

Chemorepcja w środowisku wodnym

Wywęszyć obiad



Dr Tomasz Janecki

- hydrobiolog
i pletwonurek
- bada wpływ
informacji chemicznych
pochodzących od
pokarmu na metabolizm
oraz zachowanie się
zwierząt wodnych.
W Antarktyce spędził
łącznie ponad 30
miesięcy

TOMASZ JANECKI
Zakład Biologii Antarktyki, Warszawa
Polska Akademia Nauk
toja@dab.waw.pl

Gdyby zwierzęta nie potrafiły wykorzystywać informacji z otoczenia, ich życie pogrążone byłoby w chaosie. W środowisku wodnym ważnym nośnikiem informacji są sygnały chemiczne. W specyficznych warunkach wód antarktycznych wiodący wpływ na organizację życia na dnie morza odgrywają sygnały pochodzące od pożywienia

Jedną z dróg pozyskiwania przez zwierzęta informacji o świecie jest komunikacja chemiczna zwana chemorepcją. Jest to najbardziej rozpowszechniony i zapewne najstarszy ewolucyjnie sposób komunikowania się zwierząt ze środowiskiem. Odgrywa

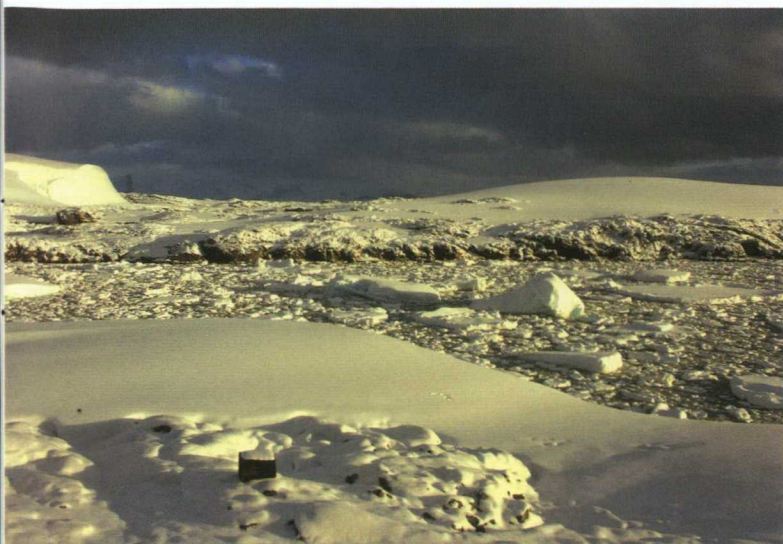
ona szczególną rolę w środowisku wodnym, które ze względu na dużą ilość rozpuszczonych w wodzie rozmaitych związków, jest z natury rzeczy doskonałym nośnikiem informacji chemicznych. Na drodze chemorepcji zwierzęta poszukują pokarmu, odbierają informacje o zagrożeniu ze strony drapieżników, rozpoznają odpowiednie dla siebie środowisko, kontaktują się z innymi osobnikami tego samego gatunku, tworząc ławice czy też ustanawiając hierarchię socjalną oraz rozpoznają partnerów do rozmnażania.

Mimo, że w środowisku wodnym zapach rozprzestrzenia się o wiele wolniej niż w powietrzu, bodźce węchowe mają dla zwierząt wodnych bardzo istotne znaczenie. Zmysł powonienia jest u nich wyjątkowo wrażliwy, receptory odległościowe są o wiele czulsze i reagują na o wiele niższe stężenia substancji chemicznych. Podstawową sprawą jest odróżnienie sygnału chemicznego od tła środowiskowego, czyli sumy wszystkich związków chemicznych rozpuszczonych w wodzie, będących jej naturalnymi komponentami.



Marta Markowska

W zimnych wodach
Zatoki Admiralicji
(wyspa Króla Jerzego)
bogactwo gatunkowe
bezkęgowców
bentosowych
jest imponujące



Tomasz Janicki

Przez wiele miesięcy pokrywa lodowa ogranicza lub wręcz odcina dostęp światła do głębszych warstw wody. W tych warunkach podstawową rolę informacyjną dla zwierząt morskich odgrywa chemorecepcja

tami. Węgorze *Aquila aquila* są np. w stanie wyczuć zapach niektórych substancji w ilości zaledwie kilku molekuł w litrze wody, a langusty *Panulirus interruptus* reagują, gdy w środowisku zwiększy się choćby o 2% stężenie aminokwasu glicyny.

Zwierzęta wodne są w stanie precyzyjnie rozróżnić gradienty stężeń poszczególnych substancji chemicznych i na tej podstawie określać ważkość sygnału oraz lokalizować ich źródło. Tym sposobem gatunki drapieżne i padlinożerne są w stanie wykryć źródło bodźca z odległości nawet kilkuset metrów.

Atrakcyjne cząsteczki

Rozpuszczone w wodzie substancje chemiczne (od prostych jonów wodorowych do skomplikowanych aminokwasów i kwasów nukleinowych), uwalniane z pokarmu oraz wydzielane przez różne organizmy, są rozpoznawane przez zwierzęta wodne i mogą wywoływać u nich określone typy zachowań. Obserwując, jak podążają w stronę pożywienia lub gromadzą się przy nim, można przypuszczać, że reagują one głównie na te związki chemiczne, które wchodzą w skład ich naturalnego, stałego pokarmu. Pierwsze obserwacje takich reakcji zwierząt pochodzą już z końca XIX wieku. Zauważono wówczas, że wabione mięsem kraba rozgwieżdżone podążają za źródłem pokarmu. Wyniki badań różnych gatunków zwierząt stwierdzają jednoznacznie, iż trofchemorecepcja (odbieranie informacji chemicznej o pokarmie) umożliwia im wychwycenie ze środowiska odpowiednich informacji na temat potencjalnego

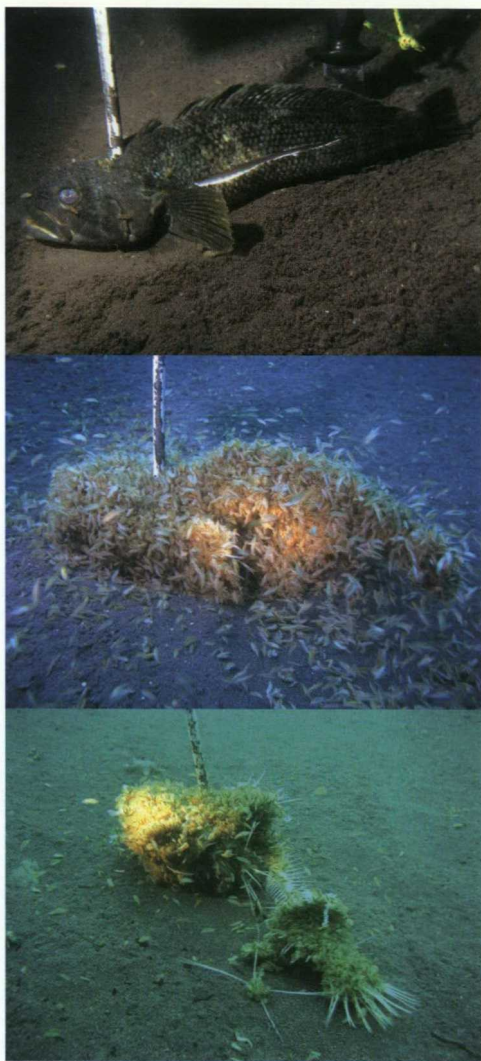
źródła pokarmu, jego wartości oraz odległości. Reakcjami, będącymi wynikiem pobudzenia przez chemoatraktanty, mogą być: zmiana poziomu metabolizmu i/lub zmiana zachowania, w tym przemieszczanie się zwierząt.

W ostatnich latach szczególnie zainteresowanie fizjologów wzbudziły reakcje zwierząt wodnych na aminokwasy, które – poza rolą strukturalną jako podstawowy budulec białek – występują również w postaci rozpuszczonej w wodzie morskiej. Trafiają tam wydzielane przez organizmy wodne oraz w wyniku rozkładu martwej materii organicznej. Ich stężenie w środowisku jest małe (ok. 10^{-8} – 10^{-6} M) i dlatego nawet nieznaczne zwiększenie ich ilości może być łatwo dostrzegalne przez zwierzęta i traktowane jako informacja o pojawieniu się potencjalnego źródła białka. Ma to szczególnie znaczenie w specyficznych warunkach środowiskowych morskiej Antarktyki, gdzie życie organizmów jest uzależnione od ograniczonych zasobów pokarmowych.

Wyniki dotychczasowych badań pokazują, że różne aminokwasy mogą zmieniać poziom metabolizmu oraz wpływać na zachowania zwierząt morskich, należących do różnych grup taksonomicznych. Spośród wszystkich aminokwasów jako główny chemoatraktant wymienia się m.in. kwas glutaminowy. Jest on jednym z pięciu aminokwasów (wraz z glicyną, kwasem asparaginowym, alaniną i seryną), których łączny, średni udział pośród wszystkich aminokwasów rozpuszczonych w wodzie morskiej wynosi około 80%, a zawartość w białkach tkanek ryb oraz zooplanktonu z rejonu Antarktyki może przekraczać nawet 15%. Kwas glutaminowy pełni również niezwykle istotne funkcje w przekazywaniu informacji na poziomie molekularnym w centralnym systemie nerwowym.

U niektórych gatunków bezkręgowców antarktycznych (np. *S. polita*, *G. antarcticus*, *A. plebs* oraz *O. validus*) żyjących w niezwykle wąskim przedziale temperatur (od $-1,77$ do $1,67^{\circ}\text{C}$) i zasolenia (od 33,41 do 34,16‰) oraz w wodzie o blisko stuprocentowym nasyceniu tlenem, istotną rolę w procesach trofchemorecepcji pełnią następujące aminokwasy: kwas glutaminowy, arginina, histydyna, izoleucyna, leucyna, lizyna, seryna, treonina i tyrozyna. Głównym aminokwasem, zwiększającym (średnio o 30%–300%) poziom metabolizmu zasadniczego głodzonych osobników tych gatunków jest kwas glutaminowy.

Chemorecepcja w środowisku wodnym



Marta Markowska

Wzrost ten można tłumaczyć przygotowaniem metabolicznym zwierzęcia do ruchu związanego z odnalezieniem i zdobyciem pokarmu.

Regulowany apetyt

Istnieje wiele czynników mających wpływ na odbieranie przez zwierzęta informacji chemicznych ze środowiska. Po pierwsze okazało się, że te same związki chemiczne mogą wywoływać różne, często odmiennie, reakcje u różnych grup zwierząt. Na przykład rozgwiezdy *Luidia clathrata* są wyraźnie przyciągane przez roztwór izoleucyny, a roztwór proliny nie wywołuje u tego gatunku żadnej reakcji, natomiast rozgwiezdy *Marthasterias glacialis* reagują na te aminokwasy zupełnie odwrotnie. Krewetki *Acetas sibogae australis* przemieszczają się w kierunku źródła metioniny, alaniny i leucyny, nie reagując zupełnie na glicynę, który to aminokwas przyciąga wyraźnie langusty *Panulirus interruptus*. Różnice te mogą wynikać z preferencji pokarmowych konkretnych gatunków, uwarunkowań dziedzicznych, a także doświadczeń zdobytych przez poszczególne osobniki.

Potwierdzeniem wpływu „zapamiętywania” przez poszczególne osobniki smaków może być doświadczenie ze słodkowodnymi rakami *Orconectes sp.*, którym podawano ekstrakt z nowego typu pokarmu - racicznicy zmiennej *Dreissena polymorpha*. Pozytywne reakcje wykazały tylko te osobniki, które wcześniej karmiono już tym gatunkiem małża.

Sygnały chemiczne pochodzące ze źródła pokarmu (mięsa rybiego) przyciągają z dużych odległości tysiące nekrofagicznych skorupiaków, głównie obunogów (*Amphipoda*), które w krótkim czasie wykorzystują je „do ostatniego kęsa”



Tomasz Jancecki

Wody antarktyczne charakteryzują się ekstremalnymi, a zarazem bardzo stabilnymi, warunkami środowiskowymi (temperatura i zasolenie)

Glyptonotus antarcticus
- największy
nekrofagiczny skorupiak
z rzędu równonogów
spotykany w wodach
antarktycznych.
Długość jego ciała
dochodzi do 12 cm



Tomasz Janicki

Zauważono również, że wyższe stężenie substancji sygnałowej zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia charakterystycznej reakcji zwierzęcia lub wzmacnia jej intensywność. Także mieszaniny „substancji przyciągających” działają silniej, wywołując wyraźniejsze i pełniejsze reakcje niż poszczególne ich składniki.

Wpływ na odbiór bodźców chemicznych (zarówno przyciągających, jak i odstraszających) oraz na wywoływane przez nie reakcje może mieć także stan fizjologiczny zwierzęcia: np. stopień najedzenia lub długość czasu głodzenia. Reakcje głodzonych osobników różnych gatunków na chemoatraktanty są pełniejsze i silniejsze niż osobników najedzonych. U sześciu badanych przez mnie gatunków bezkręgowców antarktycznych głodzenie istotnie obniżyło tempo ich metabolizmu średnio 2,3 raza (od 27 do 71% w zależności od czasu głodzenia) w porównaniu do osobników karmionych.

Jedzenie a zagrożenie

Ważnym czynnikiem modyfikującym procesy trofochemoreceptyjne jest również obecność drapieżnika. Zapach szczupaka *Esox lucius* zmienia zachowanie drobnych ryb karpiowatych, takich jak np. płoć *Rutilus rutilus*, powodując łączenie się w ławicę, obniżenie intensywności żerowania oraz częstsze chronienie się pośród roślinności podwodnej. Podobnie obecność drapieżnych krabów *Cancer irroratus* i *Hyas araneus* skutecznie odstraszają ich potencjalne ofiary – ślimaki *Buccinum undatum* od przynęty, przy której gromadziły się one, gdy nie było niebezpieczeństwa.

Niektóre modyfikacje reakcji trofochemicznych mogą służyć zminimalizowaniu ryzyka wynikającego ze spotkania z drapieżnikiem. Te same sygnały chemiczne, które przyciągają określone gatunki zwierząt do źródła poży-

wienia, pozwalają innym gatunkom rozpoznać potencjalne zagrożenie i unikać miejsc, w których zachodzi prawdopodobieństwo spotkania z drapieżnikiem. Zachowanie takie zaobserwowano u sestonożerno-roślinożernych jeżowców *S. neumayeri*, które czasem padają ofiarami rozgwiazd *O. validus*. Kwas glutaminowy, będąc atraktantem dla rozgwiazd, wywołał u badanych jeżowców odruch ucieczki. Substancja ta jest uniwersalnym sygnałem trofochemicznym. Reagują na nią zwierzęta z różnych grup systematycznych.

Chemia porządkuje życie

Można przypuszczać, że w specyficznych warunkach środowiskowych, panujących w wodach Oceanu Południowego (sezonowa produkcja pierwotna i ograniczony lub wręcz odcięty dopływ światła w związku z okresową pokrywą lodową), szczególną rolę w pozyskiwaniu przez zwierzęta informacji ze środowiska odgrywa właśnie chemorepcja. Zwierzęta wykazujące lepszą percepcję sygnałów chemicznych, a więc szybciej odnajdujące źródło pokarmu oraz partnera do rozrodu przy jednoczesnym uniknięciu spotkania z drapieżnikiem – mają większe szanse przeżycia. Sygnały chemiczne – ułatwiając poszukiwanie pokarmu, a przez to zmieniając również rozmieszczenie zwierząt w środowisku – mogą być czynnikiem modyfikującym przestrzenną oraz czasową strukturę i organizację całych zespołów organizmów żyjących na dnie mórz Antarktyki. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

Chara T.J. (red.) (1982). *Chemoreception in fishes*. Amsterdam: Elsevier.

McClintock J.B., Klinger T.S., Lawrence J.M. (1984). Chemoreception in *Luidia clathrata* (Echinodermata: Asteroidea) qualitative and quantitative aspects of chemoattractant responses to low molecular weight compounds. *Mar. Biol.*, 14, 217–221.