części pracy skoncentrowalam się na zmianach behawioru dorosłych alczyków, tj. strategii żerowania i stopnia zaangażowania w opiekę rodzicielską, oraz ich konsekwencji dla wzrostu piskląt i sukcesu lęgowego, w odpowiedzi na zwiększone koszty lotu [2] oraz zmiany w jakości i dostępności pokarmu na żerowiskach [3].

Glikokortykoidy uczestniczą w regulacji homeostazy całego organizmu oraz jego reakcji na stres. Podwyższony poziom kortykosteronu u ptaków uważany jest za wiarygodny wskaźnik obniżonej kondycji bądź złego stanu zdrowia, wywoływany m.in. czynnikami środowiskowymi. Jednak stężenie hormonu we krwi zmienia się znacząco w krótkim czasie w wyniku ekspozycji na stresogenny bodziec, taki jak obecność drapieżnika czy chwytanie osobnika przez eksperymentatora. Dlatego, jako alternatywę do oznaczania kortykosteronu we krwi, zaproponowałam nieinwazyjną metodę mierzenia poziomu metabolitów kortykosteronu wydalanych w odchodach alczyka. Metoda ta pozwala na uzyskanie wysokiej jakości wyników również z tego względu, iż poziom metabolitów kortykosteronu w odchodach reprezentuje skumulowany efekt wydzielania hormonu przez kilka ostatnich godzin, co daje bardziej wiarygodną miarę ilości wydzielanego kortykosteronu. Ze względu na specyficzne dla gatunku różnice w metabolizmie, mikroflorze jelitowej oraz składzie pokarmu konieczne jest opracowanie i walidacja metody specyficznej dla danego gatunku. Aby przeprowadzić walidację metody oznaczania metabolitów kortykosteronu u alczyka przeprowadziłam test stymulacji hormonem adrenokortykotropowym (ACTH) i na tej podstawie ustaliłam najbardziej skuteczny immunoesej do oznaczania poziomu wydalanego hormonu oraz czas, w jakim wzrost poziomu kortykosteronu we krwi będzie widoczny w wydalanych odchodach dla obu płci i dwóch grup wiekowych alczyka. Dotychczas metody oznaczania wydalanych metabolitów glukokortykoidów opisane zostały jedynie dla niewielkiej grupy ptaków. Opracowanie i zastosowanie tej metody u alczyka, gatunku uznawanego za kluczowy dla funkcjonowania ekosystemu i jednocześnie bardzo wrażliwego

na współcześnie obserwowane zmiany klimatyczne i oceanograficzne w Arktyce, przedstawiłam po raz pierwszy w literaturze przedmiotu [1].

Ponadto wykazałam, że złe warunki pogodowe odnotowane w okresie wychowu piskląt nie wywołały zwiększonego wydzielania kortykosteronu u dorosłych alczyków. Utrzymywał się on na stabilnym poziomie także w ciągu kolejnych tygodni okresu piskłęcego. Niemniej jednak, zaobserwowałam istotne różnice w poziomie metabolitów kortykosteronu u dorosłych alczyków z dwóch badanych kolonii rozrodczych charakteryzujących się różną lokalizacją żerowisk, co najprawdopodobniej odzwierciedla odmienne koszty zdobywania pokarmu przez ptaki. U piskląt, w odróżnieniu od osobników dorosłych, nasilenie opadów atmosferycznych powodowało istotny wzrost poziomu metabolitów kortykosteronu. Wynika to prawdopodobnie z nadmiernych strat ciepła w wyniku gromadzenia się wody opadowej w gnieździe oraz wysokich kosztów termoregulacji na etapie intensywnego rozwoju piór. Pisklęta z podwyższonym poziomem metabolitów kortykosteronu miały również niższą masę ciała i później opuszczały gniazdo w stosunku do piskląt z niższym poziomem tego hormonu. Wzrost stężenia kortykosteronu wraz z wiekiem piskląt, a także korelacja poziomu kortykosteronu z masą ciała i terminem opuszczenia gniazda może sugerować, że hormon ten jest dobrym wskaźnikiem kondycji organizmu i odgrywa ważną rolę w procesie przechodzenia z etapu gniazdowego do opuszczenia kolonii i usamodzielnienia się piskląt [1].

Teoria historii życia zakłada, że rozdział zasobów przeznaczanych na potrzeby własne i potomstwa powinien być regulowany tak by zapewnić maksymalny sukces reprodukcyjny osobnika w ciągu jego całego życia. W sytuacji ograniczonej dostępności pokarmu może zaistnieć potrzeba kompromisu między tym ile rodzic powinien zainwestować we własne utrzymanie a opiekę nad potomstwem. Warunki charakteryzujące się dużą zmiennością morskich zasobów pokarmowych w czasie i przestrzeni powinny sprzyjać dużym możliwościom adaptacyjnym w strategii żerowania oraz zakresie inwestycji rodzicielskich. W rzeczy samej, niektóre gatunki ptaków dostosowują swój behavior i budżet czasowy do ograniczonych zasobów pokarmowych. Jednakże, gatunki o wyspecjalizowanych zwyczajach pokarmowych, dla których zdobywanie pokarmu stanowi duży wysiłek energetyczny, wykazują mniejszą elastyczność i są bardziej narażone na zmniejszenie sukcesu lęgowego. W przedstawionej w pracy hipotezie założyłam, że gdy w danych warunkach koszty zdobywania pokarmu i opieki rodzicielskiej staną się zbyt wysokie, ptaki dorosłe będą przedkładać własne potrzeby energetyczne nad potrzeby dostarczania pokarmu potomstwu. Przypuszczałam, że alczyki modyfikują swój budżet energetyczny względem zmieniających się warunków

poprzez zmianę długości i częstotliwości lotów żerowiskowych, a tym samym liczby karmień potomstwa. W rezultacie redukcji inwestycji rodzicielskich spodziewałam się wolniejszego tempa wzrostu i rozwoju piskląt, a także mniejszego sukcesu lęgowego.

Niemniej jednak, zmiany zachodzące w środowisku są zazwyczaj powolne i trudne do przewidzenia, podczas gdy warunki eksperymentalne stwarzają możliwość poznania reakcji ptaków w krótkim przedziale czasowym. W drugiej części pracy zbadalam zmiany w zachowaniu ptaków rodzicielskich alczyka o sztucznie podwyższonych kosztach lotu. Porównałam budżet czasowy, aktywność żerowiskową, częstotliwość karmień potomstwa, a także wzrost i przeżywalność piskląt między ptakami wyposażonymi w rejestratory (ptaki eksperymentalne) i ptakami kontrolnymi. Aktywność ptaków dorosłych analizowałam na podstawie danych z rejestratorów temperatury (ptaki eksperymentalne) oraz ciągłych dwudobowych obserwacji indywidualnie oznakowanych osobników (grupa kontrolna). W wyniku zwiększonych kosztów lotu i tym samym zdobywania pokarmu, ptaki istotnie zmniejszyły częstotliwość karmień potomstwa i spędzały mniej czasu na morzu w ciągu doby. Ponadto, ptaki eksperymentalne częściej wykonywały długie loty żerowiskowe, służące przede wszystkim zaspokajaniu własnych potrzeb energetycznych, a rzadziej krótkie loty żerowiskowe (wykonywane głównie w celu zdobywania pokarmu dla piskląt) w porównaniu do ptaków kontrolnych. Mniejsza liczba karmień potomstwa miała negatywne odzwierciedlenie w masie ciała piskląt ptaków eksperymentalnych oraz wydłużała czas, w którym te pisklęta były zdolne do podjęcia pierwszego lotu i opuszczenia kolonii lęgowej [2].

W trzeciej części mojej pracy wykorzystałam zmienne warunki troficzne na żerowiskach, określone przez temperaturę i zasolenie wody oraz skład zooplanktonu, w dwóch koloniach alczyka na Spitsbergenie, charakteryzujących się odmiennymi systemami hydrograficznymi, w Magdalenefjorden oraz we fiordzie Hornsund, w dwóch kontrastowych sezonach, 2009 i 2010. Porównanie pokarmu dostarczanego pisklątom, częstotliwości karmienia potomstwa, długości lotów żerowiskowych, masy ciała dorosłych ptaków i piskląt, oraz sukcesu lęgowego alczyka w różnych warunkach troficznych pozwoliło mi na przetestowanie wyżej opisanej hipotezy w warunkach naturalnych. Pomiar i zbiór prób prowadzone były jednocześnie na morzu (na żerowiskach) i na lądzie (w koloniach). Generalnie, w porównaniu z Magdalenefjorden żerowiska we fiordzie Hornsund miały bardziej arktyczny charakter, który przejawiał się większym udziałem w zooplanktonie preferowanych przez ptaki, wysokoenergetycznych gatunków widłonogów, *Calanus glacialis*, w stosunku do mniejszych i niskoenergetycznych *Calanus finmarchicus*. Jednakże, udział mas wodnych pochodzenia atlantyckiego różnił się w badanych sezonach, we fiordzie

Hornsund były one wyższe w roku 2010 niż w 2009, podczas gdy w Magdalenefjorden sytuacja w badanych sezonach była odwrotna. Wyniki badań wykazały, że każdej z badanych kolonii, w sezonie charakteryzującym się silniejszym wpływem wód atlantyckich ptaki przyjęły podobną strategię – zwiększyły długość wszystkich lotów żerowiskowych oraz zmniejszyły częstotliwość karmienia potomstwa. W konsekwencji, pisklęta otrzymywały niższą dzienną wartość energetyczną pokarmu, co skutkowało niższym sukcesem lęgowym. Co więcej, w mniej sprzyjających warunkach pokarmowych, pisklęta charakteryzowały się wolniejszym wzrostem. Podkreślić należy, że zmianom w strategii żerowania ptaków dorosłych nie towarzyszyły zmiany w ich masie ciała skorygowanej o wielkość ciała (uważanej za wskaźnik kondycji). Wyniki tej pracy wskazują również, że cechy specyficzne dla danej kolonii (np. obecność/brak odległych, ale nadal osiągalnych żerowisk o wysokiej jakości pokarmu, które mogą być wykorzystywane przez ptaki w okresach gorszych warunków pokarmowych na żerowiskach znajdujących się w pobliżu kolonii) mogą określać strategię żerowania ptaków i zdolność do jej modyfikowania. Dlatego przedstawione w mojej pracy porównanie dwóch kolonii charakteryzujących się różnym reżimem hydrograficznym, w dwóch kontrastowych sezonach badawczych dostarcza bardziej trafnych odpowiedzi dotyczących wpływu warunków oceanograficznych na ptaki, aniżeli pojedyncze porównania między-kolonijne bądź między-sezonowe. Jest to pierwsza tak kompleksowa praca, która porównuje ponadto wiele zmiennych charakteryzujących jakość żerowiska, mierzonych bezpośrednio na morzu, ze strategią żerowania, wysiłkiem rodzicielskim, masą ciała oraz sukcesem lęgowym [3].

Powyższe prace opisujące zmiany behawioru alczyka w odpowiedzi na sztucznie zwiększone koszty lotu [2] oraz na zmienne warunki pokarmowe w ujęciu między-kolonijnym i między-sezonowym [3] prowadzą do podobnych wniosków. Obserwowane zmiany w strategii żerowania dorosłych alczyków, bez towarzyszących zmian w ich masie ciała [3], a przy tym niższa masa ciała i/lub wolniejszy wzrost piskląt [2,3], mogą wskazywać na to, że w niekorzystnych warunkach dorosłe alczyki przedkładają własne potrzeby energetyczne ponad potrzeby dostarczania pokarmu pisklątom, prawdopodobnie w celu maksymalizacji swojego życiowego sukcesu reprodukcyjnego.

Mimo, że alczyki wykazują duży zakres plastyczności behawioralnej, która pozwala im utrzymać stosunkowo wysoki sukces reprodukcyjny w obliczu zmian oceanograficznych, niska jakość warunków troficznych i środowiskowych doświadczona na etapie rozwoju gniazdowego może mieć długotrwałe konsekwencje dla przyszłych efektów rozrodu, i tym samym całkowitej liczebności populacji. Wyniki mojej pracy stanowią podstawę do lepszego

zrozumienia reakcji alczyka na podwyższone wymagania energetyczne powodowane wystąpieniem niekorzystnych warunków środowiskowych i troficznych. Mogą one służyć tworzeniu wiarygodnych scenariuszy efektów zmian oceanograficzno-klimatycznych zachodzących w ekosystemie arktycznym.

Literatura

- [1] Kidawa D., Wojczulanis-Jakubas K., Jakubas D., Palme R., Stempniewicz L., Barcikowski M., Keslinka-Nawrot L. 2014. Variation in faecal corticosterone metabolites in an Arctic seabird, the little auk (*Alle alle*) during the nesting period. *Polar Biology* 37: 641-649.
- [2] Kidawa D., Jakubas D., Wojczulanis-Jakubas K., Iłiszko L., Stempniewicz L. 2012. The effects of loggers on the foraging effort and chick-rearing ability of parent little auks. *Polar Biology* 35: 909-917.
- [3] Kidawa D., Jakubas D., Wojczulanis-Jakubas K., Stempniewicz L., Trudnowska E., Boehnke R., Keslinka-Nawrot L., Błachowiak-Samołyk K. 2014. Parental efforts of an Arctic seabird, the little auk *Alle alle* in the variable conditions on the feeding grounds. Praca zaakceptowana do druku w *Marine Biology Research*.