

10. Mazurkiewicz-Beldzińska M., Matheisel A., (2008) Padaczka we wrodzonych chorobach metabolicznych, *Polski Przegląd Neurologiczny*, t. 4, supl. A, 36–37
11. Rovenský J., Urbánek T., Stančíková M., (2012), Obraz kliniczny alkaptonurii i ochronozy, *Reumatologia* 50, 4:324–335
12. Tyłki – Szymańska A., (2010), Choroba Gauchera, *Acta Haematologica Polonica* 2: 167–172
13. Tyłki – Szymańska A., Stradowska T.J., (2011), Nowo opisane choroby metaboliczne związane z błędami metabolicznymi na szlakach przemiany pentoz, *Postępy Biochemii* 57 (2): 168–171
14. Vairo F., Netto C., Dorneles A., Mittelstad S., Wilke M., Doneda D., Michelin K., Blos Riberio C., Quevedo A., Vieira T., Nalin T., Lueska S., Schwartz I.V.D., (2013) Enzyme Replacement Therapy in a Patient with Gaucher Disease Type III: A Paradigmatic Case Showing Severe Adverse Reactions Started a Long Time After the Beginning of Treatment, *JIMD Reports* doi: 10.1007/8904_2013_214
15. Weinreb N.J., Deegan P., Kacena K.A., Mistry P., Pastores G.M., Velentgas P., vom Dahl S., (2008), Life expectancy in Gaucher disease type 1, *Am J Hematol.*, 83: 896–900. doi:10.1002/ajh.21305.
16. Zatkova A., Radvanszky J., Kadasi Z., (2012), Genetyczne podstawy alkaptonurii, prototypowego wrodzonego błędu metabolizmu wpływającego na tkankę łączną, *Reumatologia* 50, 4:307–315

■ **Mgr Joanna Strzép** jest doktorantką w Instytucie Zoologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. E-mail: joanna.strzep@doctoral.uj.edu.pl

ZNACZENIE RYB W ROZPRZESTRZENIANIU WIELU GATUNKÓW TROPIKALNYCH ROŚLIN

Lukasz Dylewski (Poznań)

Streszczenie

Ważnym elementem ekologii i ewolucji roślin jest możliwość rozprzestrzeniania wyprodukowanych nasion. Najbardziej skutecznym sposobem rozprzestrzeniania nasion jest zoochoria. Choć zoochoria, a w szczególności endozoochoria jest kojarzona z ptakami i ssakami, to duże znaczenie w rozprzestrzenianiu nasion drzew i krzewów tropikalnych mają ryby. Rozprzestrzenianie nasion przez ryby określa się terminem ichtiochoria (ang. ichthyochory). Ryby prawdopodobnie jako pierwsze z kręgowców uczestniczyły w rozsiewaniu nasion. Najwięcej gatunków ryb kostnoszkieletowych biorących udział w dyspersji nasion występuje w krainie neotropikalnej, a ogólną liczbę gatunków owocożernych ryb szacuje się na ponad 230. Połowy ryb, budowa zapór rzecznych, wycinka lasów oraz zmiany klimatyczne są głównymi czynnikami mającymi negatywny wpływ na różnorodność i liczebność gatunków owocożernych ryb.

Abstract

The most important elements of plant ecology and evolution is seed dispersal. Seed dispersal by animals is the most effective way to spread the seeds. Although zoochory and especially endozoochory is associated with birds and mammals, the tropical fish are important vectors to spread of tropical trees and shrubs. Seed dispersal by fish are called ichthyochory. Fish probably was the first of vertebrates involved in the dispersal of seeds. Most of species of osteichthyes taking part on the seed dispersion are in neotropic ecozone. The total number of frugivorous fish is estimated to be over 230 species. Overfishing, construction of river dams, deforestation and climate changes are the main factors having a negative impact on the diversity and abundance of frugivorous fish species.

Rozsiewanie nasion stanowi ważny element ekologii i ewolucji wielu gatunków roślin. Produkcja żywotnych nasion i możliwość ich rozsiania wpływa na przetrwanie danej populacji roślin [7]. Na naturalną regenerację gatunku wpływa wiele czynników, zarówno biotycznych (np. konsumenci nasion, patogeny, roślinożercy), jak i abiotycznych (np. temperatura, dostępność wody i składników mineralnych) [10]. Wiele gatunków roślin korzysta z usług zwierząt w celu rozprzestrzenienia wyprodukowanych diaspor. Wypracowanie związków mutualistycznych (symbiotycznych) gwarantuje roślinie przeniesienia wyprodukowanych nasion na obszary odległe od osobnika macierzystego. Szczególnie ma to znaczenie dla wielu gatunków roślin drzewiastych. Rozprzestrzenianie nasion w nowe siedliska zmniejsza konkurencję między „rodzeństwem”, ogranicza chów wsobny, umożliwia przepływ genów, a także wpływa na przeżywalność siewek [16]. Rozsiewanie nasion odbywa się dzięki obcosiewności (allochorii) oraz samosiewności (autochorii). W wyniku allochorii nasiona mogą być rozprzestrzeniane dzięki: sile wiatru (anemochoria), sile grawitacji (barochorii) przepływie wody (hydrochoria), człowiekowi (antropochoria) oraz zwierzętom (zoochoria). W samej zoochorii wyróżnia się dodatkowo: epizoochorię (przenoszenie diaspor na powierzchni ciała), synzoochorię (gromadzenie nasion lub owoców w kryjówkach) oraz endozoochorię (poprzez zjadanie owoców, a następnie uwalnianie owoców wraz z kałem). Jednym z najpowszechniejszych typów rozprzestrzeniania roślin przez zwierzęta jest właśnie endozoochoria. Interakcja pomiędzy roślinami produkującymi mięsiste owoce a gatunkami odżywiającymi się owocami stanowi silną relację mutualistyczną. Owocożerne zwierzęta pełnią ważną rolę w różnorodnych ekosystemach, przyczyniając się do utrzymania populacji wielu gatunków roślin oraz mają duże znaczenie w kiełkowaniu nasion [7].

Znaczenie ryb w rozprzestrzenianiu niektórych gatunków tropikalnych roślin

Endozoochoria kojarzona jest głównie z ptakami i ssakami, jednakże funkcję rozprzestrzeniania nasion pełnić także mogą niektóre gatunki pierścienic, ślimaków, gadów oraz wiele gatunków ryb. W dolinach rzeki Amazonki i jej dopływów to właśnie ryby odgrywają główną rolę w rozprzestrzenianiu nasion wielu gatunków roślin wodnych oraz drzew i krzewów rosnących nad brzegami rzek. Rozprzestrzenianie nasion przez ryby określa się terminem ichtiochoria [4, 6]. Owocożerne ryby występują we

wszystkich regionach biogeograficznych. Największa różnorodność przypada na krainę neotropikalną, orientálną i etiopską. Liczba owocożernych gatunków ryb szacowana jest na ponad 230 gatunków, a w samej krainie neotropikalnej jest ich około 107. Ryby prawdopodobnie jako pierwsze z kręgowców uczestniczyły w rozsiewaniu nasion [17]. Dowody kopalne pochodzące z późnej kredy (około 70 mln lat temu) świadczą o występowaniu pierwszych owocożernych gatunków ryb.



Ryc. 1. *Piaractus mesopotamicus* – jeden z gatunków owocożernych ryb. Źródło: <http://www.viarural.com.bo/ganaderia/peces-de-bolivia/characidae/tambaqui-2.htm>

Owocożerne ryby w krainach geograficznych

Kraina Palearktyczna i Nearktyczna (Obszary północne Europy, Afryki i Ameryki)

Informacji dostępnych na temat rozsiewania nasion przez ryby w tych krainach jest niewiele. Powodem jest mała różnorodność gatunków ryb mogących spożywać owoce lub nasiona w porównaniu z krajami tropikalnymi. Liczba gatunków ryb, u których w przewodzie pokarmowym stwierdzono obecność nasion lub owoców jest niewielka i wynosi 13 gatunków (m. in. leszcz, krąb, karp, płóc). Większość roślin ze strefy umiarkowanej produkuje twarde owoce z niewielką częścią jadalną. Dowody na ichtiochorię w strefie umiarkowanej wynikają z analizy przewodu pokarmowego ryb, jednakże nasiona w nich zawarte mogły tam trafić przypadkowo poprzez połknięcie przez ryby owoców lub nasion [6]. Prawdopodobnie owoce i nasiona trafiły tam przypadkowo, podczas żerowania tych ryb na roślinach wodnych lub w warstwie detrytus w poszukiwaniu bezkręgowców [14, 15].

Kraina etiopska (Afryka Środkowa i Południowa, Madagaskar)

Dowody na ichtiochorię udokumentowane są w kilkunastu przypadkach, jednakże są wciąż

ograniczone. Konsumpcję owoców przez ryby notowano w dolnym dorzeczu Nigru oraz w lasach w dorzeczu rzeki Kongo, która posiada największą różnorodność gatunków ryb na kontynencie afrykańskim. Większość gatunków to ryby wszystkożerne, z tendencją zjadania okazjonalnie owoców. Gatunki z tego regionu można zakwalifikować do średnich oraz dużych ryb, które mogą mieć potencjalne znaczenie w rozprzestrzenianiu dużych ilości nasion [6]. Należy tu wymienić: *Heterotus niloticus*, *Alestes baremoze*, *Synodontis macrostigma*.

Kraina orientalna (Indie, Południowe Chiny, Archipelag Malajski)

Konsumpcję owoców regularną bądź sporadyczną wykazano u 55 gatunków ryb (Horn et al. 2011). Wiele z tych gatunków zostało wprowadzonych do regionu ze względu na ich wykorzystania w hodowlach. Te taksony obejmują gatunki ryb karpiowatych, tj. karpia (*Cyprinus carpio*) i brzany jednoprzęgiej (*Leptobarbus hoevenii*), a także gatunki z rzędu sumokształtnych, z rodziny długowąsowatych (*Clarias* sp.), z rodziny sumowatych i oraz z rzędu okoniokształtnych, z rodziny guramiowatych (gurami olbrzymi, *Osphronemus goramy*) [2,8,9].



Ryc. 2. Paku czarnopłetwy *Colossoma macropomum*, źródło: <http://www.exoticfishaquarium.com/pacu-fish>

Kraina australijska (Australia i wyspy)

Ilość gatunków ryb odżywiających się owocami jest w tym regionie niewielka i występują one wyłącznie w północnej Australii i Nowej Gwinei. Do najczęściej wymienianych gatunków należy introdukowana w tym regionie pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) z rodziny piraniowatych [4], (Ryc. 1, 3 i 4).

Kraina neotropikalna (Ameryka Południowa)

Owocożerne ryby występują głównie w centralnej części Ameryki Południowej do południowej

Brazylii, z największą różnorodnością skoncentrowaną w dorzeczu Amazonki.

Większość udokumentowanych przypadków spożywania owoców przez ryby pochodzi z tego dorzecza. Liczba gatunków tych ryb szacowana jest na 149–151 [6, 11]. Duża różnorodność owocożernych gatunków ryb w Ameryce Południowej jest prawdopodobnie związana z obszernymi nizinami i systemami wodnymi, które istniały w zachodniej części współczesnych rzek Amazonki i Orinoko od ery kenozoicznej [5, 10]. Występująca na tym obszarze obfitość drzew, krzewów i pnączy stanowi bogate źródło owoców i nasion dla ryb. Ameryka Południowa jawi się jako doskonałe miejsce do prowadzenia bardziej kompleksowych badań, koncentrujących się na poznawaniu historii ewolucyjnej i konsekwencji ekologicznych ichtiochorii.

Adaptacje morfologiczne i behawioralne owocożernych ryb

Presja selekcyjna może mieć znaczący wpływ na ewolucję specyficznych adaptacji morfologicznych i behawioralnych u ryb, które spożywają duże ilości owoców. Wśród neotropikalnych gatunków kłaskształtnych (Characiformes) wiele wykazuje swoiste cechy morfologiczne (specyficzna budowa uzębienia, długie jelito) i fizjologiczne (enzymy związane z fermentacją węglowodanów) oraz złożone zachowania, tj. patrolowanie i obrona przestrzeni w obszarze, gdzie spadają dojrzałe owoce [4, 6]. Wymienione adaptacje związane są z efektywniejszym wykorzystaniem zasobów owocowych. Gatunki wykazujące te cechy mogą pełnić ważną rolę w dyspersji wielu tropikalnych roślin.

Aspekty ekologiczne ichtiochorii

Ichtiochorię zalicza się do endozoochorii, w której owocożerne ryby konsumują wytwarzane przez rośliny owoce lub nasiona. Wysoka skuteczność dyspersji nasion z owoców mięsistych, co ciekawe, nie jest związana z kolorem owoców, wielkością nasion oraz ich okrągłością [6]. Sugerować to może, że ryby nie wywierają kierunkowej presji selekcyjnej wobec poszczególnych cech owoców, jak to czynią inne gatunki (elajosomy – mrówki, kolor owoców – ptaki i ssaki naczelne). Liczba gatunków roślin, których owoce bądź nasiona stwierdzono w przewodzie pokarmowym ryb, szacowana jest na 566 gatunków z 82 rodzin, np. gatunek palmy *Bactris glaucescens*, camu camu (*Myrciaria dubia*), cekropka (*Cecropia* sp.), figowiec (*Ficus americana*) [3]. W puszczy Amazońskiej

w lasach zalewowych obserwacje fenologiczne wykazały, że owocowania wielu gatunków drzew jest zsynchronizowane z występującymi powodziąmi. Duże ilości owoców i nasion, które wpadają w wody w tym samym czasie, stają się łatwo dostępnym pożywieniem dla ryb. Szacowana produkcja owoców w Amazonijskiej puszczy wynosi około 9–30 ton na hektar rocznie.



Ryc. 3. Uzębienie pirapitingii *Piaractus brachypomus*, źródło: <http://www.seriouslyfish.com/species/piaractus-brachypomus>

Biorąc pod uwagę typ produkowanego przez roślinę owocu, wykazano, co nie jest niespodzianką, że ryby częściej rozprzestrzeniają nasiona pochodzące z mięsistych owoców niż z owoców suchych. Badania przeprowadzone na trzech gatunkach ryb kostnoszkieletowych z rodziny piraniowatych: paku czarnopłetwy (*Colossoma macropomum*) (Ryc. 2), pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) (Ryc. 3 i 4) i *Piaractus mesopotamicus* (Ryc. 1) wykazały, że skuteczność rozprzestrzeniania nasion zależy od wielkości ryb; większe osobniki na ogół konsumują większą ilość owoców, są w stanie połykać nasiona z większą częstotliwością i rozprzestrzeniać znacznie większe ich ilości. Owocożerne ryby odgrywają ważną rolę w ekosystemach zalewowych przyczyniając się do: przyspieszania kiełkowania, dystrybucji nasion w górę rzeki oraz do rozprzestrzeniania nasion dużych, nieutrzymujących się na powierzchni wody.

Wpływ czynników środowiskowych i antropogenicznych na owocożerne gatunki ryb

Łowienie ryb

Owocożerne ryby ze względu na swoje walory smakowe są najbardziej poszukiwanymi przez miejscową ludność. Populacje dwóch gatunków w dorzeczu Amazonki paku czarnopłetwy (*Colossoma macropomum*) oraz pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) zostały praktycznie wyniszczone. Nadmierne

łowienie tropikalnych gatunków ryb mogą doprowadzić do eliminacji najskuteczniejszego wektora rozprzestrzeniającego nasiona w zalewowych ekosystemach Amazonii, z negatywnymi konsekwencjami dla roślin, ich dynamiki, różnorodności gatunkowej oraz przepływu genów między populacjami.

Zapory rzeczne

Liczne badania wykazały, że budowa tam w Brazylii powoduje znaczący spadek populacji gatunków wędrownych ryb, w tym także gatunków owocożer-nych [1].

Wycinanie lasów i pozyskiwanie drewna

Wycinki drzew prowadzone na szeroką skalę silnie wpłynęły na tereny zalewowe Amazonii, szczególnie w dolnym biegu rzeki Negro. Wiele obszarów zostało wykarczowanych i aktualnie prowadzony jest na tych terenach wypas bydła. Zwierzęta te mają negatywny wpływ na młode siewki roślin poprzez ich zgryzanie i wydeptywanie. Chociaż owocożerne ryby występują w tej części obszaru ze względu na rozległe tereny zalewowe w dolnej części rzeki Amazonki, to dalsza działalność człowieka prowadząca do wycinania lasów, budowy dróg, wypasu zwierząt gospodarczych doprowadzi do klęski ekologicznej i wymarcia wielu gatunków ryb oraz roślin.



Ryc. 3. Pirapitinga *Piaractus brachypomus*. Źródło: [http://www.indopancing.com/wiki/Ikan_Bawal_\(air_tawar\)](http://www.indopancing.com/wiki/Ikan_Bawal_(air_tawar))

Zmiany klimatyczne

Zmiany klimatyczne mogą odgrywać długoterminową rolę w rozprzestrzenianiu nasion przez ryby [13]. Częstość występowania ekstremalnych zjawisk związanych ze zmianami klimatycznymi może mieć drastyczny wpływ na niektóre populacje ryb i obszary ich siedlisk [12], a także na interakcje ryby – rośliny ekosystemów zalewowych. Skrajne susze mogą spowodować duże redukcje w populacjach ryb i zwiększać śmiertelność roślin mniej odpornych na suszę

oraz zdecydowanie ograniczyć rozprzestrzenianie na-
sion. Współczesne zmiany klimatu w połączeniu ze
zmianami antropogenicznymi mogą mieć znaczący

negatywny wpływ na wypracowaną przez miliony
lat zależność między owocożernymi gatunkami ryb
a gatunkami roślin [6].

Bibliografia

1. Agostinho, A. A., Pelicice, F. M., & Gomes, L. C. (2008). Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4), 1119–1132.
2. Allen, G. R. (1991). Field guide to the freshwater fishes of New Guinea.
3. Correa, S. B., Costa-Pereira, R., Fleming, T., Goulding, M., & Anderson, J. T. (2015). Neotropical fish–fruit interactions: eco-evolutionary dynamics and conservation. *Biological Reviews*, 90(4), 1263–1278.
4. Correa, S. B., Winemiller, K. O., López-Fernández, H., & Galetti, M. (2007). Evolutionary perspectives on seed consumption and dispersal by fishes. *Bioscience*, 57(9), 748–756.
5. Hoorn, C., Wesselingh, F. P., Ter Steege, H., Bermudez, M. A., Mora, A., Sevink, J., ... & Jaramillo, C. (2010). Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *science*, 330(6006), 927–931.
6. Horn, M. H., Correa, S. B., Parolin, P., Pollux, B. J. A., Anderson, J. T., Lucas, C., ... & Goulding, M. (2011). Seed dispersal by fishes in tropical and temperate fresh waters: the growing evidence. *Acta Oecologica*, 37(6), 561–577.
7. Howe, H. F., & Smallwood, J. (1982). Ecology of seed dispersal. *Annual review of ecology and systematics*, 13, 201–228.
8. Inger, R. F., & Chin, P. K. (2002). Fresh-water fishes of North Borneo. Natural History Publications (Borneo).
9. Kottelat, M., & Whitten, T. (1996). Freshwater biodiversity in Asia: with special reference to fish (Vol. 343). World Bank Publications.
10. Louda, S. M., Keeler, K. H., Holt, R. D., Grace, J. B., & Tilman, D. (1990). Herbivore influences on plant performance and competitive interactions. *Perspectives on plant competition.*, 413–444.
11. Lundberg, J. G., Marshall, L. G., Guerrero, J., Horton, B., Malabarba, M. C. S. L., & Wesselingh, F. (1998). The stage for Neotropical fish diversification: a history of tropical South American rivers.
12. Marengo, J. A., Nobre, C. A., Tomasella, J., Oyama, M. D., Sampaio de Oliveira, G., De Oliveira, R., ... & Brown, I. F. (2008). The drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate*, 21(3), 495–516.
13. Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., Van der Linden, P. J., & Hanson, C. E. (2007). Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, 2007. *Climate Change 2007: Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability*.
14. Pollux, B. J. A. (2011). The experimental study of seed dispersal by fish (ichthyochory). *Freshwater Biology*, 56 (2), 197–212.
15. Pollux, B. J. A., Ouborg, N. J., Van Groenendael, J. M., & Klaassen, M. (2007). Consequences of intraspecific seed-size variation in *Sparganium emersum* for dispersal by fish. *Functional Ecology*, 21(6), 1084–1091.
16. Spiegel, O., & Nathan, R. (2007). Incorporating dispersal distance into the disperser effectiveness framework: frugivorous birds provide complementary dispersal to plants in a patchy environment. *Ecology Letters*, 10(8), 718–728.
17. Tiffney, B. H. (1986). Evolution of seed dispersal syndromes according to the fossil record. *Seed dispersal*, 273–305.

■ Mgr Łukasz Dylewski, Instytut Zoologii. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. E-mail: dylewski91@gmail.com

HISTORIA TURA – JEGO PRZESZŁOŚĆ I PRZYSZŁOŚĆ

Łukasz Dylewski (Poznań)

Streszczenie

Tur wpisał się na stałe w historię Polski. Historia tego gatunku sięga 2–1,5 mln lat temu, gdy pojawiły się pierwsze osobniki tego gatunku na terenie Indii. Wizerunki zwierzęcia przypominającego tura zostały odkryte między innymi w słynnej jaskini Lascaux we Francji, Bihimbetce w Indiach oraz Catalhoyuk w centralnej Turcji. Tur jako wymarły przodek ras bydła mierzył przeciętnie około 3,2 m i ważył 800 kg. Proces wymierania tura był złożony i trwał bardzo długo. Do najważniejszych przyczyn wymarcia tego gatunku należały: szybki rozwój rolnictwa w Europie Zachodniej, wysoki inbred osobników, polowania do XVI wieku, konkurencja o żywność z innymi gatunkami. Historia tura kończy się śmiercią ostatniej krowy w 1627 roku. Ostatnia populacja tura żyła na terenie Polski w Puszczy Jaktorowskiej.