

# WSZECHŚWIAT

PISMO PRZYRODNICZE

Tom 110 Nr 4-6

Kwiecień - Maj - Czerwiec 2009

---

---

## *Radość Tropików*

*Sześćcionodzy rolnicy*

*Roraima - świat zaginiony?*

*Dziób tukana*

*Syreny z Indopacyfiku*





**N***nepthes* sp. – Park Narodowy Bako, Sarawak, Malezja

Fot. Aleksandra Jabłońska

# WSZECHŚWIAT

Z POLSKIMI PRZYRODNIKAMI OD 3 KWIETNIA 1882

Zalecany do bibliotek nauczycielskich i licealnych od r. 1947 (pismo Ministra Oświaty nr IV/Oc-2734/47)

## Treść zeszytu 4-6 (2544-2546)

### ARTYKUŁY - TROPIKI

J. Weiner, Radość tropików .....	3
R. Garlacz, Poszukiwacze przyrodniczych białych plam .....	6
P. Rutkowski, A. Kowalkowska, Niezwykłe relacje storczyków i zwierząt .....	10
R. Łabno, Na dachu Kolumbii w białej pierzynie .....	16
M. Filipiak, Czarujące owady... Przykłady ubarwienia, kształtu i zachowań ochronnych u owadów tropikalnych .....	19
J. Weiner, Chrząszcz arlekin i jego pasażerowie "na gapę" .....	23
J. Wojtusiak, Sześcionodzy rolnicy .....	26
Ł. Binkowski, A. Nowak, Świat na skrawku liścia .....	32
T.W.Pyrcz, Terytorializm a agresja u motyli .....	35
M. Buczek, M. Sobczyk, Roraima – świat zaginiony? .....	38
J. Weiner, Dziób tukana .....	44
A. Bednarska, R. Łabno, Fitotelmata – mikrośrodowiska wodno-roślinne .....	47
J. Hiksiz, Jezioro różnorodności – o pielęgnicach z Malawi .....	52
A. Jabłońska, Syreny z Indopacyfiku .....	58
J. Pająk, Przyroda nieożywiona Sahary .....	63

### WSZECHŚWIAT PRZED 100 LATY

J. Vetulani, Wszechświat przed 100 laty .....	67
---	----

### WSPOMNIENIE Z PODRÓŻY

Moja podróż na okręcie Beagle – zapiski uczestnika kursu ekologii tropikalnej (Łukasz Binkowski) .....	69
Na wschód od Kuching (Aleksandra Jabłońska, Piotr Jabłoński) .....	72

### DROBIAZGI

Egzotyczna osa w Krakowie (Mieczysław Kosibowicz) .....	78
Wikłacze - konstruktorzy misternych gniazd (Wiesław Mączka) .....	79
Cukrowiec lekarski (Roman Kaczmarszuk) .....	82

#### Okładka:

Tukan wielki toko (*Ramphastos toco*), Miranda - Pantanal, Brazylia. Fot. January Weiner. W tle tropikalny las mgłowy w północnej Wenezueli. Fot. Łukasz Binkowski.

W dniach 21-25. 09. 2009 r. w budynku Kompleksu Nauk Biologicznych położonym na terenie III Kampusu UJ przy ul. Gronostajowej 7 w Krakowie odbędzie się **IV Konferencja Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin**, pod hasłem *Experimental Plant Biology. Why Not?!* Współorganizatorem konferencji jest Wydział Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii UJ. Tematyka konferencji została ujęta w 9 paneli tematycznych i obejmować będzie szeroko pojętą problematykę biologii roślin, m.in. zagadnienia zastosowania mutantów w badaniach struktury genomu roślinnego w aspekcie związku z rozwojem i budową roślin. Przedstawione zostaną najnowsze badania dotyczące bioenergetyki komórki roślinnej, mechanizmów przekazywania sygnału, a także budowy i funkcji roślinnych błon biologicznych. Nie zabraknie też aspektów dotyczących metabolitów wtórnych, interakcji roślin z mikroorganizmami i mechanizmów odpowiedzi na stres. Udział w konferencji potwierdziło już około trzydziestu światowej sławy specjalistów z różnych dziedzin biologii roślin. Konferencja wyróżniona została statusem *Independent Meeting supported by the Biochemical Society, UK* i objęta patronatem honorowym Prezydenta Miasta Krakowa, Rektora Uniwersytetu Jagiellońskiego i Rektora Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. Oficjalnym językiem konferencji będzie język angielski. Więcej informacji na stronie internetowej <http://www.4conf.ptber.org.pl/>

Informujemy, że istnieje możliwość zakupienia bieżących i archiwalnych numerów *Wszczęświata* bezpośrednio w Redakcji lub poprzez dokonanie wpłaty przelewem na nasze konto, z zaznaczeniem, jakich numerów dotyczyła wpłata.

Cena zeszytu z bieżącego i z poprzedniego roku wynosi 9 zł, zeszytów z lat 2000 - 2007 - 2 zł, pozostałe - 1 zł, w miarę posiadanych zapasów. Redakcja nie dysponuje zeszytem nr 7-9, tom 104, zawierającym płytke CD z głosami ptaków.

Proponujemy również dokonanie prenumeraty Pisma Przyrodniczego *Wszczęświat*, poprzez wpłatę 36 zł rocznie.

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika  
Redakcja Pisma Przyrodniczego *Wszczęświat*  
31-118 Kraków, ul. Podwale 1  
Kredyt Bank I Oddział Kraków  
nr konta 811500 11421220 60339745 0000

Ten numer *Wszczęświata* powstał dzięki finansowej pomocy:

- Akademii Górniczo-Hutniczej
- Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego
- Polskiej Akademii Umiejętności
- Drukarni PW Stabil



Rada Redakcyjna: **Przewodniczący: Jerzy Vetulani**  
**Z-cy Przewodniczącego: Ryszard Tadeusiewicz, Jacek Rajchel**  
Sekretarz Rady: **Elżbieta Pyza**

Członkowie: **Stefan Witold Alexandrowicz, Wincenty Kilarski, Jerzy Kreiner,**  
**Wiesław Krzeźmiński, Irena Nalepa, Barbara Płytycz, Marek Sanak,**  
**January Weiner, Bronisław W. Wołoszyn**

Komitet redakcyjny: **Redaktor Naczelny: Jacek Rajchel**

**Z-ca Redaktora Naczelnego: Jerzy Vetulani**

**Sekretarz Redakcji: Andrzej Krawczyk**

**Członkowie: Witold Paweł Alexandrowicz, Tomasz Bartuś**

Adres Redakcji: **Redakcja Pisma Przyrodniczego *Wszczęświat***  
31-118 Kraków, ul. Podwale 1, tel. (0-12) 422 29 24  
**e-mail: [wszczeswiat@agh.edu.pl](mailto:wszczeswiat@agh.edu.pl);**  
**[www.wszczeswiat.agh.edu.pl](http://www.wszczeswiat.agh.edu.pl)**

Wydawca: Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika, Kraków, ul. Podwale 1  
Projekt i skład: Artur Brożonowicz, [www.frontart.pl](http://www.frontart.pl)  
Druk: Drukarnia PW Stabil sc, Kraków, ul. Nabelaka 16, tel. (012) 410 28 20  
Nakład 1000 egz.

# WSZECHSWIAT

PISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA  
WYDAWANE PRZY WSPÓŁDZIAŁE: AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ,  
MINISTERSTWA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO, POLSKIEJ AKADEMII UMIEJETNOŚCI

Tom 110  
Rok 127

Kwiecień - Maj - Czerwiec 2009

Zeszyt 4-6  
2544 - 2546

## RADOŚĆ TROPIKÓW

**January Weiner (Kraków)**

*Gdy cicho szedłem cienistymi ścieżkami i raz po raz zachwyciałem się tym co widziałem, pragnąłem znaleźć słowa, by wyrazić swe myśli. Określenie za określeniem wydawało mi się za słabe, by wywołać u tych, którzy nie widzieli owych podzwrotnikowych okolic, uczucia rozkoszy doznawane przez umysł. [...] stawałem raz po raz, by patrzeć na owo piękno, i starałem się utrwalić w pamięci na zawsze wrażenia, o których zarazem wiedziałem, że wcześniej czy później zanikną.*

Karol Darwin, *Podróż na okręcie Beagle*. Tłum. Kazimierz Szarski, KiW 1951

*Za kilkaset lat w tym samym miejscu inny podróżnik, tak samo zrozpaczony jak ja, będzie oplakiwał zniknięcie tego, co ja jeszcze mogłem widzieć, lecz czego nie potrafiłem dostrzec. [...] ustawicznie wyrzucam sobie, że nie przyglądam się dość uważnie.*

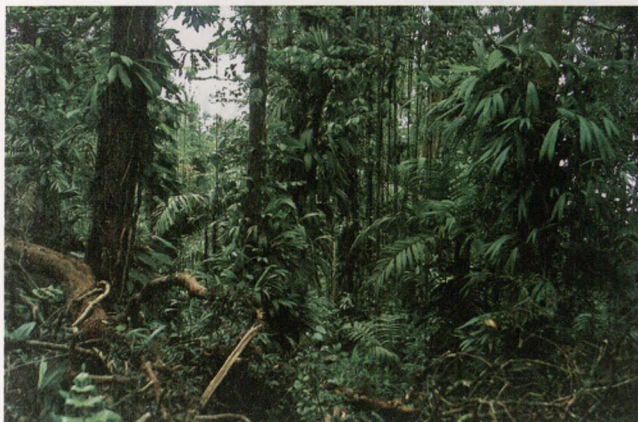
Claude Levi-Strauss, *Smutek tropików*. Tłum. Aniela Steinsberg; PIW 1964

Nie trzeba było setek lat – wystarczyło pół wieku, by to, co oglądał jeszcze Levi-Strauss znikło bezpowrotnie z powierzchni naszej planety. I Darwin i Levi-Strauss, wielcy myśliciele i podróżnicy, różniący się od siebie pod każdym innym względem, w ten sam sposób zachwycili się bogactwem tropików i ulegli podobnej melancholii, z powodu dojmującego poczucia przemijania, zarówno samych zjawisk, jak i pamięci o nich. Jednak na przykładzie tych dwóch uczonych widać, jak wielkie piętno na rozwoju naszej cywilizacji wywarło spotkanie jej wysłanników z przyrodą tropikalną. Zwłaszcza dla przyrodników doświadczenia zdobyte w tropikach okazują się niezwykle owocne. To nie przypadek, że swoje tropikalne „staże” (nieraz długotrwałe i wielokrotnie powtarzane) odbyli Alexander von Humboldt, Karol Darwin i Alfred R. Wallace, a także wielu późniejszych i współczes-

nych biologów, zasłużonych szczególnie dla rozwoju teorii ewolucji i teorii ekologii, jak choćby Henry W. Bates, Ernst Mayr, Theodosius Dobzhanski, David Lack, Eric R. Pianka, Robert H. MacArthur, Joseph H. Connell, Jared Diamond czy Edward O. Wilson; listę można by wydłużać, bo w karierze zawodowej czołowych biologów ewolucyjnych i ekologów nader często przewijają się choćby epizod tropikalny.

„Tropiki” to wyraz niosący ogrom niejasnych, nieraz nacechowanych emocjonalnie skojarzeń. Co naprawdę znaczy? Ściśle rzecz biorąc, wywodzące się z greki słowo *tropic* – to po polsku zwrotnik, a zwrotniki, to równoleżniki 23°27' szerokości północnej i południowej, tam gdzie Słońce „robi zwrot” w swojej rocznej wędrówce po niebie. Potocznie „tropikami” nazywamy obszary ciepłego lub gorącego klimatu leżące pomiędzy

zwrotnikami, wokół równika Ziemi. Jest to ogromna przestrzeń, obejmująca około 40% powierzchni globu, z tego około 20% przypada na lądy. W strefie międzyzwrotnikowej leży więc 27% lądów Ziemi, mniej niż jedna trzecia, ale na tej powierzchni występuje ogromna większość żyjących na Ziemi organizmów, zarówno pod względem biomasy, jak



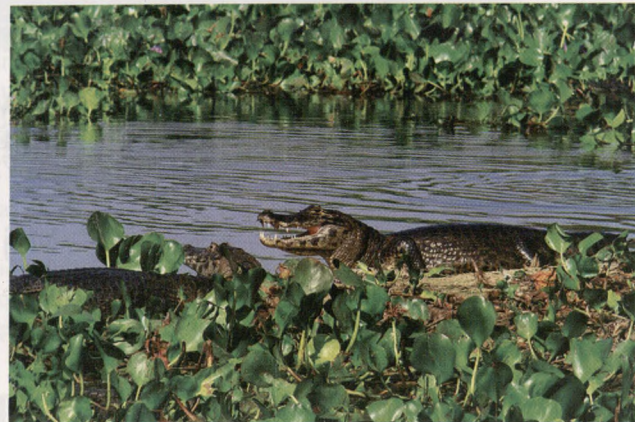
Ryc. 1. Górski las mgłowy w Wenezueli. Fot. J. Weiner

i liczby gatunków. Ocenia się, że tropikalne lasy, sawanny, stepy i półpustynie łącznie wiążą co roku ponad 40 Pg węgla, co stanowi prawie 65% łącznej produkcji pierwotnej wszystkich lądów Ziemi. Dla bilansu węgla w biosferze nie ma to wielkiego znaczenia, bo prawie taka sama ilość węgla równocześnie ulega utlenieniu w procesie naturalnej dekompozycji, ale jest to miara tempa energetycznego zasilania ekosystemów Ziemi: na niespełna 1/3 powierzchni lądów w tropikach przypada 2/3 strumienia energii napędzającej wszystkie procesy życiowe na lądach. Część tego strumienia wykorzystują też ludzie – w tropikach żyje około 40% ludności świata.

Obszary tropikalne są bardzo zróżnicowane, od gorących pustyń, przez sawanny, suche lasy do wilgotnych lasów równikowych; od przybrzeżnych mokradł poprzez wyżynne stepy do lasów górskich, wysokogórskich muraw aż po pustynie lodowe. Nikt nie wie, jaka część różnorodności życia mieści się w strefie między zwrotnikami, bo nie wiadomo w ogóle, ile na Ziemi żyje gatunków, a obszary tropikalne są zbadane słabiej niż inne. Jedno wszakże nie ulega wątpliwości: w tropikach żyje zdecydowana większość wszystkich gatunków. Najbogatszym w gatunki lądowym zespołem organizmów jest prawdopodobnie wilgotny las równikowy; w oceanie jego odpowiednikiem jest rafa koralowa. Nie rozumiemy jeszcze, jakie mechanizmy ewolucyjne i ekologiczne spowodowały, że właśnie w strefie tropikalnej jest tak wielka

różnorodność gatunkowa. Być może, nie zdążymy się tego dowiedzieć, bo również tempo zanikania gatunków w tej strefie jest obecnie największe, przede wszystkim w związku z niszczeniem naturalnych siedlisk.

Biosfera Ziemi to zintegrowany, dynamiczny system, złożony z atmosfery, oceanu, powierzchni



Ryc. 2. Mokradła Pantanal, Brazylia. Fot. J. Weiner

lądów i wszystkich organizmów, z globalnymi gradientami klimatycznymi i obiegiem pierwiastków; system, który kształtuje warunki życia na Ziemi, obecnie wciąż na poziomie sprzyjającym życiu również naszego gatunku, bo człowiek ewoluował w podobnym zakresie parametrów środowiskowych. Na system ten składają się procesy przebiegające na całej planecie, od biegunów po równik, ale biorąc pod uwagę szczególną dynamikę cyrkulacji atmosferycznej i opadów na naszym globie oraz międzyzwrotnikową koncentrację strumienia energii zasilającej procesy życiowe, wszystko, co dzieje się w strefie tropikalnej ma silny wpływ na funkcjonowanie całej biosfery. To ogólnikowe stwierdzenie można uzasadnić wieloma konkretnymi wynikami szczegółowych badań, chociaż daleko nam jeszcze do pełnego rozumienia wszystkich mechanizmów i możliwości przewidywania skutków zmian w poszczególnych częściach tego złożonego układu.

Już Darwin zauważył, że w wielu środowiskach poza strefą wilgotnych tropików dobór naturalny przede wszystkim musiał wyposażyć bytujące tam organizmy w cechy umożliwiające przeżycie w trudnych warunkach fizycznych; w tropikach na ogół nie ma takich ograniczeń, za to bujność życia powoduje ogromne nasilenie interakcji między organizmami; przetrwać mogą tylko te, które dobór naturalny uzbroił do przetrwania w warunkach silnej konkurencji, natężonego drapieżnictwa i pasożytnictwa. Poszczególne organizmy uwikłane

są w sieć interakcji, wiążących wiele różnych gatunków, nieraz splecionych w sposób aż nieprawdopodobny. Brak sezonowości i wysoka temperatura powodują, że przeciętne tempo procesów ekologicznych i ewolucyjnych również może być większe niż w innym klimacie. Czynniki te wymienia się jako możliwe (obok innych) przyczyny ogromnego



Ryc. 3. Las deszczowy nad rzeką Iguassu, Mata Atlantica, Argentyna. Fot. J. Weiner

zróżnicowania strategii życiowych organizmów, a w konsekwencji – wielkiej różnorodności gatunkowej. Intensywność i tempo procesów populacyjnych i ewolucyjnych w tropikach powodują, iż tamtejsze ekosystemy stanowią doskonałe laboratorium badawcze, gdzie procesy biologiczne przejawiają się ze szczególną wyrazistością. Wielcy odkrywcy właśnie w tropikach mogli dostrzec zjawiska, które występują wszędzie na Ziemi: darwinowski dobór towarzyszy wszak wszelkim przejawom życia, przykłady mimikry batesjańskiej można znaleźć i poza tropikami, wszędzie dochodzi do specjacji, jaką opisywał Mayr, a zespoły gatunków pod każdą szerokością geograficzną organizują się według reguł, które próbował identyfikować Diamond na wyspach Pacyfiku. Wiele przykładów świadczy o tym, że wyniki badań przyrodniczych w tropikach prowadzą do wniosków o charakterze uniwersalnym.

Trudno się zatem dziwić, że co najmniej od połowy XX wieku badania naukowe w tropikach powadzone są intensywnie przez wszystkie liczące się centra badawcze na świecie (dziś coraz częściej położone na miejscu, w krajach tropikalnych – nie tak jak dawniej, tylko w USA i Europie Zachodniej). Międzynarodowych towarzystw naukowych zajmujących się badaniami przyrody tropików jest coraz więcej, przybywa też wpływowych czasopism naukowych poświęconych wyłącznie tej tematyce. Wysokim prestiżem cieszą się zwłaszcza:

*Tropical Ecology, Biotropica, Ecotropica, Revista de Biología Tropical, Journal of Tropical Ecology, Tropics, Tropical Ecology Letters*; oczywiście publikacje o biologii i ekologii tropików ukazują się również w wielu innych międzynarodowych periodykach. Najlepsze uniwersytety świata z zasady oferują swoim studentom tropikalne kursy tereno-



Ryc. 4. Zarośla kaktusów na półwyspie Paraguana, północna Wenezuela. Fot. J. Weiner

we, takie kursy o charakterze międzynarodowym organizuje też Tropical Biology Association (TBA).

W naszym kraju – poza zupełnie oczywistym skupieniem się na przyrodzie ojczyzny (czego nigdy dość!) – od połowy XX wieku intensywnie zajęto się obszarami polarnymi. Są polskie stacje badawcze na Antarktydzie i Spitsbergenie, liczni specjaliści biorą udział w ważnych międzynarodowych programach. Udział polskich badaczy tropikalnych nie dorównywał aktywności polarników. Polska nigdy nie posiadała kolonii zamorskich, więc eksploracja tropików nie należała do naszej narodowej tradycji, jak to było w Wielkiej Brytanii czy we Francji. Nieliczni polscy uczeni, którzy wnieśli poważny wkład w XIX-wieczne badania przyrody tropików, jak Konstanty Roman Jelski (1837–1896) czy Jan Stanisław Sztolcman (1854–1928) należeli do wyjątków. W wieku XX różne przyczyny – także polityczne i ekonomiczne – mocno ograniczały aktywność polskich badaczy w tych rejonach. Dziś to się wyraźnie zmienia. Obszary tropikalne Azji, Afryki i Ameryki Południowej stają się coraz bardziej dostępne dla polskich podróżników i to nie tylko tych najzamożniejszych; przyrodnicy coraz częściej podejmują badania przyrody tropikalnej. Inspiracji, jaką daje zetknięcie z najbujniejszą przyrodą na naszej planecie nie da się niczym zastąpić. Ale żeby doznać olśnienia, trzeba umieć patrzeć. Darwin, gdy wchodził na okręt *Beagle*, miał 22 lata, tyle co student IV roku



Ryc. 5. Rafa koralowa w Morzu Czerwonym (Egipt). Fot. J. Weiner

biologii współczesnego uniwersytetu. Darwin był właściwie samoukiem, doskonale przygotowanym

Prof. dr hab. January Weiner, ekolog, czł. czynny PAU, czł. korespondent PAN, pracuje w Instytucie Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego.  
E-mail: january.weiner@uj.edu.pl

by patrzeć i widzieć. Dziś samokształcenie zastępuje zorganizowana edukacja uniwersytecka, a studenci wydziałów przyrodniczych, także u nas, uczestniczą w kursach biologii tropikalnej. Od szeregu lat nasi studenci indywidualnie biorą udział w międzynarodowych kursach organizowanych przez TBA, do dziś kursy te ukończyło kilkanaście osób. Od dwóch lat kurs ekologii tropikalnej prowadzony jest na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi UJ we współpracy z naukowcami wenezuelskimi; przygotowany jest też kurs ekologii raf koralowych w Egipcie. Młodzi adepci nauk przyrodniczych podejmują coraz ambitniejsze wyprawy egzotyczne, także w tropiki, jako turyści indywidualni; ważne, by mieli oczy otwarte szeroko, a umysły przygotowane, by nie tylko patrzeć, ale dostrzegać.

## POSZUKIWACZE PRZYRODNICZYCH BIAŁYCH PLAM

Udział Muzeum Zoologicznego UJ w badaniach bioróżnorodności lasów tropikalnych

*Rafał Garlacz (Kraków)*

W połowie XV wieku rozpoczął się okres burzliwej eksploracji geograficznej świata. Na mapach dostępnych dla żeglarzy i podróżników organizujących wyprawy karawanowe na lądzie, widać było wiele tzw. białych plam, a więc miejsc, co do których brakowało jakichkolwiek informacji. Czeptały one na swoich odkrywców - geografów i przyrodników, którzy stopniowo wypełniali je wynikami swoich obserwacji i pomiarów. Obecnie, kiedy powierzchnia naszej planety nie kryje już żadnych geograficznych niespodzianek, a każdy z nas może swobodnie „podróżować” po świecie dzięki łatwemu dostępowi do Internetu, wydaje się, że białe plamy w ich pierwotnym rozumieniu już nie istnieją.

Owszem, wprawdzie geograficzne rozpoznanie powierzchni naszej planety jest niezwykle dokładne dzięki danym nadsyłanym z systemu satelitów, to rozpoznanie przyrodnicze pozostaje za nim daleko w tyle. Obecnie należy więc mówić raczej o przyrodniczych białych plamach, czyli o tych miejscach na Ziemi, których flora i fauna nie są

w ogóle, albo są tylko częściowo poznane. W przeszłości wymazywanie przyrodniczych białych plam następowało poniekąd równoległe z rozpoznaniem geograficznym, najczęściej jednak towarzyszyło temu procesowi duże opóźnienie. Znacznie trudniej jest bowiem zbadać skład gatunkowy flory i fauny, nawet na stosunkowo małym obszarze, zwłaszcza jeśli charakteryzuje się on szczególnie wysoką bioróżnorodnością. Wobec tego można zapytać, gdzie obecnie powinniśmy szukać miejsc zasługujących na miano przyrodniczych białych plam? Odpowiedź jest prosta: wszędzie tam, gdzie listy gatunkowe roślin i zwierząt nie są kompletne i stale dopisywane są do nich nowo odkryte gatunki. Do takich rejonów na świecie należą przede wszystkim lasy tropikalne.

W ostatnich latach biologowie zwrócili szczególną uwagę na obszary górskie Ameryki Południowej, głównie Andy. W stosunkowo krótkim czasie okazało się, że środowiska tych gór, niezwykle zróżnicowane pod względem geomorfologicznym i klimatycznym, kryją w sobie niezliczoną



ilość różnorodnych nisz ekologicznych zajmowanych przez ogromną liczbę gatunków roślin i zwierząt. Liczba ta jest daleko większa od tej, jaką znamy z badań nizinnych, amazońskich lasów tropikalnych.

Andy to drugi po Himalajach łańcuch górski, ciągnący się po zachodniej stronie Ameryki Południowej od Wenezueli po południową część Chile. Ze względu na swoją wysokość stanowi on potężną barierę dla mas powietrza napierających zarówno z Pacyfiku jak i Amazonii. Ogromne ilości pary wodnej, skraplają się na wschodnich, a w północnej części łańcucha, również na zachodnich stokach tych gór. Dzięki temu zbocza Andów porasta bujna roślinność tropikalna nazywana lasem mgłowym lub chmurnym. I właśnie to środowisko charakteryzuje się najwyższą bioróżnorodnością spośród wszystkich ekosystemów lądowych. Ale Andy to nie tylko lasy, to również bardzo suche i głębokie doliny oraz wysokogórskie łąki nazywane paramo i puna. To bardzo specyficzne środowiska z fauną doskonale przystosowaną do skrajnie trudnych warunków, silnych wiatrów, wysokiego promieniowania UV i dużych wahań temperatury. Jeśli do zróżnicowania klimatów i środowisk związanych ze wzrostem wysokości nad poziomem morza, dołożymy jeszcze skomplikowaną budowę morfologiczną Andów, zrozumiemy dlaczego flora i fauna są tak bardzo różnorodne. Patrząc uważnie na mapę zauważymy, że Andy nie tworzą jednolitego pasma, lecz porozdzielane są bardzo głębokimi dolinami, które oddzielają od siebie wiele kordylier oraz izolowanych masywów i grup górskich. Ponadto każda z kordylier przecięta jest przynajmniej w kilku miejscach dolinami rzek, które mają swoje źródła wysoko w górach i płyną w kierunku Amazonki lub Pacyfiku. W praktyce układ taki można porównać do archipelagu wysp ekologicznych

na lądzie, w którym poszczególne fragmenty środowisk nie kontaktują się ze sobą. Taka nieciągłość utrudnia przepływ genów pomiędzy izolowanymi od siebie populacjami gatunków, sprzyjając jednocześnie procesom specjacji, w wyniku których dochodzi do ewolucji gatunków endemicznych o ograniczonych zasięgach występowania.



Przywilejem naukowca, który odkrywa nieznaną nauce organizm, jest możliwość nadania mu nazwy zgodnej z Międzynarodowym Kodeksem Nomenklatury Zoologicznej, który reguluje zasady nadawania nazw nowym taksonom. Bardzo często pierwowzorem nazwy staje się miejsce pochodzenia gatunku, charakterystyczna cecha, nazwisko lub imię osoby, której gatunek może zostać zadedykowany. Profesor Janusz Wojtusiak (UJ) wraz z dr Zsoltem Balintem (Muzeum Historii Naturalnej w Budapeszcie) utworzyli nowy rodzaj dla nowego gatunku neotropikalnego modraszka, którego nazwę (*Jagiello*) dedykowali Uniwersytetowi Jagiellońskiemu, dla uhonorowania najstarszej polskiej wszechnicy. Motyl ten został odkryty w Peru przez prof. J. Wojtusiaka i dr T. Pyrcza. Pełna jego nazwa brzmi: *Jagiello molinopampa* Balint & Wojtusiak, 2000.

Trzydzieści lat temu pracownicy Muzeum Zoologicznego UJ rozpoczęli intensywne badania w tym regionie świata. Dotyczą one różnych zagadnień z zakresu systematyki, faunistyki, zoogeografii oraz ekologii motyli, gdyż właśnie te owady zostały wybrane jako grupa modelowa. Badania faunistyczne polegają na sporządzaniu możliwie dokładnych list gatunków występujących na danym terenie. Pozybrane w terenie okazy służą następnie do opracowań systematycznych, a na ich podstawie opisywane są nowe taksony – rodzaje, gatunki i podgatunki, nieznanne do tej pory nauce. Na podstawie danych z wymienionych wyżej dziedzin prowadzone są analizy zoogeograficzne oraz ekologiczne, dzięki którym mo-

żliwe jest wskazanie czynników wpływających na skład gatunkowy faun w poszczególnych kordylierach, masywach, czy na różnych wysokościach nad poziomem morza.

### Kilka przykładów...

Poznanie i ocena bioróżnorodności lasów mgłowych wymaga odpowiedniego zaplanowania badań tak, aby zostały uwzględnione wszystkie opisane wyżej uwarunkowania. Pomimo tego, że przedmiotem zainteresowania jest cały rząd motyli, to szczegółowe badania prowadzone są tylko na kilku wybranych grupach modelowych.

Pierwszą z nich są tzw. motyle dzienne należące do plemienia Pronophilini występującego tylko w krainie neotropikalnej, głównie w regionach

górkich. Dzięki intensywnym badaniom prowadzonym przez pracowników Muzeum Zoologicznego, jest to obecnie bardzo dobrze poznany takson. Zgromadzone w Muzeum zbiory naukowe okazów z tej grupy są obecnie największymi na świecie. Na ich podstawie dr Tomasz Pyrcz opisał 249 nowych dla nauki gatunków i podgatunków, co stanowi 1/3 wszystkich znanych do tej pory taksonów zaliczanych do tego plemienia oraz wyróżnił 6 nowych rodzajów. Badania pozwoliły na wyjaśnienie również wielu aspektów biologii tych motyli, między innymi: morfologii stadiów rozwojowych, rodzaju roślin żywicielskich oraz szczegółów ich rozmieszczenia geograficznego. Obecnie równoległe do badań faunistycznych i zoogeograficznych, prowadzone są prace nad mechanizmami specjacji w obrębie tej grupy, a także nad znaczeniem i biologiczną funkcją wybranych elementów ubarwienia skrzydeł u osobników obu płci.

W zbiorach Muzeum znajduje się również wiele okazów ciem należących do rodziny zwójkówkowatych (Tortricidae). Te niewielkie motyle zbierane były głównie przy okazji innych badań, ale jak później pokazała dalsza analiza, materiał ten obfitował w nowe gatunki. W chwili obecnej z samego Ekwadoru znanych jest 610 gatunków, z czego aż 246 opisanych zostało ze zbiorów Muzeum przez profesorów Józefa Razowskiego i Janusza Wojtusziaka. Utworzono dla nich 15 rodzajów nowych dla nauki. Świadczy to o bardzo słabym rozpoznaniu fauny drobnych, nie rzucających się w oczy owadów.

Dużą uwagę w czasie badań w terenie pracownicy Muzeum przywiązują również do bardzo specyficznej grupy ciem aktywnych w ciągu dnia (głównie *Erateina* i *Heterusia*). W największych kolekcjach na świecie owady te są bardzo słabo reprezentowane, gdyż ich odłów w naturalnym środowisku jest bardzo trudny, a i one same najczęściej występują nielicznie i lokalnie. Zgromadzony

w Muzeum materiał jest imponujący, a prowadzone na nim prace pokazują jak wiele nowych gatunków czeka na opis.

W wyniku wieloletnich badań terenowych w Andach w zbiorach Muzeum Zoologicznego zgromadzono i zabezpieczono do przyszłych badań setki tysięcy okazów należących do rzędu motyli.



Brachypteryczność, czyli redukcja powierzchni skrzydeł wśród przedstawicieli motyli nie jest zjawiskiem rzadkim. Do niedawna znane jednak było tylko wśród motyli nocnych. W czasie jednej z wypraw organizowanych przez Muzeum Zoologiczne UJ do Wenezueli odkryto pierwszy taki przypadek u samicy motyla dziennego. Gatunek został nazwany *Redonda bordoni* Vilorio & Pyrcz, 2004 i występuje wysoko w paramo El Batallon, gdzie dominują silne wiatry. Redukcja powierzchni skrzydeł u samicy zmniejsza prawdopodobieństwo porwania jej przez wiatr i wyrzucenia poza obręb środowiska, w którym może złożyć jaja. Na zdjęciu widoczny samiec (po prawej) oraz samica (po lewej) w czasie kopulacji. Fot. P. Boyer

W czasie dokonywanych przez człowieka gwałtownych zmian środowiska w Andach, polegających na niszczeniu lasów i przekształcaniu naturalnych obszarów w użytki rolne, zbiory te będą kiedyś jednym z nielicznych źródeł materiałów naukowych dostępnych dla przyszłych pokoleń badaczy.

W tym miejscu należy zapytać, czy gromadzenie kolekcji nie przyczynia się również do tej degradacji? Odpowiedź brzmi: nie! Osobniki odłowione w ich naturalnym środowisku to niezwykle mały ułamek tego, co każdego dnia staje się łupem drapieżników, parazytoidów, czy też ginie z powodu np. zmiennych warunków pogody. Nieporównanie większą szkodę

w środowisku powoduje wycięcie jednego drzewa, z którym związane są dziesiątki towarzyszących roślin i setki gatunków zwierząt, niż odłowienie kilkuset okazów podczas pobierania prób faunistycznych ze środowiska.

### Tylko dla wybrańców?

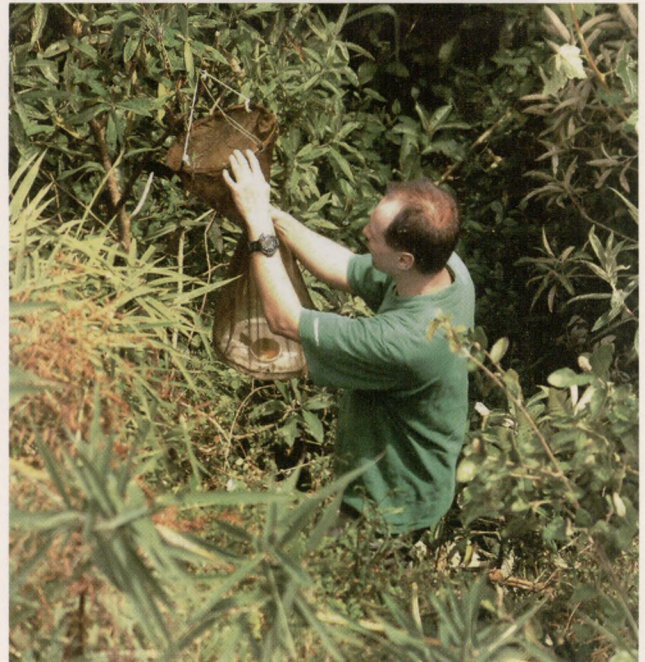
Praca badawcza w bardzo różnorodnych przyrodniczo regionach świata wymaga sporej wiedzy specjalistycznej. Nie należy z góry zakładać, że zdobycie takiej wiedzy jest niemożliwe, ponieważ przy odrobinie zainteresowania i samozaparcia oraz wieloletniej pracy można takie doświadczenie nabyć i stać się specjalistą w jakiejś grupie. Praca systematyka czy faunisty to nie tylko żmudne ślęczenie w pracowni, to również udział w badaniach terenowych. Wszyscy adepci sztuki entomologicznej, oprócz zainteresowania przedmiotem badań,



Ryc. 1. Uczestnicy polsko-węgiersko-peruwiańskiej wyprawy do Peru w 2002 roku. Park Narodowy Yanachaga-Chemillen, stacja terenowa El Cedro na wysokości 2450 m n.p.m. Fot. J. Wojtusiak



Ryc. 2. Prof. Janusz Wojtusiak przy pracy – nocny odlów ciem przywabionych do światła. W ciepłe, pochmurne noce, zwłaszcza kiedy jest mgła lub pada lekki deszcz, tiulowy kłosz potrafi być szczelnie pokryty przez siedzące na nim owady. Fot. R. Garlacz



Ryc. 3. Dr Tomasz Pyrz w czasie sprawdzania pułapek zapachowych służących do odlowu motyli. Fot. R. Garlacz

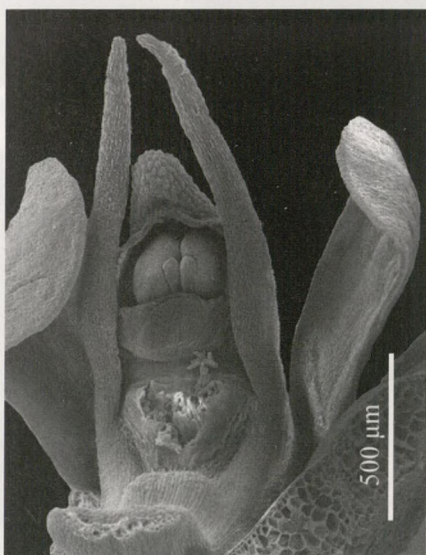
powinni wykazać się również odpornością na różne niewygody towarzyszące badaniom oraz odpowiednią formą fizyczną i wytrzymałością przy poruszaniu się po górach, czasami z dużym obciążen-

iem. Nie należy jednak od razu się zniechęcać, ponieważ przygody i wrażenia towarzyszące każdej wyprawie z nawiązką wynagradzają wszystkie poniesione trudy.

# NIEZWYKŁE RELACJE STORCZYKÓW I ZWIERZĄT

Piotr Rutkowski, Agnieszka Kowalkowska (Gdańsk)

Każdy żywy organizm, niezależnie od królestwa, w jakim jest klasyfikowany, z biologicznego punktu widzenia jest charakteryzowany przez dwa, dość skomplikowane procesy: zdolność do przetwarzania materii, czyli metabolizm, oraz zdolność do replikacji – powstania kolejnego pokolenia, czyli rozmnażania. Rozmnażanie jest związane z rekombinacją materiału genetycznego. Aby do tego doszło, potrzeba zwykle dwóch organizmów rodzicielskich, których gamety muszą się spotkać w tym samym miejscu. O ile swobodnie poruszające



Ryc. 1. Pręciosłup *Bulbophyllum* sp. sekcja *Monililibulbus*. Fot. A. Kowalkowska

się organizmy zwierzęce nie mają ze spotkaniem żadnych problemów, o tyle przytwierdzone korzeniami do podłoża rośliny musiały opracować inny mechanizm transportu materiału genetycznego nieraz na bardzo znaczne odległości. Wymagało to powstania struktury transportującej – ziarna pyłku. Proces przeniesienia ziaren pyłku z pręcików na słupki nosi nazwę zapylania i z małymi wyjątkami jest specyficzny tylko dla świata roślin. Stanowi on także zasadnicze i pierwszoplanowe zadanie w życiu roślin. Proces ten dokonuje się najczęściej za pośrednictwem zwierząt, które znacznie bardziej precyzyjnie niż wiatr czy woda, w większości nieświadomie, roznoszą liczne ziarna pyłku stając się jego kurierami i wykonując czynność, która decyduje o dalszym „być lub nie być” poszczególnych gatunków roślin.

Obecnie ok. 92% wszystkich gatunków roślin zapylanych jest w drodze zoogamii. Ostrożne dane mówią, iż rośliny kwiatowe zapyla ok. 1 200 gatunków zwierząt kręgowych i ponad 150 000 bezkręgowców. Każda z grup zoogamicznych roślin w zależności od zwierząt, które ją zapylają, charakteryzuje się występowaniem całego wachlarza przystosowań. Część roślin charakteryzuje się cechami kwiatu, które umożliwiają ich odwiedzenie przez wiele grup zwierząt zapylających, inne przystosowały się wyłącznie do zapylania przez jeden rodzaj lub nawet gatunek zwierzęcia zapylającego.

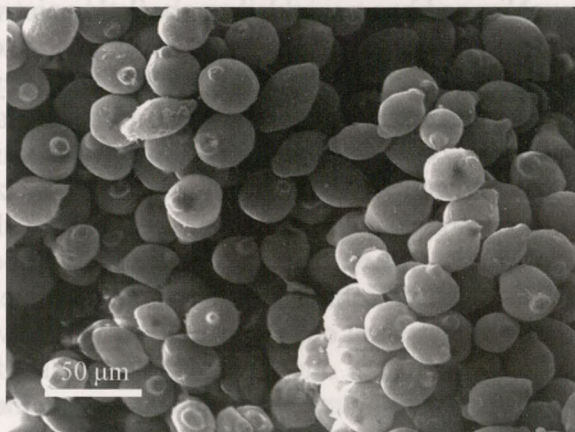
Storczykowate (Orchidaceae) stanowią szczytowe osiągnięcie w ewolucji roślin okrytozłazkowych w kierunku zoogamii. Występuje tu szczególnie wiele gatunków dostosowanych do zapylania przez wyłącznie jeden gatunek zwierzęcia. Również u storczyków znajdujemy wiele tylko im charakterystycznych a często nawet „perwersyjnych” przystosowań w kierunku zoogamii.

## Przystosowania storczyków do zoogamii

Najbardziej charakterystycznym przystosowaniem storczykowatych do zoogamii jest zrośnięcie płodnego pręcika ze znamieniem słupka w jedną całość tzw. pręciosłup. Również w jego obrębie znajdujemy wyspecjalizowane w kierunku zapylania struktury: trzoneczki (caudicule), pochodzące z przekształcenia sterylnej części masy pyłkowej oraz rostellum, viscidium, tegula i hamulus powstałe z przekształconej łatki znamienia. Struktury te mają za zadanie precyzyjne zdeponowanie pyłkowiny na ciele zwierzęcia.

U storczyków cała masa pyłkowa z worka pyłkowego przekształcona jest w jedną mniej lub bardziej zbitą masę zwaną pyłkowiną (pollinium), która razem z trzoneczkami, hamulusem, tegulą oraz viscidium tworzy strukturę zwaną pollinarium. To właśnie pollinarium jest następnie precyzyjnie zdeponowane na ciele zwierzęcia zapylającego. Poszczególne pyłkowiny różnią się od siebie wielkością i stopniem zbitości masy pyłkowej. W obrębie pyłkowiny może znajdować się ogromna, dochodząca nieraz do 4 mln. liczba ziaren pyłku.

Okwiat storczyków jest zwykle bardzo kolorowy. Jeden z płatków wewnętrznego okółka może przekształcać się w odmienne ubarwioną warżkę stanowiącą nie tylko powabnię, ale także i rodzaj lądowiska dla niektórych owadów. Na jej powierzchni obserwuje się różnego typu struktury (brodawki, włoski, włosy, wyrostki, zgrubienia) będące atraktantami wabiącymi zwierzęta zapylające.

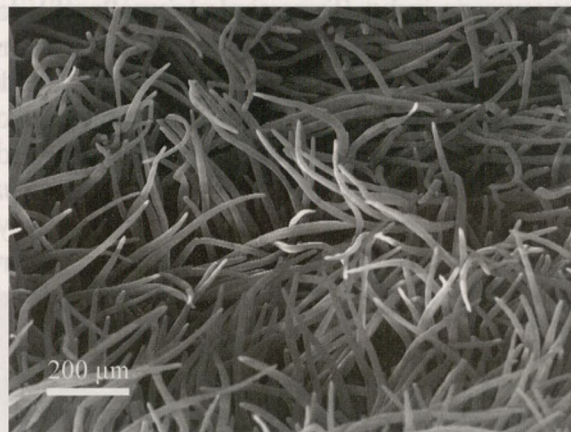


Ryc. 2. Pseudopyłek *Maxillaria molitor*. Fot. A. Kowalkowska

Większość owadów poszukuje w kwiatach storczyków pożywienia - nektaru. Ten słodki płyn został wytworzony przez rośliny właśnie w celu swoistej zapłaty za zapylanie. Jego skład to woda oraz mieszanina trzech cukrów: monosacharydów - glukozy i fruktozy oraz disacharydu - sacharozy. Wzajemny stosunek wagowy poszczególnych sacharydów do siebie w nektarze jest zróżnicowany, przykładowo w kwiatach zapylanych przez kolibry dominuje fruktoza, podczas gdy w białych kwiatach zapylanych przez owady nocne największy udział ma glukoza. Generalnie stężenie cukrów w nektarze jest zmienne, ale nie przekracza 75 % jego masy. U kwiatów zapylanych przez ptaki i motyle stężenie nie przekracza 15-25%, podczas gdy u kwiatów zapylanych przez błonkoskrzydłe dochodzi do 50%.

Najczęściej nektar po wytworzeniu przez nektarium trafia do ostrogi, czyli do mniej lub bardziej wydłużonego wyrostka warżki. Storczyki zapylane przez nocne owady długossawkowe są rekordzistami pod względem długości ostrogi dochodzącej nawet do kilkudziesięciu centymetrów (ponad 30 cm u *Angraecum sesquipedale*). Oprócz tego kwiaty w ten sposób zapylane, niezależnie od pozycji systematycznej jaką zajmują, charakteryzują się podobnym zestawem cech. Kwiaty są barwy białej, kremowej lub białozielonej o silnym słodkawym lub owocowym zapachu. Nie posiadają szlaków nektarowych. Zygomorfizm jest tu słabo

zaznaczony, a warżka nie różni się zwykle od pozostałych elementów okwiatu, ponieważ owady nocne penetrują kwiaty w locie nie siadając na nich. Owad, chcąc napić się nektaru, musi wsunąć aparat gębowy głęboko do ostrogi kwiatu. Jeśli jest zbyt krótka - nie dosięgnie nektaru, jeśli jest wystarczająco długa - owad by się napić musi wsunąć ją całą i w ten sposób dociska głowę do przetosłupa. Pyłko-



Ryc. 3. *Maxillaria calichroma* włoski na warżce. Fot. A. Kowalkowska

wina, w zależności od szerokości łącznika, jest najczęściej deponowana na jego głowie, u nasady aparatu gębowego, czy nierzadko na jego oczach.

Storczyki oferują zwierzętom je zapylającym nie tylko słodki nektar, ale także pseudopyłek. Jest on zbudowany z rozczłonowanych włosków, swym wyglądem przypominających ziarna pyłku. Włoski są zjadane przez owady - stanowią one przede wszystkim źródło aminokwasów z niewielką domieszką skrobi, cukrów i tłuszczów. Kolejną nagrodą za zapylanie są substancje woskowe połykające na zgrubieniu warżki. Wosk zbierany jest często przez samice pszczolinek do budowy ich gniazd.

Jednak aż 1/3 storczyków nie oferuje za zapylanie żadnej zapłaty, nie produkują one nektaru. Są więc one zapylane w wyniku innej niż „kupiecka” strategia. Są to rośliny naśladowcze oraz charakteryzujące się posiadaniem kwiatów pułapkowych.

### Storczyki naśladowcze

Mimikra u storczyków przybiera różne formy. Przykładowo, nieprodukujące nektaru gatunki storczyków mogą upodabniać się do roślin miododajnych. Np. w naszej flory do tej grupy należy storczyca kulista (*Traunsteinera globosa*). Rodzaj ten rośnie tylko na południu Polski na górskich łąkach wraz z gatunkami driakwi (*Scabiosa*). Za-

równy storczyca, jak i driakiew, charakteryzują się zbitymi, główkowatymi kwiatostanami, jednakże w odróżnieniu od driakwi storczyca nie wytwarza nektaru. Płatki w *Traunsteinera* są ostro zakończone maczugowatymi zgrubieniami, które imitują pręciki u *Scabiosa*, przez co owady odwiedzają oba rodzaje roślin w poszukiwaniu nektaru.

Storczyki tropikalne również naśladują rosnące wraz z nimi rośliny miododajne. Przykładowo australijskie gatunki z rodzaju *Diuris* kolorem i częściowo kształtem okwiatu upodobniają się do miododajnych z rodziny Fabaceae (zwanych potocznie roślinami motylkowymi). Natomiast południowoamerykańskie storczyki z rodzaju *Cyrtochilum* upodobniają się do *Malphigia*. W tym przypadku owady zapylające poszukują nie nektaru a elajforów występujących u przedstawicieli rodziny Malpighiaceae.



Ryc. 4. *Dracula erythrochaete* zapylana w drodze mycetomiofilli. Fot. A. Kowalkowska

Kolejnym przykładem kwiatów naśladowczych jest zapylanie w drodze mycetomiofilli, czyli przystosowanie do zapylania przez samice muchówek ziemiarek składające jaja na owocnikach grzybów. Rośliny wykazujące takie przystosowania zasiedlają z reguły silnie zacienione siedliska, zarówno naziemne, jak i epifityczne, oraz charakteryzują się ciemną kolorystyką okwiatu i zapachem

grzybów lub pleśni. Dokładny mechanizm zapylania polega na imitacji miejsca rozrodu. Samice muchówek zwabione zapachem i kolorem kwiatu składają jaja w obrębie warzki szczególnie między blaszkami warzki imitującej hymenofor owocnika. Larwy wylęgające się z jaj nie są zdolne do odżywiania się tkankami roślinnymi i umierają przed przekwitnięciem kwiatu.

Niezwykłym przykładem naśladownictwa jest mimikra storczyków do samic owadów. Rośliny zapylane są w drodze tzw. pseudokopulacji. Najlepiej poznanym przykładem storczyka tak zapylanego jest europejski rodzaj dwulistnik (*Ophrys*). Dwulistniki charakteryzuje duża, bardzo ozdobna warzka i uproszczone pozostałe płatki okwiatu. Warzka barwą, kształtem i wielkością upodabnia się do samic niektórych grup pszczołek. Jest pokryta włosami o podobnej długości i sztywności jak włoski na odwłokach samic. Jednakże kwiaty dwulistników zwabiają samce pszczołek przede wszystkim zapachem, który dokładnie emituje feromony wydzielane przez gotową do kopulacji samicę pszczołki. Co ciekawe, kwitnienie dwulistników ma miejsce na kilka dni przed osiągnięciem dojrzałości do rozrodu samic. Samce podejmują z warzką storczyka próby kopulacji, po czym zniechęcają się i odlatują przenosząc jednocześnie pyłkownicę na głowie lub odwłoku (w zależności od wzoru na warzce).

Zjawisko zapylania w drodze pseudokopulacji było szczegółowo badane; przykładowo środkowoamerykański gatunek *Mormolyca ringens* zapylany jest w drodze pseudokopulacji przez *Nannotrigona testaceicornis*. W wyniku przeprowadzonej analizy budowy kwiatu oraz analiz chromatografii cienkowarstwowej i gazowej odkryto, iż przypominający feromony zapach jest wydzielany przez włoski, zlokalizowane głównie w środkowej części warzki. Włoski te zawierają ponad 30 aromatycznych związków chemicznych. Ich precyzyjne stężenie warunkuje wydzielanie pobudzającego samców *Nannotrigona* zapachu. Również i ten gatunek storczyka kwitnie przed okresem osiągnięcia dojrzałości płciowej przez samice owada.

Najbardziej niezwykły sposób zapylania storczyków w drodze pseudokopulacji został opisany na kontynencie australijskim. Rośnie tam rodzaj *Drakaea*, którego kwiat imituje samicę błonkówki z podrodziny Thynninae. Jej larwy żywią się larwami innych owadów żyjących pod ziemią. Samice Thynninae w ich poszukiwaniu żyją przez cały czas pod ziemią, na powierzchnię wychodzą tylko raz -

celem odbycia lotu godowego. Ich podziemny tryb życia przyczynił się do uwstecznienia skrzydeł, stąd uskrzydłone samce unoszą bezskrzydłe samice obejmując je odnóżami. W locie dochodzi do kopulacji. Warzka *Drakaea* imituje samicę czekającą na źdźbło trawy na samca. Wydziela ona specyficzne feromony, przez co łatwo jest przez samce lokalizowana. Samiec ląduje na warzce i próbuje unieść ją do „godowego lotu”, ale ponieważ jest ona przymocowana na mocnym, lecz giętkim łączniku, wprowadza ją w ruch wahadłowy. W wyniku nasilenia się tego ruchu, samiec uderza tułowiem o prętosłup, co powoduje przyklejenie się pyłkowiny pomiędzy jego skrzydłami. Przy kolejnej próbie kopulacji pyłkowina ta zostanie zdeponowana na znamieniu słupka.

Brazylijski storczyk *Trigonidium obtusum* łączy zapylenie na drodze pseudokopulacji z cechami kwiatu pułapkowego. Jest on zapyłany przez samce błonkówki *Plebia droryana*, które zwabione feromonowym zapachem i opalizującymi w słońcu strefami na płatkach okółka wewnątrz próbują z nimi kopulować. W efekcie tej próby zsuwają się w dół do wnętrza kubeczkowatego kwiatu ocierając się grzbietową stroną o prętosłup; następnie już z pyłkownią owady opuszczają kwiat szukając kolejnej „samicy”.

Australijskie storczyki *Leporella fimbriata* i *Chiloglottis formicifera* zapyłane są przez oskrzydłonego samca mrówki *Myrmecia urens*, także w drodze pseudokopulacji. Zapylenie przez mrówki znane jest u bardzo nielicznej grupy roślin, głównie z uwagi na to, iż zwierzęta te są w stosunkowo małym stopniu zainteresowane słodką nagrodą za zapylenie, jak również ich naziemny oraz osiadły tryb życia nie czyni z nich skutecznych kurierów pyłku. Wyjątkiem mogą tu być oskrzydłone samce aktywnie poszukujące gotowych do kopulacji samic. *Leporella fimbriata* wabi je poprzez liczne, białe wyrostki na warzce. Pomimo, iż wizualnie nie przypominają one samicy, emitują bardzo silny zapach feromonów, charakterystyczny dla seksualnie aktywnej królowej. Dodatkowo samiec mrówki po wylądowaniu na warzce penetrując ją nieświadomie porusza wyrostkami, zwiększając tym samym bodźce zapachowe. Ciemne obramowanie warzki i jej struktura również zwiększa podobieństwo do owada. Natomiast warzka u *Chiloglottis formicifera* charakteryzuje się grudkowatym ciemnym wyrostkiem, który przypomina królową. Również i ten gatunek wydziela odpowiednie feromony.

Znacznie rzadziej od taksonów zapyłanych na drodze pseudokopulacji występują taksony za-

pyłane na drodze pseudopasożytnictwa. Występują one głównie w Australii. Przykładowo rodzaj *Calochilus* charakteryzuje się dużą warzką pokrytą długimi mięsistymi włoskami o ciemnofioletowej lub granatowej barwie. Zapylenia dokonują osy z rodzaju *Campsomeris*, których samice składają jaja w ciele larw lub gąsienic innych owadów. Włochata warzka u *Calochilus* najprawdopodobniej „kojarzy się” błonkówce z gąsienicą, gdyż obserwowano próby złożenia w niej jaj. Podczas tej skądinąd nieudanej czynności, owad przenosi pyłkowiny storczyka na własnej głowie.

Zbliżony mechanizm zapyłania występuje także u innych taksonów storczyków. Przykładowo wzory na płatkach okółka zewnętrznego u *Paphiopedilum rothschildianum* ładząco przypominają



Ryc. 5. *Restrepia* sp. zapyłana prawdopodobnie w drodze pseudopasożytnictwa. Fot. A. Kowalkowska

kolonię mszyc. Rośliny te wabią muchówki, które w mszycach składają jaja, a ich larwy żyją w nich jako pasożyty. Muchówki próbując złożenia jaj w kwiecie, wpadają do trzewikowatej warzki, skąd wydostać się mogą jedynie ocierając się o prętosłup. Podobnie niektóre taksony w rodzaju *Brassia* mają nakrapiane płatki imitujące kolonie mszyc. Nieco odmienny sposób zapyłania na drodze pseu-

dopasożytnictwa występuje u meksykańskiego storczyka *Encyclia cochleata*. Otóż na warzcie znajduje się wzór widoczny jedynie w ultrafiolecie. Przypomina on potencjalnego żywiciela larw pewnych os. W tym przypadku dochodzi do zapylania *Encyclia* na drodze pseudopasożytnictwa.

### Storczyki o kwiatach pułapkowych

Kwiaty pułapkowe, oprócz Orchidales, znane są także np. u Aristolochiales czy Gentianales. Jednak to u storczyków kwiaty pułapkowe są najbardziej zróżnicowane w świecie roślin. Pułapki mogą być różnego rodzaju. Europejski kruszczyk szero-kolistny (*Epipactis helleborine*) i południowoamerykańska *Stanhopaea tigrina* wydzielają zapachy działające oszłamiająco na owady. Podobnie ich nektar zawiera aromatyczne „domieszki”, przez co owady odurzone narkotycznym nektarem i zapachem stają się ospałe, a ich ruchy nieskoordynowane i spowolnione, co zwiększa prawdopodobieństwo zdeponowania na nich pyłkowni.

Kwiaty neotropikalnego rodzaju *Coryanthes* mają dość niezwykłą budowę. Ich warzka jest duża, kubkowata, o bardzo śliskich, mieniących się na słońcu brzegach. Zbiera się w niej woda mieszając się z niewielką ilością nektaru. Pozostałe płatki okwiatu pełnią jedynie rolę powabni. Potężny przęsłup zaopatrzony jest u nasady w dwa wyrostki, na szczycie których pojawiają się kropelki wody. Owad zwabiony barwą, połyskującym w słońcu kształtem oraz silnym zapachem siada albo na brzegach warzki albo w pobliżu wyrostków przęsłupa, po czym wpada do środka warzki. Mając zamoczone skrzydła nie może odfrunąć. Jediną drogą wydostania się z kwiatu pułapki jest wąski i ciasny tunel utworzony przez przednią część warzki oraz szczytowa część przęsłupa. Wychodząc owad „zabiera” ze sobą pyłkownię.

U *Porroglossum muscosum*, występującego w kolumbijskich i ekwadorskich Andach, warzkę w kwiecie cechuje możliwość ruchu. Podczas oczekiwania na zapylającego kwiat owada warzka jest w pozycji otwartej. Niewielki dotyk włoka odnóża owada, trwający nawet 2-3 sekundy przyczynia się do zmiany turgoru więzadła warzki i nagłego zatrzaśnięcia się całej warzki ku górze oraz przyciśnięcia owada do przęsłupa.

Podobny mechanizm ruchomej warzki występuje u *Calopogon multiflorus*, rosnącego w południowych stanach USA. Warzka umieszczona jest tu ponad przęsłupem i zaopatrzona jest w licz-

ne, rozdęte na szczytach wyrostki. Tym samym imitują one pręciki z bogato rozsypanym pyłkiem. Zapylające storczyk błonkówki starają się wylądować tuż przy wyrostkach na warzce. Gdy to się stanie, warzka opada pod ciężarem owada, który górną częścią tułowia lub głową uderza w przęsłup, co oczywiście powoduje przyczepienie się do niego pyłkowni.

Inny rodzaj pułapki występuje w kwiatach męskich rozdzielнопłciowego rodzaju *Catasetum*. Pręcik zaopatrzony jest tu w długie wyrostki działające niczym spust. Przylatujący do kwiatu owad potrąca te wyrostki, co uwalnia pyłkownię z pręcika, która wraz z uczepekami spada owadowi na plecy. Chcąc nie chcąc posłaniec przenosi ją następnie do kwiatu żeńskiego.

### Kwiaty zapylane przez ptaki – ornitogamia

Zwyczaj zapylania roślin przez ptaki rozwinął się niezależnie u kilku grup roślin. Początkowo ptaki polowały na owady odwiedzające rośliny. Następnie do swojej diety włączyły pyłek i nektar aż ostatecznie, w wyniku ewolucji pewne ich grupy przystosowały się do diety opartej wyłącznie na nektarze. Storczyki zapylane przez ptaki, tak jak i inne rośliny ornitogamiczne, charakteryzują się rzucającą się w oczy najczęściej żywoczerwoną barwą, brakiem zapachu, oraz produkcją znacznej ilości bogatego we fruktozę nektaru. Najważniejszą grupą ptaków zapylających storczyki są kolibry w Ameryce Centralnej i Południowej oraz nektarniki w Afryce i Azji.

Ciekawy sposób zapylania występuje u afrykańskiego gatunku *Disa chrysostachya*. Jest ona zapylana przez nektarniki (głównie *Nectarina kiliensis*). Storczyk ten charakteryzuje się obecnością długich, zbitych, groniastych i mocnych, czerwonych kwiatostanów. Ptak penetruje je w poszukiwaniu nektaru. Podczas chodzenia po kwiatostanie pyłkownię przyczepiane są do jego odnóży.

### Inne zależności

Storczyki i zwierzęta łączy przede wszystkim zapylanie, ale wśród tych niezwykłych i różnorodnych roślin znajdziemy także i inne zależności łączące je ze światem zwierząt. U *Aracamunia liesneri* w kątach liści występuje pęczek charakterystycznych maczugowatych gruczołów. Są to tworzywa pułapkowe, analogiczne do występujących w rodzaju *Utricularia*. Oba te rodzaje, wraz z *Dro-*



sera, rosną na podobnych wilgotnych, ubogich w azot siedliskach wenezuelskiego tepui. Prawdopodobnie *Aracmunia liesneri* jest jedynym „owadożernym” gatunkiem wśród Orchidales.

Wśród storczyków znajdziemy także storczyki myrmekofilne. Przykładowo w pseudobulwach neotropikalnej *Schomburgkia myrmecofila* często gnieźdzą się mrówki z rodzaju *Brachymyrmex* i *Camponotus*; obserwowano także podobne zjawisko u *Epidendrum imatophyllum*. Mrówki, podobnie jak u innych roślin, chronią roślinę przed zgryzaniem przez inne owady.

Niezwykła różnorodność storczyków pozwala przypuszczać, że zależności pomiędzy nimi a zwierzętami nie są jeszcze do końca poznane. Przed nami jeszcze wiele niezwykle ekscytujących odkryć. Intensyfikacja badań jest konieczna z uwagi na postępującą degradację środowiska naturalnego. Zarówno rośliny, jak i zwierzęta je zapylające, połączone są razem delikatną i wrażliwą na zmiany siecią wzajemnych zależności. Zniszczenie choćby jednego ogniwa sieci powoduje nieodwracalne zmiany całego ekosystemu i organizmów go zamieszkujących. Musimy spieszyć się je poznawać.

Dr hab. Piotr Rutkowski pracuje w Katedrze Taksonomii Roślin i Ochrony Przyrody Uniwersytetu Gdańskiego. E-mail: biopr@univ.gda.pl  
Dr Agnieszka Kowalkowska pracuje w Katedrze Cytologii i Embriologii Roślin na Uniwersytecie Gdańskim. E-mail: dokakow@univ.gda.pl



Storczyk *Zygopetalum*. Fot. A. Jabłońska



Storczyk *Cattleya*. Fot. A. Jabłońska

### Konkurs dla doktorantów o Nagrodę Prezesa Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika na najlepszy artykuł popularno-naukowy

Popularyzowanie nauki, wbrew pozorom, nie jest łatwym zajęciem, ponieważ wymaga umiejętności mówienia i pisania o rzeczach nowych i trudnych w sposób przystępny i zrozumiały. Zdobyć tę umiejętność wymaga odpowiedniego treningu. Konkurs ten stwarza taką okazję i ma na celu wyłonienie najlepszych, młodych popularyzatorów nauki.

Uczestnikiem konkursu może być doktorant dowolnego kierunku studiów, który opublikuje w 2009 roku artykuł w czasopiśmie *Wszechświat*. Zostanie przyznana nagroda w wysokości 1000 PLN za pierwsze miejsce w konkursie.

Wyniki konkursu zostaną ogłoszone w pierwszym zeszycie *Wszechświata* w marcu 2010.

Prof. dr hab. Elżbieta Pyza

# „NA DACHU KOLUMBII W BIAŁEJ PIERZYNIE”

Radosław Łabno (Kraków)



Ryc. 1. Na głównej ulicy białego miasteczka El Cocuy. Fot. R. Łabno

Wąska, kręta droga wspinająca się stromo nad doliną rzeki Rio Chicamocha, po setkach zakrętów i 12 godzinach jazdy z Bogoty terenową Toyotą, zaprowadziła nas do El Cocuy – małego, sennego miasteczka leżącego na wysokości 2730 m n.p.m. w Kordylerze Wschodniej (Cordillera Oriental) w północnej Kolumbii. Od białego, kolonialnego miasta z seledynowymi lamperiami na każdym z domów krytych czerwoną dachówką, wzniesionych z mieszaniny kamieni, błota i suszonej na słońcu cegły (*adobe*) wzięły nazwę okoliczne góry i Park Narodowy Sierra Nevada del Cocuy. Życie w miejscowości koncentruje się przy głównym placu, na którym krzyżują się główne ulice. Do placu otoczonego ukwieconym parkiem, wysadzonym gwiazdą betlejemską (*Euphorbia pulcherrima*), który jest zarazem szkolnym boiskiem do gry w koszykówkę, gdzie odbywają się wszelkie uroczystości, przylega kościół zajmujący całą pierzeję. Życie andyjskiego miasteczka toczy się leniwie wzdłuż głównej drogi. Częściej niż ryk silników słychać tu stukot końskich kopyt uderzających o betonową drogę. Konie są tutaj nadal niezastąpione w pracach polowych i budowlanych – obciążone drewnianymi skrzynkami noszą piasek i narzędzia.

El Cocuy można śmiało nazwać oazą spokoju – prawie każdy dzień zaczyna się tutaj tak samo: nad ranem, przed wschodem Słońca budzi nas

pianie kogutów, potem przyjeżdża ciężarówka odbierająca mleko i głośnym klaksonem zrywa nas z łóżek, a jeśli ktoś jeszcze śpi, to już na pewno obudzi się punktualnie o 6. rano, gdy po pustych uliczkach miasteczka rozchodzi się hymn Kolumbii z radia w pobliskim sklepie. Gdy Słońce świeci jeszcze nisko, wychodzą z domów pierwsi zziębnięci ludzie, ubrani w brązowe *ruany* - wełniane płachty utkane w kształcie kwadratu zakładane przez głowę, siadają na rogu ulicy i rozmawiają z przyjaciółmi. Około 9-tej miasteczko staje się gwarne i ruchliwe i tak do sjęsty około godziny 12-tej, kiedy uliczki pustoszeją na godzinę lub dwie. Poobiednią ciszę mącą wtedy tylko wysokie głosy pasówki obrożnej (*Zonotrichia capensis*), przysiadłej na najwyższej lampie. Dzień jak co dzień jest z początku słoneczny, po południu chmurzy się i o trzeciej jak według zadanego planu spada deszcz, trwający czasem do wieczora.

Wszyscy ludzie tutaj się znają i po kilku dniach spędzonych w Cocuy już każdy wie, że Marta i ja przyjechaliśmy z Polski odbyć miesięczny wolontariat w pobliskim parku narodowym. Do Kolumbii pojechaliśmy w ramach programu Strażnik-Wolontariusz organizowanego przez Specjalną Jednostkę Administracyjną ds. Parków Narodowych w Bogocie, w nagrodę za zwycięstwo w II Konkursie o Bioróżnorodności Kolumbii ogłoszonym przez Ambasadę Kolumbii w Warszawie. Program polegał na odbyciu praktyki w wybranym kolumbijskim parku narodowym.

Park Narodowy Sierra Nevada del Cocuy na powierzchni 3060 km<sup>2</sup> chroni najrozleglejszy wysokogórski ekosystem Kolumbii, przechodzący na wschodzie w nieprzebytą, do dziś dokładnie nie zbadaną, wilgotną selwę (równikowy las tropikalny). Główny łańcuch górski dzieli park narodowy na dwie części klimatyczne: zachodnią – suchszą (z opadami do 1000 mm na wysokości 3000 m n.p.m.), wyższą i kontynentalną, prawie zupełnie wykarczowaną pod pastwiska i wtórne lasy eukaliptusowe oraz wschodnią – wybitnie wilgotną (z opadami do 5000 mm na wysokości 500 m n.p.m.), niższą, znajdującą się pod wpływem

Niziny Amazonki, niezamieszkałą i wciąż trudno dostępną, porośłą przez pierwotną roślinność.

Przez park narodowy przebiega 7 wyraźnych pięter roślinno-klimatycznych. Wspomniana selwa powyżej wysokości 1000 m przechodzi w wilgotny górski las tropikalny, nazywany lasem mgłowym (*bosque nublado*) z roślinnością dochodzącą do 35 metrów. Las ten wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza karleje i przy 2700 m n.p.m. dorasta, co najwyżej, do 10-15 metrów wysokości. Ten tzw. wysokogórski las andyjski (*bosque altoandino*) osiąga pułap do 3250 m n.p.m. i dziś porasta niemal wyłącznie wschodnie stoki Kordyliery. Powyżej las ustępuje miejsca *subpáramo* (3200-3600/3800 m) – formacji roślinnej pośredniej między lasem i odpowiednikiem piętra łąk alpejskich w Andach – *páramo* (3500-4250 m), zdominowanemu przez trzemięty (*Espeletia cleefii*) – krzewiaste rośliny o skórzastych, omszonych, srebrzysto-zielonych liściach i żółtych kwiatach oraz przez trawy. O poranku temperatury spadają tutaj poniżej zera i nierzadko w porze deszczowej – wczesną wiosną (marzec-kwiecień) piętro to ścieli się śniegiem. Powietrze zatrzymane pomiędzy włoskami na liściach chroni roślinę przed przemrożeniem. Gdzieniedzie w pobliżu rzek, w zastoiskach wilgoci rośnie polylepis (*Polylepis quadrijuga*) nazywany od swojej czerwonej kory *colorado* (dosłownie czerwonawy), tworzący na wysokości 3600-3900 m, przebiegające 400 m powyżej linii drzew, najwyżej występujące izolowane zbiorowiska leśne na świecie. W cieniu *colorados* rosną olbrzymie, obsypane fioletowym kwieciem 5-metrowe łubiny (*Lupinus* sp.). Zielone, leśne wyspy grające głosami licznych, małych ptaków, wydają się być kawałkiem innego świata wśród pożółkłych traw i srebrzystych krzewów *páramo*, pogrążonych w głuchej ciszy. Ponad nimi rozciągają się pustkowie i nagie skały (*superpáramo*, 4200-4400/4600 m n.p.m.) poprzetykane starcem (*Senecio* sp.) i małą trzemiętą o śnieżnobiałych liściach (*E. lopezii*) porastającą brzegi przy zamarzniętych kałużach.

Chociaż Park leży 630 km na północ od równika, 25 najwyższych szczytów sięgających ponad 4700 m n.p.m. pokrywają lodowce tropikalne. Wśród nich znajduje się Ritakuwa (Ritacuba) Blanco (5330 m n.p.m.) – trzeci pod względem wysokości szczyt Kolumbii. Lodowce Cocuy topią się w zatrważającym tempie: w połowie XIX wieku (1850 r.) zajmowały 148,7 km<sup>2</sup>, 100 lat później 38,9 km<sup>2</sup>, a w ciągu zaledwie roku ich powierzchnia skurczyła się o ponad 3 km<sup>2</sup> (z 19,8 w 2003 r. do

16,3 km<sup>2</sup>). Jeśli wierzyć pesymistycznym prognozom, znikną całkowicie do 2050 roku. Prawdopodobnie podzielią los lodowców z sąsiedniej Wenezueli, które rozczłonkowane szybko zamieniły się w śnieżniki, a te z czasem zostały zastąpione przez górskie torfowiska. Cofające się lodowce pozostawiły U-kształtne doliny i moreny ciągnące się do 7



Ryc. 2. Wysokogórski andyjski las tropikalny na wysokości 3180 m n.p.m. Fot. R. Łabno

kilometrów od aktualnego czoła lodowca, schodzące do wysokości 2700 m n.p.m. Trudno uwierzyć, że mutony 300 metrów poniżej dzisiejszych lodowców, które przechodziłem „suchą stopą”, na początku ubiegłego wieku znajdowały się kilka metrów pod lodem i musiałbym je forsować uzbrojony w raki i czekan!

Przez prawie dwie godziny samochód tańczył na górskiej dróżce zanim wysadził nas ze sporym ładunkiem na wysokości 3900 m n.p.m. Stąd kolejne 3 kilometry do położonego 100 metrów wyżej schroniska Cabaña Lagunillas musieliśmy już przejść na piechotę z naładowanymi do pełna plecakami – wszystko, co tutaj przynieśliśmy: śpiwory, grube ubrania, ryż, konserwy i warzywa musiało wystarczyć nam na przeżycie tygodnia w górach. Murowane schronisko wyglądało wręcz imponująco, tak jakby miało zaraz przyjąć tłum turystów. Okazało się, że na nic zdadzą się elektryczne ogrzewanie i żarówki w każdym pokoju –

kilka lat temu stanęła zainstalowana na potoku nieopodal *cabañi* elektrownia wodna i nie działa do dziś. Jako że nie było oświetlenia, nasz dzień wyznaczały rytmy przyrody. Ciężko było nam przysypiać pół doby, bo tyle trwa tutejsza noc, ale nie to było najgorsze... Najgorszy był chłód i wilgoć wdzierające się do naszego domku leżącego na wy-



Ryc. 3. Kwitnące trzemięty (*Espeletia cleefii*); 4000 m n.p.m. Fot. R. Łabno

wysokości 4 kilometrów. Naszym zadaniem miała być rewitalizacja stoków zniszczonych przez bydło. Mieliśmy za zadanie zaaklimatyzować się w górach przez tydzień, uzupełnić zapasy w mieście i po powrocie przystąpić do sadzenia trzemięty na zdegradowanych terenach. Wybieraliśmy się więc na kilkugodzinne wycieczki po okolicy i dbaliśmy o *cabañię*, by w każdej chwili mogła ugościć ewentualnych turystów. Pogoda nas nie rozpieszczała: przez większą część dnia w dolinie rzeki Rio Lagunillas płynącej 300 m od naszego schroniska zalegały godzinami ołowiane, siąpiące mżawką chmury, zza których raz na kilka dni przez kwadrans wyglądało zdradliwe Słońce, z racji dużej wysokości spiekające nasze spragnione twarze na karminowy kolor. Słońce w Andach jest skrytym mordercą dla skóry. Za chwilę nieuwagi nasze nosy przez kilka dni łuszczyły się płatami martwego naskórka. Krem chroniący skórę z wysokim faktorem UV i nie byle jakie okulary przeciwsłoneczne przydadzą się na „czterech tysiącach metrów” tak samo jak rękawiczki czy ciepła kurtka!

Na najciekawszą, choć wcale nie najdalej wycieczkę wybraliśmy się wszyscy: kolumbijscy wolontariusze Camilo, Sergio, Maximiliano, Marta i ja. Naszym celem było dotarcie do położonego na wysokości 4820 m n.p.m. lodowca pod szczytem Pico Pan de Azucar (5130 m n.p.m.), aby dotknąć tropikalnych śniegów. Niknącą w miarę wysokości między skałami ścieżynkę wyznaczały *mojónes* – usypane w słupek kamienie, dzięki którym można odnaleźć drogę nawet przy złej pogodzie. Dobrym zwyczajem jest dołożenie do *mojóna* choćby małego kamyczka... żeby nikt w przyszłości nie zgubił ścieżki i nie deptał i tak skapej roślinności. Coraz częściej przystawaliśmy na chwilę by złapać tęk rozrzedzonego powietrza. Mieliśmy duże szczęście – szliśmy 3 godziny cały czas do góry, ale nie dopadła nas *soroche*. Zaczynająca się niewinnymi bólami głowy choroba wysokościowa może doprowadzić do obrzęku płuc i mózgu, a nawet zabić w ciągu kilkunastu godzin. Takiej wysokości nie wolno lekceważyć: gdy idę pod górę, głęboko oddycham i przystaję co kilkadziesiąt metrów nic złego się nie dzieje ale wszystko zmienia się gwałtownie gdy próbuję iść szybciej albo przebiegam kilkanaście metrów: mam mroczki przed oczami i kręci mi się w głowie. Marta staje częściej ode mnie, pewnie dlatego, że co godzinę pali papierosa. Po 40 minutach od czasu, gdy mineliśmy ostatnie *espeletie*, ślizgamy się już po śniegowej breji pokrywającej gołą skałę. Wyszliśmy po ostatnich, wysokich kamiennych stopniach, przekroczyliśmy poszczelnione skalne plateau i wtedy z mlecznej mgły poniżej delikatnego zarysu Pulpito del Diablo – monstrualnej, sześciennej niczym wyciosanej ludzką ręką góry stołowej wyłonił się lodowiec. Nareszcie stanąłem u jego brzegu. Chciałem go nie tylko zobaczyć, ale stanąć na nim i zmarznąć od jego zimna. Zdjąłem rękawiczkę i nieśmiałym ruchem nabrałem w dłoń garść mokrego, najprawdziwszego, południowoamerykańskiego śniegu. Pogoda błyskawicznie się pogorszyła. Lodowiec z mgłą i padającym śniegiem zlał się w bezwymiarową biel, a ja z czerwonymi policzkami schłostanymi od porywistego wiatru, zupełnie przemarznięty, nie mogąc pojąć, że takie miejsce naprawdę istnieje wciąż stałem na dachu Kolumbii, w białej pierzynie. Nigdy potem śnieg nie wzruszył mnie tak mocno.

Padający przez 2 dni śnieg z deszczem pobielił czarne szczyty i spowodował, że temperatura spadła do 0°C, do tego kuchnia zaczęła świecić pustkami, więc udałem się z Maxem do najbliższej zagrody, by kupić choć kilka jajek. Gdy wracaliśmy,

po drodze rozbiło się nam jedno jajko – więc nie mieliśmy wyboru – musieliśmy sporządzić ze wszystkich jaj jajecznicę – posiłek, którym tak jak większość mieszkańców Ameryki Łacińskiej rozpoczynaliśmy każdy dzień w Kolumbii, z tą różnicą, że wtedy jajecznicę zmuszeni byliśmy zjeść na kolację.

Do dziś w mojej pamięci pozostają surowe, andyjskie krajobrazy Kolumbii, jakże odległe od wyobrażeń, jakie ma większość z nas o tym pięknym kraju rozpiętym od gorących wybrzeży dwóch oceanów po lodowce tropikalne na pięciu kilometrach wysokości.



Ryc. 4. Samiec endemicznej dla Kordyliery Wschodniej jaszczurki *Stenocercus lache*; 3990 m.n.p.m. Fot. R. Łabno

Radosław jest absolwentem Ochrony Środowiska Uniwersytetu Jagiellońskiego. Pracuje w Bio Solid sp. z o.o.  
E-mail: radoslaw.labno@uj.edu.pl, radoslaw\_labno@tlen.pl

## CZARUJĄCE OWADY...

### PRZYKŁADY UBARWIENIA, KSZTAŁTU I ZACHOWAŃ OCHRONNYCH U OWADÓW TROPIKALNYCH

*Michał Filipiak (Kraków)*

Owady są najliczniej reprezentowaną i najbardziej różnorodną grupą wśród wszystkich eukariontów, jakie żyją na Ziemi. Panują na lądzie od ponad 300 mln lat. Dzięki krótkiemu okresowi rozwoju ich ewolucja przebiega szybko, co owocuje dużymi możliwościami adaptacyjnymi. Nic więc dziwnego, że potrafią się chronić i bronić na tak wiele, często bardzo widowiskowych, sposobów. Z powodu niewielkich rozmiarów, niezwykłych umiejętności kamuflowania się i trudności w odłowieniu, są grupą słabo poznaną, a przy tym bardzo ciekawą.

Jednym z najbardziej interesujących tematów etologii owadów są strategie ochronne i obronne, szczególnie gatunków żyjących w strefie tropikalnej, gdzie presja ze strony drapieżników jest bardzo duża, a ze strony środowiska – mała. Pochodną tego są intrygujące sposoby ochrony umożliwiające uniknięcie pożarcia (ryc. 1).

Każda strategia zachowania skierowana na unikanie ataku jest związana z ponoszeniem określonych kosztów. Opłaca się w nią inwestować tylko wtedy, kiedy stosunek wysokości ponoszonych kosztów do zysku, jaki odnosi organizm w postaci zwiększenia ogólnego dostosowania („fitness”), mierzonego liczbą wydawanego na świat

potomstwa, które przeżyje i przekaże dalej materiał genetyczny, nie przekracza granicy określonej przez warunki panujące w danym środowisku i interakcje między żyjącymi tam organizmami. Im bliżej biegunów tym ostrzejsze są warunki klimatyczne (patrzac w skali globalnej) i tym większa presja ze strony czynników przyrody nieożywionej.



Ryc. 1. Ten afrykański pasikonik z bliska przypomina konia. Drapieżnikowi taki kształt trudno skojarzyć z ofiarą. Dodatkowo, dzięki kryptycznemu ubarwieniu, z daleka niełatwo go wypatrzeć. Fot. J. Wojtusiek

Coraz mniej więc opłaca się inwestować w wyrafinowane i kosztowne metody unikania ataku. To, jakie będą to sposoby zależy od grupy dominujących na danym obszarze drapieżników i stosowanych przez nie strategii. Nie byłoby sensu inwestować w jaskrawe ubarwienie ostrzegawcze, jeśli

drapieżnikami miałyby być wyłącznie ssaki, które widzą tylko w czerni i bieli (wyjątkiem są naczelnice). Natomiast dobrze sprawdzi się w takiej sytuacji mimikra zapachowa lub odstraszenie przy pomocy drażniących substancji. Stąd też posiadanie przez nietoksyczne owady jaskrawych barw czy upodabnianie się do owadów trujących lub niesmacznych o barwach aposematycznych ma sens tylko wtedy,



Ryc. 2. Bardzo prosta strategia: ten liść, nawet zobaczony na trawie albo na kamieniu, łatwiej jest zignorować, niż skojarzyć z motylem. Fot. Tomasz W. Pyrcz.

Ryc. 3. Ta gąsienica wtapia się w tło dzięki maskującej barwie, rozłamującym liniom i dziwnemu kształtowi. Fot. Tomasz W. Pyrcz.

Ryc. 4. Ten pasikonik nie tylko przybiera nieprzypominający owada kształt. Dodatkowo chowa czułki. Warto zwrócić uwagę na ubarwienie misternie naśladowujące grę światła. Oko, mogące zdradzić żywą istotę, jest „schowane” w jaskrawym pasku. Fot. Rafał Garlacz

kiedy w środowisku ważną rolę odgrywają drapieżne ptaki czy owady. Dla wartości zysku, jaki odnosi organizm stosujący konkretną strategię unikania ataku ważne jest również to, jak bardzo jest mobilny, w jak różnorodnych środowiskach przebywa, ile energii musi zainwestować żeby znaleźć miejsce, w którym ta metoda odniesie sukces. Może się zdarzyć, że strategia działa tylko w określonej, wąskiej niszy (na przykład w przypadku ubarwienia kryptycznego, kształtu, pozycji spoczynkowej). To, czy taki sposób unikania pożarcia utrzyma się w populacji zależy od warunków tam panujących. W lesie tropikalnym często okazuje się opłacalnym wyszczególnienie ścisłej specjalizacji do warunków panu-

gowania (np. przy pomocy kształtu, zachowania, ubarwienia rozłamującego). Dzieje się tak dlatego, że jest to sposób mało skuteczny. Dużo lepszy efekt przynosi stosowanie rysunku rozłamującego, bardzo wyraźnie dzielącego ciało na kilka części o kształcie nieprzypominającym ofiary (ryc. 6). Takie wzory często są bardzo wyraziste, jaskrawe, kontrastowe i patrząc z bliska odnosi się wrażenie, jakby ich funkcją było przyciąganie wzroku (ryc. 7). Nic bardziej mylnego. Wystarczy oddalić się nieco od tak ubarwionego owada, aby natychmiast wtopił się w tło. Te bardzo wyraźne linie dzielą jego ciało w taki sposób, że drapieżnik nie dostrzega kształtu sugerującego, że przed nim jest coś zdatne-



Ryc. 5. To również jest pasikonik, tyle że bez czułków. Należy do innego niż patyczaki, rzędu owadów. To przykład konwergencji. Fot. Rafał Garlacz



Ryc. 6. Przykład zastosowania rozłamujących plam i linii oraz sposobu składania skrzydeł. Fot. Tomasz W. Pyrcz

jących w konkretnej, niewielkiej niszy (z powodu obfitości pokarmu, bardzo dużej konkurencji, presji ze strony drapieżników, stałych warunków środowiska). Jest to częściowa odpowiedź na pytanie, czemu akurat tam można spotkać tak dużą różnorodność strategii unikania drapieżcy, przyjmujących tak fascynujące i dziwne formy.

go do zjedzenia (ryc. 8, 9). Zarys ciała owada zostaje podzielony na fragmenty tak, że każdy z nich jest postrzegany z osobna. Krawędź ciała oraz granice między poszczególnymi segmentami stają się bardzo trudne do wychwycenia. W lesie tropikalnym, na zróżnicowanym tle, wśród wielkich kontrastów światła i cieni, jest to strategia idealna.

Co więcej, takie ubarwienie, efektowne z bliska, może spełniać ważne funkcje w porozumiewaniu się osobników danego gatunku.

Niektóre owady perfekcyjnie naśladują cienie trójwymiarowych obiektów, wywołując złudzenie tworzenia przestrzennego (ryc. 10). Wiele aktywnie latających, rzadko przysiadających motyli tropikal-



Ryc. 7. Ta gąsienica stosuje kilka strategii na raz. Od razu rzuca się w oczy jaskrawe ubarwienie rozłamujące. Poza tym wykorzystany jest przeciwień. Kształt ostatniej posuwki oraz plamka na niej sugerują głowę ostro odgranieczoną od reszty ciała, przy pomocy szerokiego jaskrawożółtego pasa. Pomarańczowe wyrostki na całym ciele to imitacje złóż jaj parazytoidów mające zniechęcać pasożytnicze błonkówki do infekowania gospodarza. Fot. Tomasz W. Pyrcz

nych stosuje strategię ubarwienia rozłamującego w połączeniu z dużymi przezroczystymi powierzchniami na skrzydłach (ryc. 11). Dodatkowo specyficznie zachowują się podczas lotu, gwałtownie zmieniając kierunek (poruszają się zygzakiem). Taki owad potrafi w locie nagle zniknąć z oczu napastnika. Jeśli zdarzy się to kilkakrotnie podczas próby upolowania motyla, drapieżnik często rezygnuje, tym bardziej, że zysk z jego zjedzenia jest mały, a strata energii zbyt duża.



Ryc. 8. Duże jasne powierzchnie na końcach tylnych skrzydeł imitują porost i łamią kształt skrzydeł. Ciemny rysunek powyżej naśladuje korę. Fot. Rafał Garlacz

Przy interpretacji ubarwienia owada należy jednak zachować ostrożność. W Panamie przeprowadzono na motylach *Anartia fatima* trwający pięć miesięcy eksperyment. Ten gatunek jest ciemnobrunatny do czarnego od strony grzbietowej, z niewielkimi czerwonymi plamami na dolnej parze

skrzydeł i ciemnobrunatno-czerwony od strony brzusznej. Z obu stron na skrzydłach odznacza się szeroka biała przepaska biegnąca przez całą lub prawie całą ich długość. Jest to typowy przykład ubarwienia rozłamującego. Motyle chwymano i jednej grupie zamalowywano białą przepaskę, a drugiej – malowano taki sam czarny pas obok przepaski, gdzie motyl jest jednolicie ciemno zabarwiony. Spodziewano się, że osobniki z zamalowaną białą przepaską, ponieważ pozbawiono je ubarwienia rozłamującego, będą częściej atakowane i zjadane. Po ponownym ich schwytaniu okazało się, że w obu grupach odłowiono podobną ilość osobników. Nie różniły się również śladami po atakach na skrzydłach. Czy więc biała, fragmentująca przepaska nie ma tutaj wpływu na skuteczność maskowania? Z uwagi na bardzo małą ilość badań nad strategiami unikania drapieżników u owadów i istnienie wielu hipotez na ten temat, popartych niedostatecznie, pojedynczymi wręcz badaniami



Ryc. 9. Ważnym elementem strategii tego, udającego porost, miernikowca są brązowe plamy maskujące kształt skrzydeł i składanie czułków wzdłuż żyłki kostalnej. Fot. Rafał Garlacz

oraz szczątkową wiedzą na temat zachowania badanych gatunków (w przypadku motyli często nie wiadomo nawet, które samce i samice tworzą razem gatunek), pytanie, poparte nawet jednym tylko doświadczeniem, warte jest rozważenia. Należy jednak zwrócić uwagę na to, dla jakich drapieżników badane owady są pożywieniem. Wiadomo na przykład, że jastrzębie nie polują na ofiary oznakowane farbą, nawet jeśli sprawia to, że są dużo bardziej widoczne. Być może farba zmienia tak bardzo właściwości optyczne ofiary, że ptak, który widzi w „czterech wymiarach” (widzą dodatkowo ultrafiolet, prawdopodobnie także podczerwień), nie kojarzy takiego obiektu z ofiarą. W konsekwencji możliwe jest, że zamalowując białą przepaskę w tym badaniu, wcale nie zniesiono efektu rozłamującego dla wzroku ptaków albo też zmieniono obie grupy motyli tak bardzo, że drapieżniki nie postrzegały ich jako swojego typowego pożywienia, i niechętnie atakowały.

Podobnie rzecz ma się w przypadku „fałszywych oczu” na skrzydłach różnych owadów – głównie motyli. Zwykle każdy rysunek, choć trochę przypominający oko, interpretuje się jako obraz fałszywej głowy, mający odciągnąć uwagę dra-



Ryc. 10. Niektóre ćmy potrafią przyjmować podczas spoczynku bardzo ciekawe kształty, łącznie z wyginaniem odwłoka i podwijaniem skrzydeł. Osobnik po lewej stronie jest ubarwiony w sposób sprawiający wrażenie przestrzenności (dla porównania: liść u góry jest rzeczywiście wypukły). Usadził się pod liściem tak, aby odcienie barw na jego skrzydłach współgrały z kierunkiem padania światła. Osobnik po prawej stronie stosuje połączenie ubarwienia maskującego i rozłamującego. Bardziej niż owada przypomina grzyb. Tym bardziej, że ukrył się obok prawdziwego grzyba. Fot. Janusz Wojtusiak

pieznika od prawdziwej głowy ofiary. Lecz nie zawsze musi tak być. Połączenie wzoru oka, umiejscowionego przy krawędzi tylnych skrzydeł, z nitkowatymi wyrostkami naśladowującymi czułki, rzeczywiście wydaje się spełniać funkcje dezorientujące napastnika. Jednak trudno jest znaleźć przesłanki



Ryc. 11. Ubarwienie rozłamujące może współgrać również z dużymi przezroczystymi powierzchniami na skrzydłach. Te motyle większą część życia spędzają na aktywnym locie. Fot. Michał Filipiak

do interpretowania w taki sam sposób innych przypadków rysunku przypominającego oko. Nie poparte obserwacjami są też twierdzenia dotyczące możliwości kierowania ataku drapieżnika na rejony skrzydeł zaopatrzone w taki wzór. Wydaje się raczej, że sugerując napastnikowi posiadanie głowy z przeciwnej strony ciała, owad może we właściwym momencie bez szwanku odlecieć w niespodziewanym kierunku „tyłem do przodu”. Jak natomiast interpretować „oczy” umieszczone w innych rejonach skrzydeł? Patrząc na motyle z rodzaju *Caligo* (ryc. 12), mające na skrzydłach bardzo charakterystyczny wzór, zwany „oczami sowy” rzeczywiście można dostrzec fragment sowej głowy,

ale... na brzusznej stronie rozłożonych szeroko skrzydeł owada trzymanego głową w dół. W naturze ten owad nie prezentuje swojego ubarwienia w taki sposób. Często natomiast siada na pionowych pniach lub łodygach ze złożonymi skrzydłami. Wtedy jaśniejsze smugi łamią kształt skrzydeł, a ciemny fragment dolnej pary skrzydeł, razem z okiem, tworzy wzór na kształt gadziej głowy. Jeszcze bardziej niesamowicie wygląda ćma ze strefy tropikalnej Azji, motyl o największej powierzchni skrzydeł: *Attacus atlas*. Jest przepięknie ubarwiony, przy czym skrzydła zdobią dodatkowo przezroczyste, czarno obramowane wstawki i wy-



Ryc. 12. *Caligo* sp., czyli „oczy sowy”. Fot. January Weiner

rażne rozłamujące przepaski, a szeroka powierzchnia na ich krawędzi tworzy rysunek dwóch węży. Takich pobudzających wyobrażeń przykładów można znaleźć mnóstwo. Co jednak wynika z tych wszystkich „oczach”, pięknych barw i gadziopodobnych kształtów? Warto znów podeprzeć się konkluzją z badań dotyczących ptaków. Projekt dotyczył porównania przydatności ubarwienia samic muchołówki żałobnej, interpretowanego jako maskujące, oraz samców tego gatunku, o ubarwieniu bardzo kontrastowym, czarno – białym, interpretowanym jako rozłamujące. Okazało się, że obserwatorzy wyraźnie widzieli białe i czarne fragmenty ciał samców, ale postrzegali je jako niewarte uwagi plamy. Być może więc warto być widocznym z daleka jeśli wygląda się jak coś, czego nie szuka drapieżnik (ryc. 13).

Tropikalne motyle, modliszki, pluskwiaki i prostoskrzydłe bardzo często pokazują „oczy” nagle, w połączeniu z jaskrawymi barwami, kiedy napastnik zanadto się do nich zbliży (ryc. 14). Ma to zaskoczyć potencjalnego drapieżnika, a owadowi, zwykle ubarwionemu z wierzchu kryptycznie, dać chwilę czasu na ucieczkę. Jednak interpretowanie tego wzoru jako głowy jakiegoś dużego zwierzęcia, na widok której drapieżnik ma salwować się





Ryc. 13. Cmy mogą wyglądać po prostu jak coś zupełnie niegodnego uwagi. Fot. J. Wojtusiak i R. Garlacz



Ryc. 14. Wzór i jaskrawe kolory na tylnych skrzydłach tego motyla mają zaskoczyć napastnika i dać owadowi czas na ucieczkę. Fot. January Weiner

ucieczką, wydaje się zbyt daleko idącym uproszczeniem i antropomorfizowaniem zjawiska. Należy pamiętać, że najczęściej takiemu nagłemu pokazowi towarzyszą bardzo jaskrawe (piękne skądinąd) barwy, które w przyrodzie zwykle oznaczają niebezpieczeństwo.

To tylko kilka przykładów najlepiej poznanych strategii stosowanych przez owady. Danych na ten temat brakuje. Jest całe mnóstwo gatunków,

o których nie wiadomo prawie nic. Na odkrycie czekają fakty dotyczące ekologii i zachowania większości tropikalnych gatunków. Wiele pytań można postawić obserwując mechanizmy rządzące mimikrą. Niewiele można powiedzieć na temat obrony i ochrony chemicznej i akustycznej. To trudne badania, ale jakże satysfakcjonujące. I jak przyjemnie będzie zanurzyć się w świat czarujących owadów i zachwycać się ich tajemnicami.

Michał Filipiak jest magistrantem w Muzeum Zoologicznym UJ. Pod kierunkiem prof. dr hab. Janusza Wojtusiaka pracuje na zbiorze peruwiańskich miernikowców. E-mail: trzyszc-polny@wp.pl

## CHRZĄSZCZ ARLEKIN I JEGO PASAŻEROWIE „NA GAPEŃ”

January Weiner (Kraków)

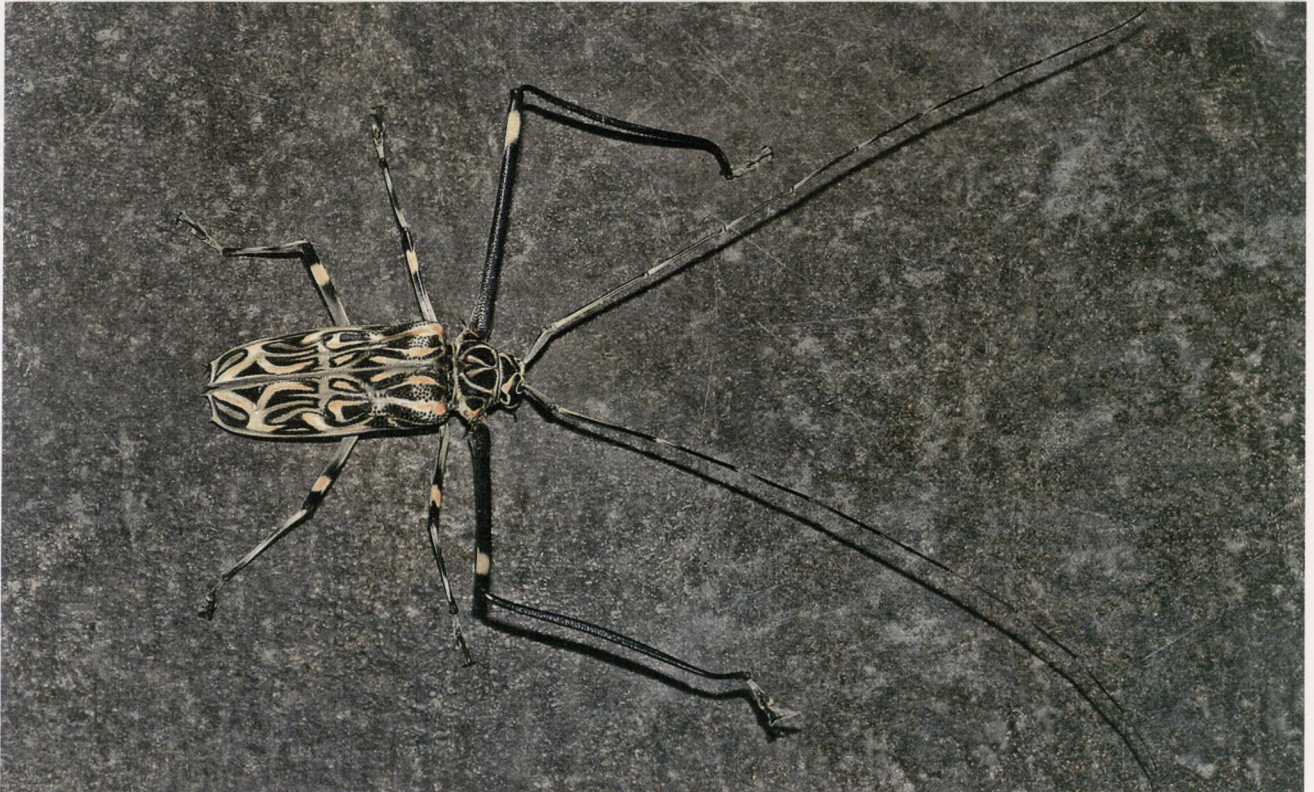
Jednym z największych owadów świata jest żyjący w Ameryce Południowej chrząszcz z rodziny kózkowatych, arlekin *Acrocinus longimanus* (ryc. 1). Swoją nazwę w wielu językach zawdzięcza pięknemu ubarwieniu, które jednak – choć z pozoru jaskrawe – w naturalnych warunkach, na powierzchni obrośniętych porostami i grzybami pni drzew, stanowi doskonały kamuflaż. Długość ciała samca dochodzi do 7,5 cm; jak większość kózkowatych ma na głowie potężne czułki, a do tego nieproporcjonalnie wydłużone odnóża pierwszej pary. Te cechy samców arlekinów są wynikiem działania doboru płciowego, ogromne odnóża pomagają samcom w monopolizowaniu dostępu do samic i do miejsc nadających się do składania jaj. Stadia larwalne arlekinów, jak u wielu innych kózek, rozwijają się w butwiejącym drewnie. Samica wybiera powalone pnie drzew z rodzin morwowatych (Moraceae, np. figowce) i toinowatych (Apocynaceae),

najchętniej pokryte hubami i porostami, wycina w korze niewielki rowek, do którego składa 15-20 jaj. Wylęgnięte larwy wgrzają się w głąb drewna, gdzie przez 8 miesięcy drążą coraz większe korytarze, osiągając przez ten czas długość 13 cm. Wówczas przepoczwarczają się, a po następnych czterech miesiącach wylęgają się dorosłe owady, które wygryzają sobie drogę na zewnątrz. Larwy arlekinów (bądź co bądź, wielkości serdelka) stanowią przysmak Indian amazońskich.

Osobliwy wygląd samców arlekinów stanowił jeden z przykładów, mających wspierać antydarwinowską koncepcję tzw. „hypertelii”, lansowaną przez niektórych biologów francuskich (w tym znanego zoologa neo-lamarkisty, Pierre’a-Paula Grassego). Hypertelia to „nadmierny” rozrost niektórych narządów, rzekomo poza granice jakiegokolwiek użyteczności, zatem poza zasięgiem działania doboru naturalnego; miałyby powstawać

w drodze tzw. ortogenezy – gromadzenia kierunkowych mutacji. Groteskowo wielkie czułki i odnoża arlekina niewątpliwie utrudniają mu życie, dziś wiadomo jednak, że powstawanie takich cech łatwo wyjaśnić działaniem doboru płciowego, jeżeli brać pod uwagę całozyciowy sukces rozrodczy (w odniesieniu do pełnej historii życiowej), a nie wydajność pojedynczych funkcji fizjologicznych.

koincydencję, obligatoryjną symbiozę, forezję i fagofilię. Dwie pierwsze szybko odrzucono (związek jest zbyt regularny i ekskluzywny, by mogła być mowa o przypadku, z drugiej strony oba gatunki mogą żyć i rozmnażać się również osobno). Forezja polega na tym, iż jeden gatunek wykorzystuje inny w celu przemieszczania się na duże odległości. Zjawisko to jest dość częste w świecie bezkręgow-



Ryc. 1. Chrząszcz arlekin *Acrocinus longimanus*, samiec. Fot. J. Weiner

Jak wiele gatunków w tropikalnych ekosystemach, arlekin uwikłany jest w szereg osobliwych zależności z innymi organizmami, nie tylko z preferowanymi gatunkami drzew i zapewne, jak to ma miejsce u wielu drewnojadów, również z mikroorganizmami, pomagającymi larwom trawić drewno (nie ma jednak szczegółowych danych na ten temat). Od dawna wiadomo, że dorosłe chrząszcze arlekiny zazwyczaj „zamieszkiwane” są przez co najmniej dwa gatunki innych stawonogów: pasożytnicze roztocze (ryc. 2) i zaleszczotki, te ostatnie zawsze z gatunku *Cordylochernes scorpioides* (Pseudoscorpionida: Chernetidae; ryc. 3, 4). Pajęczaki te znajduje się na odwłoku, pod pokrywami, czasami w dużej liczbie. Szczególnie występowanie zaleszczotków jest tak regularne, że ma pozory obligatoryjnej symbiozy. Wytrwałe badania pary amerykańskich biologów (D.W. Zeh i A.J. Zeh) pozwoliły wyjaśnić charakter tej zależności. Początkowo brano pod uwagę cztery hipotezy: przypadkową

ryc. 2. Pajęczak zaleszczotkowy, pomagający się kolonizować, duże latające chrząszcze często są wykorzystywane w tym celu przez roztocze, zaleszczotki czepiają się szczękonożkami dużych muchówek (znany jest taki tandem sprzed milionów lat, zachowany w bursztynie). Forezja głównie służy kolonizacji nowych niestabilnych (okresowych) siedlisk. Dla zaleszczotka *Cordylochernes scorpioides* arlekin jest rzeczywiście wehikulem znakomicie ułatwiającym dyspersję. Zaleszczotki te żyją w butwiejących pniach tych samych gatunków drzew, w których jaja składają arlekiny. Pnie drzew w tropikalnym lesie rozkładają się dość szybko, kiedy bogate siedlisko pełne bezkręgowców, eksploatowanych przez drapieżne zaleszczotki stopniowo zaniknie, znalezienie następnego siedliska „na piechotę” dla maleńkich zaleszczotków jest zadaniem ponad siły; tymczasem świeżo wylęgnięte arlekiny mogą latać na duże odległości w poszukiwaniu dogodnych miejsc do złożenia jaj. Jak się wydaje, arlekin toleruje pasażerów na gapę, chociaż sam nic z tego nie ma.

Rozpatrywano też i czwartą hipotezę, mianowicie, że zaleszczotki żerują na pasożytujących na arlekinach roztoczach („fagofilia”). Byłby to rewanż za usługi transportowe. Skrupulatne badania zaleszczotków, które dopiero dosiadły arlekiną, i tych, które po długiej podróży właśnie wysiadały, dowiodły jednak, że hipoteza ta jest błędna. Cho-



Ryc. 2. Pasożytnicze roztocze pod pokrywami skrzydłowymi arlekiną. Fot. J. Wojtusiak

ciąż zaleszczotki potrafią pożerać maleńkie roztocze, występujące na odwłokach arlekinów, na pewno nie jest to ich główne pożywienie ani zasadniczą przyczyną związku między tymi gatunkami. Żerowanie zaleszczotków (jak u innych drapieżnych pajęczaków) polega na wstrzykiwaniu do ciała ofiary enzymów trawiennych i wysysaniu potem strawionej treści; znacznie bardziej opłaca się w ten sposób eksploatować większe ofiary, których pod dostatkiem znajdują zaleszczotki w butwiejącym drewnie. Co ciekawe, w tym samym siedlisku żyją również inne gatunki zaleszczotków, które jednak z dalekimi podróżami muszą sobie radzić inaczej, bo nigdy nie były znajdowane na odwłokach arlekinów.

Zapoczątkowana przez osobniki przyniesione przez arlekiną populacja *Cordylochernes scorpioides* przez kilka pokoleń pełni żywot Robinsonów na wyspie butwiejącego pnia. Zaleszczotki demonstrują tam dość złożone rytuały rozrodcze – samce mocno chwytają samice szczękami (pedipalpami) i nakierowują je na uprzednio zdeponowane spermatofory, aby zapewnić sobie wysoki sukces rozrodczy (ale molekularno-genetyczne badania wykazują, że samice jednak jakoś sobie radzą ze wzbogaceniem genetycznego wyposażenia potomstwa przy udziale także innych samców). Kiedy nowe pokolenie arlekinów przejdzie pełny cykl rozwojowy – od jaj do imagines – zaczyna się druga faza cyklu życiowego zaleszczotków, z innym dzia-

łaniem doboru płciowego. Zaleszczotki dosiadają chrząszczy zaraz, jak tylko wyjdą one z poczwerek, bo wkrótce potem odlecą w poszukiwaniu nowych miejsc do kojarzenia i składania jaj. Samce zaleszczotków toczą między sobą walki o miejsce na odwłoku chrząszcza, zwycięzca (zwykle największy i uzbrojony w najpotężniejsze szczękonożki) mo-



Ryc. 3. Zrywający się do lotu arlekin odlatują odwłok z kilkunastoma pasażerami, zaleszczotkami *Cordylochernes scorpioides*. Fot. J. Weiner

nopolizuje zdobyte terytorium i gromadzi wokół siebie harem złożony z wielu samic (molekularne badania ojcostwa dowiodły, że samce, które zmonopolizowały odwłok arlekiną, mają rzeczywiście większy sukces rozrodczy). Zgromadzenie haremu jest o tyle łatwe, że w populacji zaleszczotków jest silnie zaburzony stosunek płci, z wielką przewagą liczebną samic. I tu kolejna osobliwość. Przyczyną tego odchylenia jest powszechne zakażenie zaleszczotków gramujemną bakterią z grupy *Wolbachia*, która jest wewnątrzkomórkowym symbiontem, przenoszonym wyłącznie przez komórkę jajową. Bakterie *Wolbachia* są częstymi pasożytami bezkręgowców; ich sposób życia i propagacji powoduje, iż dobór naturalny wyposażył je w mechanizmy wywołujące u gospodarzy zmianę stosunku płci na korzyść potrzebnych tym bakteriom samic, zamiast bezużytecznych dla nich samców. Prosty eksperyment z zastosowaniem antybiotyków eliminujących bakterie dowiódł, że stosunek płci w niezainfekowanej populacji zaleszczotków wraca do równowagi 1:1.

Jakby tego wszystkiego było mało, badania molekularne wykazały, że zaleszczotki zaliczane do gatunku *Cordylochernes scorpioides*, zamieszkujące prawie całą Amerykę Południową i Środkową od Panamy po Argentynę, stanowią w rzeczywistości cały kompleks gatunków kryptycznych (nieodróżnialnych morfologicznie), występujących sympatrycznie (to znaczy, o nakładających się za-



Ryc. 4. Zaleszczotki na pokrywach skrzydłowych arlekina. Fot. J. Wojtusiak

sięgach), które już są częściowo izolowane rodzco, dzięki mechanizmom postzygotycznym.

Badania trwają i może się okazać, że arlekiny

oraz ich pasażerowie na gapę dostarczą jeszcze niejednej niespodzianki.

Prof. dr hab. January Weiner, ekolog, czł. czynny PAU, czł. korespondent PAN, pracuje w Instytucie Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego.  
E-mail: january.weiner@uj.edu.pl

## SZEŚCIONODZY ROLNICY

Janusz Wojtusiak (Kraków)

Jeśli pojechalibyśmy do Ameryki Południowej, aby zobaczyć tamtejsze lasy tropikalne, to z pewnością natknęlibyśmy się na zadziwiające zjawisko. Chodząc po lesie moglibyśmy w pewnej chwili ujrzeć wiele małych kawałków zielonych liści poruszających się po naszej ścieżce, wszystkie w jednym kierunku. Zbliżywszy się nieco zobaczylibyśmy, że każdy z tych kawałków ma podobną średnicę, około 1-2 cm i łukowato zaokrąglone brzegi, jakby był wycięty ostrym cyrklem, a porusza się, bo jest niesiony przez mrówkę. Jest to rzeczywiście spektakularny widok – jakby miniatury, zgrany pochód jakichś ledwo widocznych istot niosących nad sobą małe, zielone sztandary (ryc. 1).

W rzeczywistości, mrówki niosące liście są niezwykle z innego powodu. Potrafią prowadzić uprawy grzybów, po to, aby je potem wykorzystały jako pokarm. Niesione do mrowiska wycięte kawałki liści to materiał, z którego zrobią dla nich żywną pożywkę. Powinniśmy bowiem wiedzieć, że obserwowane przez nas mrówki są przedstawi-

cielami liczącego około 200 gatunków, endemicznego dla Ameryki Południowej plemienia Attini, zaliczanego do podrodziny Myrmicinae. Swoje rolnicze zdolności przodkowie tych mrówek nabyli w przybliżeniu około 50 do 60 milionów lat temu, przechodząc w drodze ewolucji z myśliwskiego trybu życia na rolnictwo. Tu należy wspomnieć, że zdolność do uprawy grzybów oprócz tych mrówek, rozwinęła się również u afrykańskich i azjatyckich termitów z podrodziny Macrotermitinae.

Do plemienia Attini należą obecnie 13 rodzajów z 220 gatunkami występującymi na obszarach tropikalnych od Meksyku, przez Amerykę Środkową do południowej Boliwii, a nawet środkowej Argentyny. Większość z nich zbiera i wykorzystuje do hodowli grzybów rozkładające się liście i martwy materiał organiczny. Natomiast tylko mrówki z rodzajów *Acromyrmex* i *Atta*, rozwinęły zdolność wycinania kawałków liści żywych roślin i przetwarzania ich na bogatą w składniki, odżywcza pożywkę dla grzybów. Stworzyły sobie tym samym

unikalną niszę pokarmową, w której same mogą kontrolować proces powstawania swego pożywienia. Zanim jednak zobaczymy jak one to robią, przypomnijmy sobie najważniejsze cechy mrówek.



Ryc. 1. Na drodze do gniazda trzeba pokonać wiele przeszkód. Fot. J. Wojtusiak

Jak wiadomo, mrówki tworzą zwartą rodzinę (Formicidae) w obrębie rzędu błonkówek Hymenoptera, która osiągnęła w drodze ewolucji najwyższy poziom rozwoju społecznego, nazywany eusocjalnym lub euspołecznym. Oprócz nich, też w obrębie rzędu błonkówek, zachowanie eusocjalne rozwinęło się u niektórych pszczoł (Apidae) i os (Vespidae), a poza błonkówkami u wszystkich termitów (cały rząd Isoptera). Dla przypomnienia, dany gatunek owada można nazwać eusocjalnym wtedy, jeśli po pierwsze, wśród osobników tworzących kolonię istnieje reprodukcyjny podział pracy, a więc tylko niektóre osobniki mogą składać zapłodnione i zdolne do rozwoju jaja, po drugie, osobniki tego samego gatunku współpracują z sobą



Ryc. 2. Robotnice z ładunkiem wracają do gniazda jedna za drugą po ścieżce znakowanej feromonem. Fot. J. Wojtusiak

w opiece nad potomstwem i po trzecie, przynajmniej dwa kolejne pokolenia nakładają się na siebie w czasie, czyli potomstwo żyje razem z rodzicami i pomaga im w utrzymaniu przy życiu całej kolonii.

Już od jakiegoś czasu na stałe zadomowił się w literaturze socjobiologicznej termin „superorganizm”, którym określa się każdą kolonię mrówek złożoną z tysięcy a nawet milionów osobników, przez analogię do organizmu, złożonego z milionów komórek. W pojedynczym organizmie zwierzęcym aktywność wszystkich układów i komórek jest z sobą sprzężona i skoordynowana, dzięki czemu funkcjonuje on jako całość. Kolonia mrówek dzięki skoordynowanym działaniom wszystkich składających się na nią pojedynczych osobników też funkcjonuje jako całość, stąd termin superorganizm. A koordynację umożliwia im niezwykle rozwinięty system porozumiewania się.

Wracając do naszych mrówek zobaczymy jak wygląda superorganizm, jaka jest jego struktura i organizacja wykonywanych prac.



Ryc. 3. Po wycięciu kawałków liści wysokiego drzewa trzeba najpierw zejść z nimi w dół. Fot. J. Wojtusiak

Mrówki znoszące do swych gniazd świeżo ścięte kawałki liści nie są liczne. Znanych jest 15 gatunków zaliczanych do rodzaju *Atta* i 24 gatunki zaliczane do rodzaju *Acromyrmex*. W terminologii angielskiej nazywa się je „leaf-cutting ants”, natomiast w opracowaniach polskich „mrówki parasolowe” (od niesionego ponad głową kawałka liścia, który kojarzy się z niesionym parasolem), albo „mrówki grzybiarki” (od zbierania hodowanych przez siebie grzybów).

Najliczniejszymi są kolonie gatunków z rodzaju *Atta*. W pełni rozwinięta kolonia *Atta sexdens* może liczyć nawet 8 milionów osobników. Osobniki każdej kolonii charakteryzują się dużym polimorfizmem postaci. W zależności od rozmiarów głowy można wśród nich wyróżnić cztery zasadnicze kasty, przy czym różnica między

najmniejszą i największą kastą jest aż ośmiokrotna, a różnica w masie ciała aż dwustukrotna. Morfologicznym różnicom w budowie ciała towarzyszy zróżnicowanie pod względem rodzaju wykonywanej pracy. W młodej kolonii robotnice o szerokości głowy od 0,8 do 1,0 mm zajmują się uprawą symbiotycznych grzybów, natomiast te z głową o szerokości 1,6 mm, należące do najmniejszej kasty,



Ryc. 4. Mrówki niosące tylko same liście nie mogą liczyć na obronę przed atakiem pasożytniczych muchówek Phoridae. Fot. J. Wojtusiak

wraz z większymi robotnicami, uczestniczą w cięciu kawałków liści na mniejsze fragmenty. Obie wymienione kasty opiekują się również rozwijającymi się larwami. W miarę wzrostu kolonii różnica między poszczególnymi kastami jeszcze bardziej się pogłębia. Pojawiają się jeszcze mniejsze i jeszcze większe robotnice, czyli zakres zmienności w szerokości głów łącznie dla wszystkich kast zwiększa się i zawiera w przedziale od 0,6 - 5 mm.

O tym, że niektóre mrówki w Ameryce Południowej wycinają kawałki liści i znoszą je do gniazda było wiadomo od bardzo dawna. Jednak długo nikt nie wiedział co mrówki dalej z nimi robią. Pierwszym badaczem, który to wyjaśnił był Thomas Belt, który w 1874 roku opisał komory grzybkowe znajdujące się w podziemnych gniazdach *Atta*. Dopiero później okazało się, że grzyby należą do rodziny Lepiotaceae i są mutualistycznie związane z mrówkami, przy czym każdy gatunek mrówki uprawia inny gatunek grzyba.

Przygotowana i wypełniająca komory grzybkowe pożywka ze zmacerowanych kawałków świeżych liści jest doskonałym, żyznym podłożem do rozwoju grzybów, znacznie lepszym niż papka zrobiona z zeschniętych lub gnijących kawałków liści, na jakiej hodują grzyby mrówki należące do innych rodzajów Attini. Aby zapobiec rozwijaniu się na niej zarodników niepożądanych gatunków grzybów, mrówki *Atta* wykorzystują substancje mające właściwości antybiotyków, pochodzące z symbion-

tycznych bakterii z rodzaju *Pseudonocardia*, które znajdują się na powierzchni ich ciała.

Pierwszym badaczem, który dowiódł, że mrówki zjadają kawałki uprawianej grzybni był Alfred Moeller. Pod koniec dziewiętnastego roku zaobserwował, że mrówki ścinają i zjadają kuliste zakończenia strzępek grzybni oraz karmią nimi swe larwy.



Ryc. 5. Mrówka – tragarz na krótkim postoju. Fot. J. Wojtusiak

Jak odbywa się przygotowywanie pożywki dla grzybów? Biorą w tym udział mrówki różnych kast, a działania odbywają się w ściśle określonej kolejności, zupełnie jak w fabryce, gdzie w tworzeniu złożonego produktu montowanego na linii produkcyjnej bierze udział wielu wyspecjalizowanych robotników, każdy wykonujący inną czynność.

Linie produkcyjną otwierają mrówki transportujące (ryc. 2 - 5), których głowy mają szerokość 2,0 - 2,2 mm i które wnoszą do gniazda duże kawałki wycięte z liści różnych roślin. Zostawiają je niedaleko wejścia a same wracają wycinać następne kawałki. Teraz do akcji wchodzi mniejsze robotnice, które z kolei dzielą liście na jeszcze mniejsze kawałki, o średnicy 1 - 2 mm. Kawałki te są zabierane przez jeszcze mniejsze robotnice, które kruszą je żuwaczkami i polewają od czasu do czasu wydzieliną z otworu odbytowego, aby zmięknęły. Gdy już zmiękną i staną się papkowate, wtykają je do podłoża wypełniającego ogródki grzybkowe. Teraz do akcji wchodzi jeszcze mniejsze robotnice, które przynoszą małe kawałki grzybni z komór, w których jest ona już w pełni rozwinięta i wciskają je w nowo przygotowane podłoże. Zasadzona grzybni rośnie bardzo szybko, tak, że w ciągu 24 godzin całkowicie pokrywa nowe podłoże. Na końcu tej linii produkcyjnej znajdują się najmniejsze, ale za to najliczniejsze robotnice, których zadaniem jest sprawdzanie, na jakim etapie rozwoju jest

grzybnia. Nieustannie dotykają ją czułkami i liżą, rozpoznając przy tym i usuwając zarodniki obcych gatunków grzybów, które mogły przypadkowo dostać się wraz z pożywką do ogródków grzybkowych.

Grzyby uprawiane przez *Atta* i *Acromyrmex* wytwarzają strzępki o rozszerzonych końcach nazywanych gongyliidami, tworzących gęsto zbite zgru-



Ryc. 6. Największą mrówką w kolonii, z największą głową, jest żołnierz. Fot. J. Wojtusiak

powania. Są one odcinane przez mrówki i zjadane albo podawane larwom jako pokarm. Struktury te są bardzo bogate w składniki odżywcze, jak tłuszcze i węglowodany, natomiast nitki samych strzępek zawierają dużo białek.

Jedna kolonia *Atta colombica* potrafi zebrać w ciągu jednego roku od 85 do 470 kilogramów (suchej masy) masy roślinnej. Oznacza to, że całkowita powierzchnia, jaką można by ułożyć z wyciętych w ciągu roku fragmentów liści, wynosi od 840 do 4550 metrów kwadratowych. Pozyskanie i przerobienie tak wielkiej ilości materiału roślinnego na pożywkę dla symbiotycznych grzybów jest możliwe tylko dzięki rozwinięciu się doskonałej współpracy między dziesiątkami tysięcy osobników i perfekcyjnemu podziałowi koniecznych do wykonania prac.

Podział pracy w naszym superorganizmie jest jednak jeszcze bardziej skomplikowany. Oprócz opisanych powyżej działań wykonywanych przez osobniki różniących się morfologicznie kast, realizowane są jeszcze prace zależnie od wieku robotnic, tak, że młode robotnice z większości kast wykonują prace wewnątrz gniazda, a starsze na zewnątrz. Najlepiej widać to na przykładzie małych robotnic, które jako młode pracują wewnątrz gniazda opiekując się ogródkami grzybkowymi i rozwijającymi młodymi. Te same mrówki, już jako starsze osobniki udają się poza gniazdo do miejsc w których ich większe siostry wycinają kawałki z liści, a potem niosą do gniazda. Mrówki te jednak

nie wracają o własnych siłach, ale „jadą” na niesionych fragmentach liści (ryc. 11). Ich zadaniem jest obrona mrówki transportującej liść przed atakiem pasożytniczych muchówek z rodziny Phoridae, które na jej ciele próbują złożyć swe jaja.

W obronie kolonii i zajmowanego przez nią terytorium bierze udział większość kast, ale zawsze są to robotnice starsze wiekiem. W każdej kolo-



Ryc. 7. W obronie terytorium przed innymi mrówkami stają również robotnice z mniejszą głową. Fot. J. Wojtusiak

onii znajdują się mrówki wyspecjalizowane w obronie. Są to największe osobniki, o bardzo dużej głowie z ostrymi żuwaczkami i z bardzo mocnymi mięśniami zwieraczami (ryc. 6). Gdy kolonia jest zaniepokojona przez jakieś większe zwierzę kręgowce, to do obrony włączają się przede wszystkim największy i najmocniejszy żołnierz. Natomiast, gdy napastnikiem są inne mrówki, na przykład z sąsiedniej kolonii, wówczas w obronie zajmowanego terytorium biorą udział głównie mrówki średniej wielkości (ryc. 7), gdyż jest ich znacznie więcej, a poza tym są znacznie efektywniejsze w bezpośrednich starciach z innymi mrówkami.

Przyjrzyjmy się teraz jak mrówki wycinają kawałki liści. Każda z żuwaczek u mrówki wycinającej pełni inną funkcję. Jedna funkcjonuje jak brzeszczot piły i tnie, podczas gdy druga jest wbijana w blaszkę liścia tworząc punkt oparcia dla żuwaczki tnącej. Dzięki temu mrówka może stopniowo zwierać żuwaczki podczas piłowania i wydłużać rozcięcie. Piłując przesuwa ciało łukiem, którego osią obrotu jest stopa lewego lub prawego tylnego odnóża, w zależności od tego czy wycinanie odbywa się w prawo, czy też w lewo. Podczas wycinania kawałków z liści mrówki wydają dźwięki strydulacyjne, pocierając jedną częścią tułowia o drugą, tak, że ich ciało wpada w wibrację. Wibracja przenosi się na tnące liść żuwaczki, które też zaczynają wibrować. Stają się więc jakby wibrotomem, czyli wibrującym nożem, dzięki czemu

mogą łatwiej pokonać opór stawiany przez tkanki rozcinanego liścia (ryc. 8, 9). Najczęściej ta sama mrówka wycina kawałek liścia i zaraz po tym zanosi go do gniazda. Ale gdy rolę „nożyczek” pełnią mrówki o największych głowach, wtedy wycięte przez nie kawałki oddawane są innym osobnikom i te zanoszą je do gniazda. Gdy odległość między gniazdem a miejscem gdzie wycinane są liście jest



Ryc. 8. Duża robotnica wycinająca kawałek liścia po łuku, którego osiłą jest punkt zaczepienia lewej tylnej nogi. Fot. J. Wojtusiak

duża, w przenoszeniu materiału może brać udział kilka robotnic tworzących jakby sztafetę, w której przekazują sobie ładunek.

Wracając do gniazda mrówki (ryc. 10) nie pobjądzą pomimo dużej odległości jaką muszą przebyć, nawet ponad 150 metrów, gdyż ścieżki po których chodzą są bez przerwy znakowane feromonami, tak aby ich zapach był zawsze dobrze wyczuwany. Feromony ścieżek zapachowych mrówek *Atta* są poza tym niewiarygodnie wydajne. Jeden miligram tej substancji wydzielanej przez *Atta texana* wystarczy do oznakowania mrówczej ścieżki o długości równej trzykrotnemu obwodowi kuli ziemskiej i jeszcze wtedy jej zapach byłby dla mrówek wyczuwalny!

Badania wykazały, że jeśli mrówki przypadkowo wniosą do gniazda kawałki liści jakiejś trującej rośliny, to komórki hodowanej grzybni reagują wydzielaniem substancji, która ostrzega mrówki przed ponownym wniesieniem takich samych liści. Jest to interesujący przykład funkcjonowania komunikacji chemicznej między tak dalece różnymi partnerami w tym mutualistycznym związku, jakimi są grzyb i mrówki.

Kiedy kolonia jest już na tyle dojrzała, że rozwijają się w niej uskrzydłone osobniki samców i samic, każda samica, czyli przyszła potencjalna królowa nowej kolonii, przed rozpoczęciem lotu godowego, przenosi do swej kieszeni podgębowej zlokalizowanej między otworem gębowym a prze-

łykiem, mały pakiecik grzybni. Po kopulacji i zakończeniu lotu godowego królowa odrzuca skrzydła i wykopuje w ziemi komorę gniazda. Początkowo składa się ono tylko z wąskiego chodnika schodzącego w dół na głębokość 20 do 30 cm i pojedynczej komory o średnicy około 6 cm. W niej wypływa kawałki grzybni, które dadzą początek nowemu ogródkowi grzybkowemu. Na trzeci



Ryc. 9. Jeszcze chwila i cięcie będzie skończone. Fot. J. Wojtusiak

dzień, gdy świeża grzybnia zaczyna się już rozwijać, królowa składa od trzech do sześciu jaj. W początkowym etapie rozwoju kolonii, królowa sama pielęgnuje ogródek grzybkowy używając go płynnymi odchodami i zjadając do 90 procent składanych przez siebie jaj. Pierwsze larwy, jakie się wylęgą, są także odżywiane jajami. Królowa sama nie odżywia się rozwijającą się młodą grzybnią, gdyż jest jeszcze za delikatna. Pod koniec pierwszego miesiąca jej potomstwo składające się z jaj, larw i pierwszych poczwerek, zostaje otoczone siecią nitek rozwijającej się grzybni. Jeśli królowej nie uda się dochować zdrowego w pełni rozwiniętego ogródka grzybkowego, to próba założenia nowej kolonii się załamuje. W tym pierwszym, krytycznym okresie rozwoju kolonii królowa zużywa swoje własne rezerwy pokarmowe zgromadzone w ciele tłuszczowym oraz energię pochodzącą z rozkładu mięśni tułowia, które podczas rójki poruszały jej skrzydłami.

Pierwsze robotnice, które wylęgą się z poczwerek, zaczynają odżywiać się grzybnią i opiekować królową, która od tego momentu zaczyna składać coraz większą ilość jaj. Jednak nie wszystkie z nich się rozwijają. Niektóre stają się dużymi, troficznymi jajami, tworzącymi się w jajowodach królowej poprzez połączenie z sobą dwóch lub kilku wadliwie rozwiniętych jaj. Tymi jajami robotnice karmią larwy. Mniej więcej po upływie tygodnia robotnice otwierają zamknięte dotąd wyjście



prowadzące na powierzchnię ziemi i zaczynają zbierać pokarm w najbliższym otoczeniu gniazda. Zbierają kawałki liści, które dodają do pożywki sporządzanej do hodowli grzybów. Od tego czasu królowa przestaje już opiekować się potomstwem i zajmować pielęgnowaniem ogródków grzybkowych a staje się prawdziwą „maszyną do składania jaj”. Przebywa zwykle w jednym z ogródków



Ryc. 10. Jeden z wielu otworów prowadzących do wnętrza gniazda mrówek *Atta*. Fot. J. Wojtusiak

grzybkowych w centralnym miejscu gniazda, gdzie składa średnio około 20 jaj na minutę, co daje 28 000 jaj na dobę i 10 512 000 jaj na rok. Tę funkcję będzie już pełniła do końca swego długiego życia, czyli przez 10 a nawet 15 lat i złoży w tym czasie około 150 milionów jaj. Natomiast robotnice przejmują na siebie wszystkie funkcje związane z odbieraniem jaj od królowej, zbieraniem pokarmu, opiekowaniem się hodowlą grzybów, młodymi larwami i królową, powiększaniem gniazda i broniением kolonii przed drapieżcami i konkurentami. Dopiero w trzecim roku życia kolonii zaczynają się rozwijać osobniki uskrzydłone, których różka zamknięte pełny cykl życia kolonii.

Gniazda mrówek *Atta* mogą osiągać ogromne rozmiary. Sześciolatnie gniazdo sięga do głębokości sześciu metrów pod ziemią, zawiera około 2 tysięcy komór, z czego 240 jest zajętych przez ogródki grzybkowe i mrówki. Pozostałe służą jako magazyny odpadów. Ziemia wyniesiona przez jedną kolonię na powierzchnię waży od 40 do 60 ton. W części nadziemnej gniazdo zajmuje powierzchnię 26 do 67 m<sup>2</sup>, a do jego wnętrza prowadzi około 1000 otworów wejściowych i wentylacyjnych. Komory mają różną wielkość. Największe mają 25-50 litrów pojemności, najmniejsze 0,03 - 0,06 litra.

Mrówki *Atta* swą aktywnością dokonują fizycznych zmian w środowisku lasów tropikalnych, gdyż dzięki przemieszczaniu ogromnych mas ziemi zwiększają dopływ tlenu do gleby, w czym są

efektywniejsze nawet od dżdżownic. Ich wpływ na środowisko polega również na nawożeniu gleby. W lesie tropikalnym bez mrówek *Atta* substancje odżywcze penetrują glebę drogą naturalną nie głębiej niż na 5 cm. Mrówki natomiast potrafią transportować je aż do głębokości sześciu metrów. Badania wykazały, że w pobliżu ich gniazd korzenie drzew są czterokrotnie większe i mocniejsze.



Ryc. 11. Siedząc na kawałku liścia z rozwartymi żuwaczkami dwie małe robotnice wracają do gniazda gotowe w każdej chwili odeprzeć atak pasożytniczej muchówki z rodziny Phoridae, która próbowałaby zaatakować mrówkę - tragarza. Fot. J. Wojtusiak

Ponieważ do gniazd transportowane są ogromne ilości różnych szczątków roślinnych i zwierzęcych, teren wokół każdego z nich jest bogato użyźniony niezbędnymi dla roślin związkami chemicznymi zawierającymi takie pierwiastki jak węgiel, azot i fosfor, dlatego w pobliżu gniazd rośnie zawsze większa liczba gatunków roślin, niż gdzie indziej. Z tego powodu na większym obszarze naturalnych lasów tropikalnych roślinność wykazuje rozmieszczenie mozaikowe pokrywające się z określonym przestrzennym wzorcem rozmieszczenia mrowisk. Ma to duże znaczenie dla przebiegu sukcesji roślinnej, szczególnie w jej wczesnych etapach i utrzymania wysokiej bioróżnorodności lasu tropikalnego.

Niestety, mrówki grzybiarki z rodzajów *Atta* i *Acromyrmex* wycinając kawałki liści żywych roślin są również szkodnikami upraw prowadzonych przez człowieka. Jedna kolonia *Atta* potrafi ogołocić z liści całe drzewo cytrusowe w ciągu zaledwie jednej doby. Straty jakie co roku powodują w sadach i uprawach rolnych w różnych krajach Ameryki Południowej ocenia się na około 1 miliard dolarów amerykańskich. W samych tylko Stanach Zjednoczonych straty spowodowane w ciągu roku przez *Atta texana* ocenia się na około 5 milionów dolarów.

Pamiętajmy jednak, że mrówki *Atta* są szkodnikami tylko z naszego punktu widzenia.

W środowisku naturalnym działają jako perfekcyjny superorganizm, którego aktywność jest doskonale zharmonizowana z aktywnością innych organizmów funkcjonujących w sieci wzajemnych

zależności, jakie wykształciły się w trakcie ewolucji w ekosystemie lasów tropikalnych Ameryki Południowej.

Prof. dr hab. Janusz Wojtusiak, Muzeum Zoologiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego. E-mail: wojt@zuk.iz.uj.edu.pl

## ŚWIAT NA SKRAWKU LIŚCIA

Lukasz Binkowski, Agnieszka Nowak (Kraków)

Bogactwo życia w lasach tropikalnych, ich skład gatunkowy i złożoność relacji ekologicznych wynika przede wszystkim z biologicznej historii tych terenów oraz warunków środowiskowych, które nadały im obecny wygląd i charakter (ryc. 1). Do najważniejszych parametrów kształtujących klimat należy zaliczyć przede wszystkim ilość opadów, temperaturę powietrza, wysokość nad poziomem morza oraz wynikającą po części z poprzednich charakterystyk wilgotność powietrza. To właśnie ona umożliwiła życie pewnym organizmom, które nie czerpią wody i substancji pokarmowych z gleby, jak robi to zdecydowana większość roślin, a z innych źródeł, w tym z powietrza. Biologia zna wiele grup takich roślin, w tym epifity i epifile, które występują na naturalnym podłożu, jakim są inne rośliny. Epifity to rośliny, które wyrastają często na grubszych gałęziach, w załamaniach konarów, itp. Epifile natomiast to fotosyntetyzujące organizmy porastające powierzchnię liści innych roślin. Przez niektórych badaczy nie są one wyodrębniane jako osobna grupa, a traktowane jedynie jako podgrupa epifitów. Do najbardziej pospolitych epifili należą mchy, wątrobowce, glony i porosty. Wyniki badań taksonomów pokazały, że jeden liść może skupiać na swojej powierzchni kilkadziesiąt różnych gatunków epifili, które największe zróżnicowanie i występowanie osiągają właśnie w wilgotnych lasach tropikalnych.

Fakt, że liście danej rośliny stanowią miejsce kształtującego się zespołu organizmów prowadzi do ciągłego wyścigu w tworzeniu sposobów na pozbywanie się epifili ze sposobami kolonizacji kolejnych liści. Jakie przystosowania wykształciły się po

obu stronach rywalizacji? Czy obecność lokatorów jest szkodliwa dla rośliny gospodarza? Przyjrzyjmy się temu z bliska.

Jednym z najważniejszych czynników wpływających na tempo i stopień kolonizacji wydaje się wiek liści. Na liściach roślin z rodzaju *Asplundia*<sup>1</sup> (należy do okrytonasiennych; ryc. 4) widać, że wraz z ich wiekiem wzrasta pokrycie epifilami, którego liczbowym wymiarem jest gęstość pokrywy epifilowej (wyrażana w procentach powierzchni liścia zajętej przez epifile). Wiek liści limituje więc pojawianie się epifili (z racji czasu ekspozycji liści na potencjalną kolonizację). Zauważmy tutaj, że roślina może się bronić przed zbyt grubą pokrywą epifilową wytwarzając szybko nowe, czyste liście, których gładka powierzchnia przynajmniej na początku utrudnia epifilom kolonizację. Wykazano, że rośliny, których liście utrzymują się stosunkowo długo, charakteryzują się zdecydowanie wyższą opornością na kolonizację epifili. W badaniach porównujących stopień kolonizacji u roślin z liśćmi długo i krótko żyjącymi zauważono po rocznej ekspozycji liścia zaledwie 5% pokrycie u tych pierwszych i aż 45% u drugich.

Badania wykazały również, że na terenach o dużej zawartości pyłu w powietrzu kolonizacja epifili następuje zdecydowanie szybciej. Widać to najczęściej przy przetartych ścieżkach leśnych, a już szczególnie na terenach zindustrializowanych. Obecność pyłu w powietrzu może w tym przypadku oddziaływać w dwojaki sposób. Po pierwsze, w pyłe znajdują się substancje i związki chemiczne, które mogą stanowić potencjalne źródło składników pokarmowych dla epifili. Po drugie zaś, pył

<sup>1</sup>Rośliny te należą do rodziny *Cyclanthaceae*, rzędu pandanowce, klasy jednoliściennych, gromady okrytonasiennych. Występują w neotropikach od południowego Meksyku do południowej Brazylii.



Ryc. 1. Tropikalny las mgłowy w północnej Wenezueli. Fot. Ł. Binkowski

osiadający na powierzchni liści zmienia jej strukturę, co może usprawniać proces przyczepiania się epifili do podłoża, który na gładkiej powierzchni jest utrudniony. Również tym samym mechanizmem można tłumaczyć większą ilość epifili na liściach starszych, które mają już zmienioną powierzchnię choćby przez obecność pierwszych epifili (dalsze etapy kolonizacji powinny więc przebiegać szybciej).

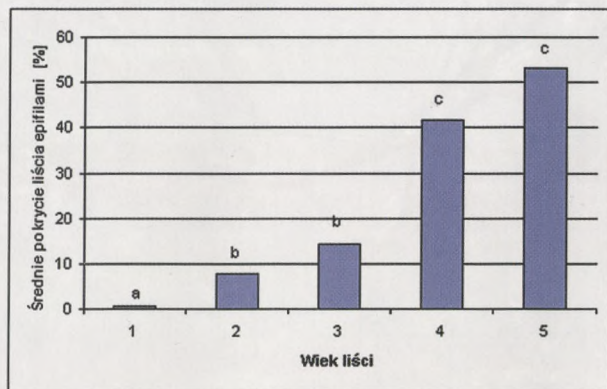
Wspominana wcześniej wilgotność powietrza bardzo silnie wpływa na obecność oraz skład gatunkowy pokrywy epifilowej. Na podstawie obserwacji stwierdzono, że na terenach o mniejszej wilgotności epifile to przede wszystkim porosty. Natomiast w miejscach o wysokiej wilgotności porosty ustępują miejsca wątrobowcom. Badania dowodzą nawet negatywnej korelacji pomiędzy tymi dwiema głównymi grupami epifili: im więcej wątrobowców tym mniej porostów (i odwrotnie). Na skład pokrywy epifitowej istotnie również wpływa światło słoneczne - wątrobowce rosną zdecydowanie szybciej od porostów przy dobrym dostępie do światła.

Trudności z jakimi podczas życia spotykają się epifile musiały doprowadzić do wytworzenia się specjalnych strategii życiowych u tych organizmów.

Jedną z najważniejszych jest szybki wzrost i rozmnażanie, co zapewnia przetrwanie osobników na danym terenie pomimo szybkiej czasami wymiany liści u gospodarza. Większość liści w lasach tropikalnych ma średni czas życia około 16 miesięcy, a wykazano, że w pełni wykształcony i rozmnażający się zespół epifili może wytworzyć się na liściach już po około 4 miesiącach od ich otwarcia. Tak szybki rozwój na oddalonych od siebie roślinach może często prowadzić do tworzenia się zespołów endemicznych.

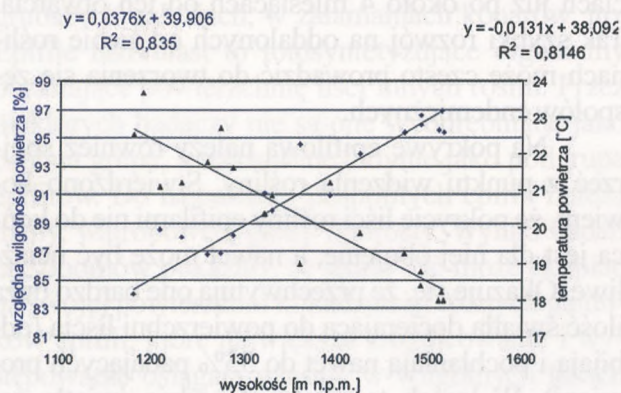
Na pokrywę epifilową należy również spojrzeć z punktu widzenia rośliny. Stwierdzono bowiem, że pokrycie liści rośliny epifilami nie do końca jest dla niej obojętne, a nawet może być uciążliwe. Okazuje się, że przechwytyują one bardzo dużą ilość światła docierającą do powierzchni liścia (odbijają i pochłaniają nawet do 55% padających promieni). W lasach tropikalnych, gdzie światło zazwyczaj jest czynnikiem limitującym dla niższych pięter roślinności, może to stanowić nie lada problem. Zaobserwowano, że osobniki, których liście były silnie pokryte przez epifile w stosunku do osobników z „czystymi” liśćmi później zakwitwały. Rośliny więc w jakiś sposób musiały nauczyć się żyć z epifilami lub z nimi walczyć. Nasuwają się

dwie możliwe ku temu strategie. Pierwsza – tworzenie takich liści, na powierzchni których epifile nie będą się gromadzić. Liście takie są zazwyczaj grubsze, hydrofobowe i pokryte woskami, co zapewne zwiększa koszt energetyczny wyprodukowania takiego liścia. Druga strategia polega na inwestowaniu energii nie w utrzymanie czystych liści,



Ryc. 2. Wpływ wieku liścia (*Asplundia* sp.) na średnią pokrywą epifilową. Wiek liści określony na podstawie numeru kolejnego liścia (1 – najmłodszy). Słupki na wykresie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie między sobą.

a w szybką produkcję nowych. Prawdopodobnie obie te strategie mogą być zarazem sposobem radzenia sobie z presją roślinożerców i trudno ocenić, która z nich jest lepsza. Często na jednym terenie możemy spotkać grupy reprezentantów obydwu strategii. Skoro jednak do dzisiaj w toku ewolucji ani jedna nie wymarła, należy wnioskować, że w określonych warunkach obie mogą być skuteczne. U kilku gatunków zaobserwowano również charakterystyczny kształt liści z ich ostrym zakończeniem. Prawdopodobnie taka struktura usprawn-



Ryc. 3. Zależność wzrostu wilgotności wraz ze spadkiem temperatury w lesie mgłowym.

nia szybsze i pełniejsze odprowadzenie wody z liścia, co jednocześnie pogarsza warunki życia dla występujących na nim, bądź kolonizujących go epifili. Należy tutaj więc wspomnieć o kolejnym możliwym mankamencie posiadania lokatorów –

epifile zdecydowanie pogarszają skuteczność odprowadzania wody z liścia. Jest on więc ciągle wilgotny i chropowaty, co zdecydowanie zwiększa ryzyko infekcji patogenami.

Posiadanie powłoki epifilowej na liściach może się jednak w pewnych okolicznościach okazać pomocne. Pierwsza z nich to wiązanie azotu. Wśród epifili znajdować się mogą sinice asymilujące azot atmosferyczny do postaci wchłanianej przez roślinę. Zjawisko to jest szczególnie ważne w lasach tropikalnych, gdzie ciągle trwa konkurencja o zasoby mineralne. Następną zaletą w pewnych sytuacjach (pojawienie się ubytków w drzewostanie) jest ochrona liści przed przegrzaniem promieniami słonecznymi, o co wcale nie jest tak trudno z uwagi na to, że w gęstym lesie do roślin runa dociera tylko do 5% pełnego światła słonecznego. Odkryto również, że skład chemiczny epifili i ich



Ryc. 4. Liść rośliny z rodzaju *Asplundia* z widoczną pokrywą epifilową. Fot. Ł. Binkowski

pochodna - smak może stanowić skuteczny repelent w zmaganiach roślin ze zwierzętami. Wykazano u roślin z rodzaju *Citrus* (do którego należą cytrusowe), że liście pokryte epifilami są rzadziej wycinane przez mrówki liściarki *Atta cephalotes*. Co więcej, przeprowadzono doświadczenie polegające na sztucznym usunięciu epifili z liści, które prowadziło do zwiększenia na nie presji tychże mrówek. Jak dotąd nauce znany jest tylko jeden gatunek motyla, którego pokarmem są epifile (głównie wątrobowce), a któremu terpenoidy tych roślin nie szkodzą.

Na sam koniec warto podkreślić, że badając epifile nie sposób ograniczyć się do prostych relacji ekologicznych pomiędzy kolonizatorami a rośliną gospodarzem. Epifile do tego stopnia zmieniają powierzchnię liścia, że po pewnym czasie umożliwiają dołączenie do tego zespołu kolejnych zwierząt, roślin i grzybów. Na liściach z grubą okrywą epifitową nie trudno zauważyć nicianie, pierście-

nice czy stawonogi. W efekcie tego zaczynają się tworzyć małe obiegi materii i skomplikowana sieć ekologiczna pozwalająca nam nazwać ten niewielki element lasu, jakim jest liść, małym ekosystemem, który podlega ciągłym zmianom. W wyniku koevolucji roślin gospodarzy i epifili pojawiło się

wiele przystosowań do wspólnego życia, bądź sposobów na jego unikanie. Zastanawia tylko pytanie, ile innych strategii prowadzących do współistnienia roślin gospodarzy z epifilami istniało w przeszłości, a które w wyniku doboru naturalnego przegrały walkę o byt i nigdy się o nich nie dowiemy.

mgr Łukasz Binkowski jest doktorantem w Instytucie Nauk o Środowisku Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.  
E-mail: lukasz.binkowski@uj.edu.pl  
mgr Agnieszka Nowak jest absolwentką kierunku Ochrona Środowiska na Wydziale Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

## TERYTORIALIZM A AGRESJA U MOTYLI

Tomasz W. Pyrcz (Kraków)

Terytorializm to zachowanie wrodzone polegające na obronie danego obszaru przez osobnika, w celu wyłącznego korzystania ze znajdujących się na nim ograniczonych zasobów. Zasobami takimi mogą być, na przykład, pokarm, miejsce do gniazdowania lub dostęp do osobników płci przeciwnej. W ostatnim z wymienionych przykładów terytorializm związany jest z dobozem płciowym i w zdecydowanej większości przypadków jest charakterystyczny dla samców.



Ryc. 1. Samiec z gatunku *Charaxes varanes* o mocno uszkodzonych krawędziach skrzydeł w walkach powietrznych z innymi osobnikami.  
Fot. T. Pyrcz

Terytorializm występuje w większości grup zwierząt. Jest on częstym zjawiskiem wśród kręgowców. Niektóre przykłady terytorializmu są dobrze znane, wręcz podręcznikowe i udokumentowane w licznych opracowaniach naukowych oraz popularno-naukowych. Dość wspomnieć o zachowaniu terytorialnym u bojowników, ryb z rodziny guramiowatych. Samce wojowników w okresie godowym bronią zaciekle przed innymi samcami należącymi do swojego gatunku obszar, na którym potencjalnie mogą napotkać samice. Przykłady różnych zachowań terytorialnych można by mnożyć, gdyż tego typu wzorce behawioralne przeważają w niektórych grupach systematycznych, na przykład

ssaków drapieżnych z rodzin kotowatych, psowatych lub łasicowatych.

Zachowania terytorialne są także dość powszechne w wielu grupach owadów, w tym u motyli dziennych (łuskoskrzydłych aktywnych w dzień, dawniej podrząd Rhopalocera). Są one związane, u form dorosłych, wyłącznie z dobozem płciowym, gdyż nie są znane zachowania w tym rzędzie owadów świadczące o obronie zasobów pokarmowych przed innymi osobnikami. Samce motyli lokalizują samice w większości przypadków wzrokowo, w odróżnieniu od ciem, u których z oczywistych względów (aktywność nocna) główną rolę w lokalizacji partnera pełnią lotne feromony.

U motyli występują dwie podstawowe strategie poszukiwania partnera płciowego: aktywne patrolowanie (*patrolling*) lub wyczekiwanie (*perching*). Występują również strategie pośrednie, to jest naprzemienne patrolowanie i wyczekiwanie. Strategie te powiązane są z zachowaniem samic. U gatunków, których samice są aktywne i przemieszczają się w ciągu dnia na większe odległości w poszukiwaniu występujących w dużym rozproszeniu w środowisku roślin pokarmowych (na przykład roślin zielnych, jednorocznych), u samców dominuje strategia aktywnego patrolowania. U gatunków, których samice są mniej aktywne i prowadzą bardziej osiadły tryb życia, co uzależnione jest także od rodzaju roślin pokarmowych (bylin, drzew i krzewów), u samców przeważa strategia wyczekiwania.

Wybierają one na miejsce wyczekiwania strategiczne stanowiska, to jest takie, które maksymalizują prawdopodobieństwo napotkania receptywnych samic. Mogą to być wyróżniające się punkty terenowe, takie jak szczyty wzniesień,

wierzchołki wyższych lub samotnych drzew (tzw. *hilltopping*). Najczęściej są to jednak gałęzie sterzące ponad leśnymi polanami, nad zwalonymi pniami drzew, wzdłuż strumieni lub ścieżek, czyli w dogodnych punktach obserwacyjnych. Samce, zaraz po wybraniu odpowiedniego stanowiska wykonują zazwyczaj kilka lotów rozpoznawczych. W ten sposób określają granice kontrolowanego przez siebie terytorium. Krótkie loty rozpoznawczo-patrolowe stopniowo ustępują miejsca wyczekiwaniu i obserwacji terytorium z wybranego jednego lub kilku strategicznych punktów.



Ryc. 2. Samiec osadnika egerii (*Pararge aegeria*) z podrodziny oczennicowatych. Fot. W. Kudła

W Polsce gatunki wykazujące zachowania terytorialne należą głównie do rodziny rusalkowatych (Nymphalidae) występujących w środowiskach leśnych. Struktura przestrzenna lasu sprzyja ewolucji strategii wyczekującej i zachowaniom terytorialnym. Wśród najbardziej znanych gatunków terytorialnych można wymienić zaliczające się do największych motyli europejskich mieniaki (*Apatura*) (ryc. 6) i strużniki (*Limenitis*). Terytorializm występuje również u motyli o mniejszych rozmiarach, przedstawicieli podrodziny oczennicowatych (Satyrinae).

Samce poszczególnych gatunków różnią się pod względem wytrzymałości i intensywności obrony terytorium. Niektóre ograniczają się do sporadycznych poczynań polegających na zbliżeniu się i identyfikacji intruza. W przypadku rozpoznania osobnika tego samego gatunku dochodzi do krótkich interakcji w powietrzu, w wyniku których jeden z osobników oddala się. Tego typu zachowanie terytorialne wykazuje europejska oczennica, osadnik z gatunku *Pararge aegeria*, niewielki motyl występujący pospolicie na wiosnę w polskich lasach (ryc. 2). Było ono przedmiotem klasycznej pracy z dziedziny ekologii ewolucyjnej, zatytułowanej „Rezydent zawsze wygrywa”. Autor tej pracy, opublikowanej w 1978, N. Davies dowodził, na podstawie wielokrotnych obserwacji, że w starciach pomiędzy

osadnikami o nasłonecznione miejsca w lesie (*sun spots*), niezmiennie wygrywa osobnik, który wcześniej obsadził terytorium, zaś intruz przegrywa. Zasada rezydenta była wielokrotnie badana i poddawana krytyce. Nie ulega jednak wątpliwości, że rezydent posiada pewną przewagę nad intruzem, gdyż dysponuje większym zapasem energii oraz lepszą znajomością terenu.

Z drugiej strony, istnieją gatunki wykazujące dużo większe przywiązanie do strzeżonego terytorium oraz agresywność. Osobniki nie tylko bronią tego terytorium przed przedstawicielami własnego gatunku, ale także przed osobnikami należącymi do innych gatunków. Mogą to przy tym być gatunki pokrewne, podobne kształtem i rozmiarami ciała lub też zupełnie niespokrewnione i różniące się zdecydowanie tak wyglądem, jak i zachowaniem. Interakcje nie ograniczają się do krótkich lotów rozpoznawczo-identyfikacyjnych, ale przybierają postać prawdziwych walk powietrznych. Gatunki agresywnie terytorialne występują przede wszystkim na obszarach tropikalnych. Ma to bez wątpienia związek z dużo większym zagęszczeniem populacji oraz liczbą gatunków występujących na danym obszarze w lasach równikowych, a co za tym idzie z większą konkurencją o nisze ekologiczne.

Wyjątkowym przykładem z punktu widzenia przystosowań behawioralnych i morfologicznych do zachowań terytorialnych są afrykańskie motyle z rodzaju *Charaxes*. Są to owady średnich i dużych rozmiarów o masywnym tułowi i skrzydłach o rozpiętości do 14 cm (ryc. 3). Wyraźnie zaznaczony jest dymorfizm płciowy, samice są zwykle nieco większe i mniej jaskrawo ubarwione. Osobniki obu płci są dobrymi lotnikami, ale przede wszystkim samce poruszają się wyjątkowo szybko i sprawnie w powietrzu. Choć nie mierzono dokładnie maksymalnych prędkości osiąganych w locie przez gatunki z rodzaju *Charaxes*, to szacuje się, że zbliżają się one do maksimum osiąganego przez motyle (ćmy z rodziny zawisakowatych latają z szybkością do 40 km/h). Jeszcze bardziej godna podkreślenia jest ich zwrotność, w czym nie mają sobie równych wśród motyli świata. Wszystkie gatunki z rodzaju *Charaxes* wykazują zachowania terytorialne, choć w tym zakresie występują duże różnice. Wybitna terytorialność cechuje gatunki o dużych rozmiarach.

Motyle te charakteryzują się unikalnym w obrębie rzędu przystosowaniem morfologicznym do zachowań agresywnych. Kosta, czyli górna, sztywna krawędź przednich skrzydeł, nie jest

gładka ale, w odróżnieniu od innych motyli dziennych, posiada ostre, równomiernie rozłożone na zewnątrz wyrostki tworzące strukturę przypominającą piłę (ryc. 4). „Piła” ta jest bardzo ostra i potrafi z łatwością przeciąć ludzką skórę, o czym można się przekonać przesuwając palcem wzdłuż kossy od szczytu (*apex*) ku nasadzie skrzydła. Samce toczą między sobą zaciekłe walki powietrzne, w czasie których uderzają się wzajemnie przednimi skrzydłami. Ich piłkowana krawędź umożliwia rozcinanie i uszkodzanie skrzydeł przeciwnika, a tym samym osłabianie go.



Ryc. 3. Samiec *Charaxes barnsi*, gatunku endemicznego na wyspie Książęcej. Fot. T. Pyrcz

W czasie organizowanych przez Muzeum Zoologiczne UJ w latach 90. wypraw naukowych na położone w Zatoce Gwinejskiej wyspy Świętego Tomasza i Książęcą prowadzono badania etologiczne. Przeprowadzono między innymi obserwacje na stanowisku Terreiro Velho na wyspie Książęcej, w czasie których dokumentowano wszystkie przypadki zachowań o charakterze terytorialnym pomiędzy występującymi tam motylami (w sumie 30 gatunków). Między innymi, obserwowano dwa osobniki z gatunku *Charaxes barnsi* (ryc. 3) toczące między sobą walkę o terytorium. Stwierdzono, że ten sam osobnik może bronić określonego terytorium przez kilka dni z rzędu oraz że wbrew badaniom na osadniku egeria, kolejność zajmowania terytorium (w przypadku motyli z rodzaju *Charaxes*) nie ma wpływu na wynik konkurencji śródgatunkowej.



Ryc. 4. Piłkowana krawędź przedniego skrzydła samca motyla *Charaxes barnsi*. Fot. A. Czeka

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że agresja samców motyli z rodzaju *Charaxes* skierowana jest nie tylko przeciwko osobnikom tego samego gatunku, ale także wszelkim innym motyłom pojawiającym się w polu widzenia, to jest przelatującym przez kontrolowane terytorium. Dotyczy to zarówno motyli dużych, o zbliżonych rozmiarach, jak i wielokrotnie mniejszych. Zaobserwowano także interakcje z przedstawicielami innych rzędów owadów, takich jak muchówki, błonkówki oraz ważki.

Największym jednak zaskoczeniem dla badaczy były wielokrotnie zaobserwowane przypadki



Ryc. 5. Samiec *Charaxes barnsi* gotowy do obrony terytorium przed ... ptakami. Fot. J. Wojtusiak

agresywnych interakcji pomiędzy samcami z gatunku *Charaxes barnsi*, a ptakami z gatunku *Dicrurus adsimilis* (dziwogon żałobny, ryc. 6)! Wyciekające na gałęziach lub liściach samce motyli rzucały się w pogoń za przelatującym, wielokrotnie większym ptakiem. Po dośnięciu go wirowały wokół lecącego ptaka okładając go skrzydłami. *Charaxes barnsi* pod względem szybkości lotu, ale przede wszystkim zwrotności w powietrzu, górował nad ptakiem. Wyraźnie spłoszony ptak starał się uniknąć ciosów napastnika i uciekał z terytorium motyla, nie podejmując przy tym jakichkolwiek „działań odwetowych”. Co warto podkreślić, dziwogony to ptaki owadożerne, a w literaturze naukowej podaje się, że są wyjątkowo agresywne



Ryc. 6. Dziwogon żałobny (*Dicrurus adsimilis*) i dla porównania, w tej samej skali, mieniak strużnik (*Apatura ilia*), jeden z terytorialnych gatunków motyli fauny polskiej. Fot. T. Pyrcz

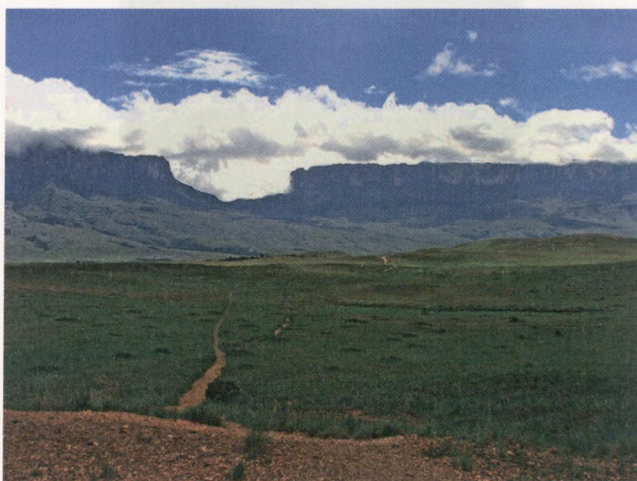
i częstokroć atakują o wiele większe od siebie ptaki drapieżne! Agresywne zachowanie motyli z rodzaju *Charaxes* w stosunku do ptaków zostało rów-

nież odnotowane we Wschodniej Afryce. Podstawy ewolucyjne tego typu nietypowych zachowań nie zostały jednak jak dotąd zinterpretowane.

■ Dr Tomasz W. Pyrcz jest adiunktem w Muzeum Zoologicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. E-mail: pyrcztomasz@hotmail.com

## RORAIMA – ŚWIAT ZAGINIONY?

Mateusz Buczek, Mateusz Sobczyk (Kraków)



Ryc. 1. Kukenan (z lewej) i Roraima, widok od strony południowej. Fot. M. Buczek

Odkryta przez Europejczyków w XVI wieku, a zdobyta w r. 1884, Roraima, jeden z najwyższych płaskowyżów na świecie, miejsce pobytu Królowej Kuin<sup>1</sup> - czym tak naprawdę jest i dlaczego tak nas fascynuje? Roraima (ryc. 1) jest jedną z blisko 120 gór stołowych nazywanych przez Indian z plemienia Pemón - *tepui*. Tepui występują na Wyżynie Gujańskiej, w północnej części Ameryki Południowej, pomiędzy Niziną Amazonki na południu a Niziną Orinoko na północy.

Wyżyna Gujańska zajmuje centralną część tarczy gujańskiej, w której zachowała się jeszcze pokrywa platformowa. Tarczę tworzą silnie sfałdowane skały metamorficzne i krystaliczne: gnejsy, łupki krystaliczne, amfibolity, granitoidy, niektóre z nich uformowane zostały 3,6 mld lat temu. Na nich zalegają poziomo skały osadowe, głównie

piaskowce. Pofałdowane warstwy skorupy ziemskiej uległy silnemu potrzaskaniu uskokami, a także przeobrażeniu pod wpływem temperatury i ciśnienia, co było wynikiem licznych intruzji datowanych na około 1,9 mld lat BP. Góry, które powstały w wyniku tych procesów zostały całkowicie zrównane około 100 mln lat później. Następnie tarcza została zalana przez morze, zaczęły osadzać się piaski, które zostały silnie skompresowane i scementowane, a następnie w kolejnej fazie metamorfizmu uległy przeobrażeniu w kwarcyty. W wyniku wypiętrzenia platforma stała się lądem. Wietrzenie i selektywna erozja, działające w warunkach powolnego wypiętrzenia obszaru, spowodowała rozczłonkowanie wyżyny i powstanie współczesnych spektakularnych gór stołowych - *tepui*.

Tepui wznoszą się od 200 do 2400 m ponad otaczającą je równinę (ryc. 2), ich pionowe zbocza mogą dochodzić do 1000 m, a wysokość nad poziomem morza wynosi od 1000 do 3000 m. Powierzchnia poszczególnych szczytów waha się od 1 do 1000 km<sup>2</sup>. Najwyższa tepui - Pico da Neblina znajduje się w Brazylii i wznosi się na wysokość 3014 m. Opisywana przez nas Roraima jest trzecia pod względem wysokości (2810 m n.p.m.) i leży na granicy Wenezueli, Gujany i Brazylii.

Klimat na szczytach tepui jest często deszczowy i zawsze wilgotny. Średnia roczna temperatura wynosi około 14°C z maksymalną różnicą 2°C pomiędzy średnimi dla najzimniejszego i najcieplejszego miesiąca. Średnia roczna suma opadów sięga 3350 mm. Najsuchszym miesiącem jest grudzień, ze średnią opadów 65 mm, a najbar-

<sup>1</sup>Królowa Kuin, uważana przez Indian Pemón za matkę ludzkości, miała zamieszkiwać szczyt Roraimy. Wiara w boginię przebywającą na szczycie spowodowała, że tubylcy ze strachu przed karą za zakłócanie spokoju nigdy nie weszli na szczyt. Pierwszymi ludźmi, którzy zdobyli górę byli Europejczycy.



dziej deszczowym czerwiec (525 mm), w pozostałych 10 miesiącach średnia przekracza 100 mm. Gleby są bardzo ubogie w składniki odżywcze. Silne wiatry oraz nagłe zmiany większości czynników klimatycznych są dość częste. Przypuszcza się, że ewentualne zmiany klimatyczne, jakie mogły się pojawić w ostatnich 6000 lat, nie były wystarczająco silne, aby zmienić zespoły roślinne. Ich stabilność nie jest tylko odbiciem niskiego stopnia klimatycznej zmienności, ale także konsekwencją dużej odporności tych środowisk na zmiany.

Jedną z najbardziej uderzających cech fauny i flory Wyżyny Gujańskiej jest wysoki poziom specjalizacji i endemizmu, szczególnie na szczytach tepui. Istnieją dwie hipotezy tłumaczące pochodzenie flory na szczytach gór stołowych:

- „hipoteza zaginionego świata” zakładająca długą ewolucję w izolacji od otaczającej równiny;
- „hipoteza pionowego przesunięcia” (*the Vertical Displacement hypothesis*) zakładająca, że pionowe ruchy wegetacji w czasie plejstoceńskich cykli glacjałów i interglacjałów mogły mieć wpływ na wymieszanie flory szczytów tepui z florą z nizin oraz na genetyczne zmiany w gatunkach roślin pomiędzy szczytami.

Okazało się, że obie hipotezy są niezbędne do wyjaśnienia pochodzenia flory na szczytach tepui.



Ryc. 2. Masyw Kukenana (2650 m n.p.m.) górujący nad otaczającą równiną (1100 m n.p.m.). Fot. M. Buczek

Na szczycie Roraimy znajdują się rozległe obszary odsłoniętych piaskowców pokrytych jedynie sinicami *Stigonema panniforme*, nadającymi czarne zabarwienie skałom, na których egzystują (ryc. 3). Litobiomy (ryc. 4) są małymi izolowanymi zespołami, które pojawiają się na nagich skałach przypominając „wegetacyjne wyspy”. Wyspy rozwijają się na skapej glebie, która akumuluje się

w naturalnych zagłębieniach w nagich skałach. Litobiomy uznawane są za pionierskie ekosystemy, gdzie zaczyna się sukcesja pierwotna. Różne czynniki mogą być odpowiedzialne za pozytywną korelację pomiędzy rozmiarem obszaru wegetacyjnych a bogactwem gatunkowym. Większe wyspy mogą być łatwiejszymi celami dla spadających



Ryc. 3. Surowy krajobraz na szczycie Roraimy. Ciemne zabarwienie skał pochodzi od sinic z gatunku *Stigonema panniforme*. Fot. M. Buczek

nasion lub mogą posiadać bardziej dogodne warunki dla większej ilości gatunków. Bogactwo gatunkowe może być skorelowane z obszarem, ponieważ większe wyspy mogą być starsze i przez to dłużej były wystawione na kolonizację. Równocześnie wyspy na dalszych etapach sukcesji mogą mieć większą ilość gleby, co może skutkować bardziej dogodnym środowiskiem dla pojawiających się gatunków. Nikogo nie dziwi istnienie dodatkowej zależności pomiędzy objętością gleby a bogactwem gatunkowym.

Pierwiastkami rzadkimi w glebach tepui są: N, P i K. Na szczytach gór stołowych nie ma roślin strączkowych, dlatego cały dopływ azotu do gleby pochodzi z dekompozycji oraz z wiązania azotu atmosferycznego przez porosty. Składniki mineralne pochodzące z procesów dekompozycji materii organicznej mogą być bardzo istotne, ale tempo dekompozycji w tych glebach jest bardzo powolne, a materia, która zdąży się odłożyć, jest wymywana przez deszcze i tworzące się strumienie. To może tłumaczyć częstość występowania roślin owadożernych. Na Roraimie koegzystuje 10 różnych gatunków roślin mięsożernych z czterech różnych rodzin z trzema różnymi sposobami chwytania ofiar. Gatunki *Drosera* (ryc. 5) łapią swoje ofiary przez pułapki adhezyjne, *Heliamphora* (ryc. 6) i *Brocchinia* używają długich kielichów, natomiast różne gatunki z rodziny *Lentibulariaceae* posiadają pułapki

zasysające. Rośliny mięsożerne mogą odgrywać bardzo ważną rolę w balansie składników odżywczych na „wyspach wegetacyjnych”. Azot i fosfor pochodzący z owadów upolowanych i strawionych przez rośliny mięsożerne może dostać się do gleby po ich śmierci, skąd zostanie pobrany i umożliwi w ten sposób przetrwanie gatunkom nieowadożernym.



Ryc. 4. Litobiomy (opis w tekście). Fot. M. Buczek

Na Ziemi istnieje wiele innych środowisk z niedoborem azotu, ale tylko tu stwierdzono występowanie owadożerne bromelii (*Brocchinia tatei*). Jest to dowód na to, że ewolucja nie działa schematycznie. Korzysta z tego, co ma w danym środowisku i zmienia organizmy w wyniku doboru naturalnego w niemalże nieograniczony sposób.

Podobnie jak w przypadku roślin, dla zwierząt warunki panujące na szczycie Roraimy są niekorzystne: duże dobowe amplitudy temperatur, duża wilgotność i niewiele pożywienia. Brak również dogodnych miejsc do schronienia, ale też nie ma przed kim się chronić, skoro największymi drapieżnikami są tu rośliny. Opisane warunki powodują, że kręgowców na Roraimie jest niewiele. Te zaś, które tu występują, musiały się przystosować do tych skrajnych warunków. Spowodowało to, że fauna na Roraimie jest w dużej części endemiczna.

Na szczycie występują trzy endemiczne gatunki płazów, jedna jaszczurka i jeden gatunek gryzonia (*Podoxymys roraimae*) z rodziny *Criceidae*, którego nie znaleziono w żadnym innym miejscu na Ziemi. Jediną dość liczną grupą kręgowców występującą w ekoregionie gór tepui są ptaki (628 gatunków), w tym 41 endemitów, które jednak nie są ograniczone tylko do tego jednego szczytu. Ich zasięg może być ograniczony do gru-

py Roraimy lub dużej części tarczy gujańskiej. Większość ptaków raczej zalatuje tu przypadkiem, niż mieszka na stałe (ryc. 7).

Jeśli chodzi o bezkręgowce, to jest ich na Roraimie sporo, ale są bardzo słabo poznane. W oczkach wodnych i strumieniach występują drobne skorupiaki i larwy wazek. Na kwiatkach można spotkać niewielkie muszki lub żywiące się pyłkiem ryjkowce (ryc. 8).

W 1912 roku Artur Conan Doyle pisał: „Istnieją miejsca na świecie, które zostały takimi, jak wyglądała Ziemia w pradawnej epoce. (...) Cylindryczna góra o gładkich ścianach, perfekcyjnie strzelistych, jest niedosiężna. Ewolucja istot prehistorycznych na tym olbrzymim płaskowyżu, z wierzchołkiem o przedziwnej skalistej formie, została całkowicie zatrzymana.”<sup>2</sup> Tak rozpoczyna się „Świat zaginiony”, powieść zainspirowana opowiadaniem XIX-wiecznych podróżników odwiedzających okolice Roraimy. Autor książki umieścił na płaskowyżu dżunglę z ogromnymi dinozaurami z czasów jurajskich i tym samym rozpalił naszą wyobraźnię. Jak się jednak okazało, na Roraimie nie



Ryc. 5. Rosiczka *Drosera roraimae* (Droseraceae). Jedna z wielu endemicznych roślin mięsożernych. Fot. M. Buczek

ma dinozaurów, ani nawet jurajskiej dżungli. Czy to oznacza, że nie jest ona kapsułą czasu? Wręcz przeciwnie, jest, i to nie tylko ona, ale i wszystkie pozostałe tepui.

Gdy superkontynent Gondwana rozpadał się na części około 150 mln BP, tarcza gujańska znajdowała się blisko głównego pęknięcia. Oznacza to, że przebywały na niej organizmy

<sup>2</sup> Tłum. [Arkadiusz Nakonecznik]



Ryc. 6. *Heliophora nutans* (Sarraceniaceae). Kolejna roślina mięsożerna występująca na szczycie Roraimy. Fot. M. Buczek

z centralnej części tego prakontynentu, czyli dzisiejszej północno-wschodniej Ameryki Południowej i środkowo-zachodniej Afryki. Po rozpadzie na dwa lądy ewolucja na każdym szła odrębnym torem. Okazuje się jednak, że możemy znaleźć ślady tych wydarzeń w dzisiejszej faunie i florze. Płazy z rodzaju *Oreophrynella* zamieszkujące szczyty kilku tepui, w tym Roraimy (*O. gelchii* – ryc. 9), są bliżej spokrewnione z płazami z Afryki Zachodniej niż innymi płazami z Ameryki Połud-



Ryc. 7. Pionowe ściany Roraimy nie stanowią bariery dyspersyjnej dla ptaków. Wiele z nich ma duże zasięgi występowania, jak pasówka obroźna (*Zonotrichia capensis*) zamieszkująca całą Amerykę Południową, od Meksyku po Ziemię Ognistą. Fot. M. Buczek

niowej. Sugeruje to, że historia rodzaju sięga jeszcze okresu kredowego. Kolejny endemit występujący na Roraimie, to roślina *Stegolepis guianensis*

(ryc. 8), należąca do rodziny *Rapataceae*, która występuje tylko na tarczy gujańskiej i w Afryce Zachodniej. Za zachowanie się opisanych śladów dawnego połączenia między Ameryką Południową a Afryką odpowiedzialne są procesy geologiczne, które w niedługim czasie po rozpadzie Gondwany doprowadziły do powstania niedostępnych płaskowyżów. Oddalone o kilkadziesiąt kilometrów masywy górskie stały się izolowanymi wyspami, na których ewolucja biegła odrębnymi ścieżkami.

Każde tepui ma własną specyfikę i jest światem samym w sobie. Skrajnie niekorzystne warunki panujące na szczycie wymusiły na zwierzętach wykształcenie specjalnych przystosowań. Brak gleby i związków organicznych w podłożu (głównie azotu) spowodował wyewoluowanie specyficznej flory, złożonej z wielu gatunków roślin owadożer-nych (porównaj wyżej).



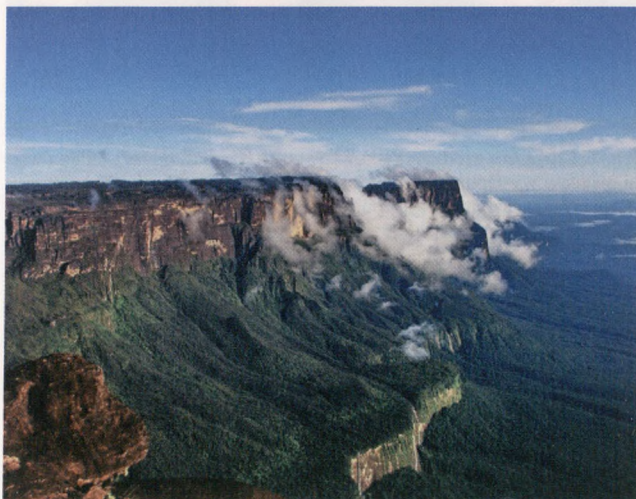
Ryc. 8. Chrząszcz z rodziny ryjkowcowatych (Curculionidae), jeden z wielu owadów występujących na szczycie, na kwiecie *Stegolepis guianensis* (Rapataceae), endemita występującego tylko na Roraimie. Fot. M. Buczek

Warunki na szczycie, choć bardzo zmienne w ciągu doby, są niezwykle stałe w czasie geologicznym. Nie zmieniały się przez miliony lat. Organizmy, które raz dostosowały się do panujących na płaskowyżu warunków nie ulegały daleko idącym zmianom. Jak wiemy ewolucję najbardziej napędzają interakcje między organizmami, ale tu zależności między organizmami są mało skomplikowane. Dzięki niezmienności warunków i małej liczbie typów siedlisk nie doszło do radiacji adaptacyjnej.

Wykształcenie się tak różnych systemów organizmów na poszczególnych tepui musiało wynikać z działania silnych czynników izolujących ograniczających dyspersję. Pierwszym z nich są kil-

kusetmetrowe pionowe ściany. Nawet jeśli jakiś organizmowi udało się przebyć tą barierę to natrafiał na jeszcze większą w postaci silnie odmiennego środowiska. Diametralnie różne warunki środowiskowe uniemożliwiały przeżycie na szczycie lub intruzi nie byli w stanie konkurować z lepiej przystosowanymi tubylcami. Zejście w dół wydaje się prostsze, ale organizm pionierski natrafiał na te same bariery, nie mówiąc już o drodze z jednego tepui na drugie.

Bariery te zostały jednak kilka razy przełamane. Najczęściej dokonywały tego ptaki, którym zdolność do lotu daje niemal nieograniczone zdolności dyspersyjne. Kilkusetmetrowa różnica wysokości nie stanowi dla nich żadnego wyzwania, a niedostępne pionowe zbocza mogą się okazać bezpiecznym miejscem gniazdowania. Jedynym ssakiem, któremu udało się zasiedlić Roraimę jest gryzoń *Padoxymis roraimae*. Wydaje się, że z racji niewielkich zasobów pokarmowych gatunek ten wykorzystuje jedyną pozwalającą na przeżycie niszę pokarmową i nie dopuszcza do wkroczenia innego ssaka. Dla drobnych kręgowców, jak płazy, bariera fizyczna, którą stanowią pionowe ściany, wydaje się być nie do przejścia. Jeżeli chodzi o owady to prawdopodobnie istniał transfer gatunków w obie strony, choć utrudniony. Ta grupa zwierząt jest jednak na Roraimie bardzo słabo poznana. Diaspory roślin i grzybów, jak nasiona i zarodniki



Ryc. 10 Kukenan (zachodnia ściana) widziany ze szczytu najbliższego sąsiada, Roraimy. W dolinie gęste lasy Gujany. Fot. M. Buczek

dostawały się wielokrotnie na szczyt, za sprawą wiatru lub forezji (np. na ptakach). Jednak z racji małej ilości gleby rzadko kiełkowały, a na pewno nie były w stanie konkurować z miejscowymi, lepiej przystosowanymi gatunkami.



Ryc. 9. *Oreophrynella quelchii* (Bufonidae). Endemiczny płaz występujący tylko na szczytach kilku tepui, w tym Roraimy. Rodzaj *Oreophrynella* jest bliżej spokrewniony z płazami w Afryce, niż pozostałymi płazami Ameryki Południowej. Fot. M. Buczek

Te wszystkie bariery dyspersyjne oraz mała ingerencja człowieka spowodowały, że jest to jedno z niewielu miejsc na Ziemi, gdzie całkowicie brak gatunków obcych. Flora i fauna jest w stu procentach rodzima.

Im lepiej poznajemy Roraimę, tym więcej pojawia się nowych pytań. Jedno z najciekawszych dotyczy ropuchy *Oreophrynella quelchii* (ryc. 9). Jest ona endemitem występującym na Roraimie, ale nieograniczonym tylko do jej szczytu. Występuje ona również na płaskowyżu Wei-Assipu, oddalonym od Roraimy o ponad 20 km. Natomiast nie występuje na bliżej położonym tepui Kukenan (ryc. 10), na którym żyje jednak bardzo podobna ropucha, z tego samego rodzaju, *O. nigra*. Ona również jest endemitem, którego można jeszcze spotkać na oddalonym o 10 km płaskowyżu Yurani. W grupie Roraimy odnaleziono jeszcze dwie ropuchy z tego rodzaju: *O. vasquezi* i *O. weiasipiensis*, ograniczone zasięgiem tylko do jednego tepui, odpowiednio Ilu i Wei-Assipu. Występowanie różnych, ale podobnych gatunków z rodzaju *Oreophrynella*, na sąsiednich płaskowyżach jest zrozumiałe. Przed podziałem na tepui teren był prawdopodobnie zamieszkały przez jeden gatunek ropuchy. Po ukształtowaniu się płaskowyżów miliony lat temu, populacje na poszczególnych tepui ewoluowały niezależnie. Podobne i niezmiennie w czasie warunki środowiskowe spowodowały proces specjacji, dlatego 4 omawiane gatunki są do siebie podobne. Ich istnienie nie jest dla nas zaskoczeniem. Problem dotyczy dwóch gatunków: *O. quelchii* i *O. nigra*, z których każdy występuje na dwóch różnych tepui. Jest niemożliwe, aby dwie populacje





**N**epenthes ampullaria –  
Park Narodowy Bako, Sarawak, Malezja



**N**epenthes albomarginata –  
Park Narodowy Bako, Sarawak, Malezja





Ryc. 11. *Bonatia sessilis* z rodziny Rubiaceae. Fot. M. Buczek

tego samego gatunku, żyjące nawet w identycznych środowiskach, po milionach lat izolacji były nadal tym samym gatunkiem. Wyjaśnien tego zjawiska może być kilka. Gatunki zostały źle oznaczone, co przy tak słabej znajomości fauny płaskowyżów jest możliwe. W niedawnych czasach geologicznych mógł również istnieć pomost łączący blisko siebie położone tepui. Płazy mogłyby wówczas wędrować między płaskowyżami i jedne gatunki wypierałyby inne. Po zniszczeniu pomostu powstałyby niezależne, izolowane populacje. Bardziej prawdopodobne wydaje się, że płazy z obu tepui są gatunkami kryptycznymi: morfologicznie identycznymi, bo jest to optymalna forma dla tych warunków, ale różniącymi się innymi cechami, co doprowadza do izolacji rozrodczej między obydwoma populacjami. Sprawdzeniem tej hipotezy byłoby skrojanie osobników z tych dwóch płaskowyżów. Oczywiście jest to z wielu względów niewykonalne, pozostają więc testy genetyczne. Ocena



Ryc. 12. *Orectanthe sceptrum* (Xyridaceae) – endemit z Roraimy. Fot. M. Buczek

stopnia zróżnicowania w niekodującym DNA między populacjami, wynikającymi z losowych mutacji, dałaby odpowiedź, kiedy ustał przepływ genów między tymi populacjami.

Podobne problemy dotyczą endemicznych roślin (ryc. 11, 12), choć tu można sobie wyobrazić ograniczony transfer genów między populacjami z różnych płaskowyżów, np. w postaci pyłku, zarodników lub nasion. Podobnie ma się sprawa z drobnymi kręgowcami, które mogą być przenoszone przez wiatr.

Roraima i pozostałe tepui są niezwykle miejscem, w którym zatrzymał się czas. Teoria ewolucji mogła równie dobrze powstać tu, na wyspach wśród chmur, a nie na oceanicznych Galapagos. Natura dała nam niezwykle źródło wiedzy o sile życia i możliwościach ewolucji. Jest to cenny skarb, na którego utratę ludzkość nie może sobie pozwolić. W 1994 roku Park Narodowy Canaima, na terenie którego leży Roraima i inne tepui, został wpisany na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO.



# DZIÓB TUKANA

January Weiner (Kraków)



Ryc. 1. Tukan zielonodzioby (*Ramphastos dicolorus*); Iguassu – Mata Atlantica, Argentyna. Fot. J. Weiner

Sylwetka tukana, z nieprawdopodobnie wielkim, kolorowym dziobem i równie niezwykle barwnym upierzeniem, to emblemat przyrody tropikalnej, rozpoznawalny na całym świecie, mimo, że zasięg tej grupy ptaków ogranicza się do Ameryki Południowej i Środkowej.

Rodzina tukanów (Ramphastidae), należy do rzędu dzięciołowych (Piciformes). Obecnie do tej samej rodziny, jako osobną podrodzinę, wlicza się grupę pantropikalnych brodaczy (Capitoninae) – mniejszych kolorowych ptaków, o sporych dziobach, ale już nie tak okazałych jak u tukanów. Podrodzina tukanów (Ramphastinae) liczy 35 gatunków z wieloma podgatunkami.

Z 6 rodzajów, tylko jeden (*Ramphastos*), na który składa się 8 gatunków, to tukany właściwe (ryc. 1, 2); inne rodzaje to: arasari (*Pteroglossus*, ryc. 3), pieprzajady (*Aulacorhynchus*, ryc. 4), tukaniki (*Selenidera*), andotukany (*Andigena*) i jeden gatunek tukańca (*Bailloniuss bailloni*).

Tukany występują wyłącznie w Ameryce Południowej, od Meksyku po Argentynę, z centrum

rozmieszczenia w brazylijskiej Amazonii i zalewowych sawannach Pantanal (ryc. 5). Najmniejsze tukany (arasari żółto brzuchy) są mniej więcej wielkości kosa (130 g), największe (tukan wielki *Ramphastos toco*) sięgają rozmiarów gawrona (680 g). Tukany mają silne, krótkie nogi, z dwoma palcami skierowanymi do przodu i dwoma do tyłu – jak u dzięciołów. Odżywiają się przeważnie owocami drzew, ale chętnie uzupełniają dietę drobnymi bezkręgowcami, plądrują też gniazda innych ptaków, wyjadając jaja i pisklęta.

Większość gatunków tukanów nie przejawia dymorfizmu płciowego (tylko jeden rodzaj *Selenidera* jest dymorficzny) do tego stopnia, że nie sposób rozróżnić płci po wyglądzie zewnętrznym. Obie płcie są też wyposażone w identyczne, potężne dzioby. Ta ekstrawagancka cecha nie jest więc, jak można by przypuszczać, wynikiem działania doboru płciowego – bo właśnie dobór płciowy zazwyczaj czyni się odpowiedzialnym za powstawanie struktur wprawdzie okazałych, ale utrudniających życie. Z zasady jednak takie cechy ozdabiają



Ryc. 2. Tukan wielki toko (*Ramphastos toco*); Miranda - Pantanal, Brazylia. Fot. J. Weiner

przedstawicielei jednej tylko płci, prawie bez wyjątku samce.

Potężny dziób ma piłkowane krawędzie i jest bardzo lekki, dzięki wyrafinowanej konstrukcji. To osiągnięcie techniczne budzi zainteresowanie i podziw badaczy poszukujących nowych, szczególnie wytrzymałych i lekkich, materiałów. W ostatnich latach w czasopismach technicznych ukazało się kilka prac na temat dzioba tukana. Według inżynierskiego opisu<sup>1</sup> dziób tukana wielkiego jest konstrukcją kompozytową, której zewnętrzna skorupa zbudowana jest z wielu warstw sześciobocznych płytek



Ryc. 3. Arasari brązowouchy (*Pteroglossus castanotis*); Iguassu – Mata Atlantica, Argentyna. Fot. J. Weiner

$\beta$ -keratynowych o średnicy ok. 50  $\mu\text{m}$  i grubości 2–10  $\mu\text{m}$ , połączonych rodzajem elastycznego kleju, a rdzeń stanowi sieć włókien kolagenowych tworzących zamknięte komory o ściankach grubości 2–25  $\mu\text{m}$ ; jest to rodzaj piankowego wypełnienia, usztywniającego elastyczną skorupę, która ma tylko 0,5 do 0,75 mm grubości. Kolagenowa pianka, o masie właściwej zaledwie 0,05  $\text{g}/\text{cm}^3$  jest silnie zwapniała, przypominając swoim składem chemicznym tkankę kostną. Wzdłuż całego dzioba

przebiega pusta komora (ryc. 6). Pomiary wytrzymałości dzioba tukana na różne naprężenia dały imponujące wyniki. O ile właściwości użytych do budowy dzioba tukana materiałów (keratyna, kolagen) nie odbiegają od analogicznych tworzyw spotykanych w dziobach innych ptaków, to znakomite właściwości mechaniczne wynikają ze sposobu ich połączenia. Taką piankowo-skorupową konstrukcją o niezwykle wysokich parametrach wytrzymałościowych przy niewielkiej masie mają również inne wytwory zwierząt, np. kolce jeżozwierza.



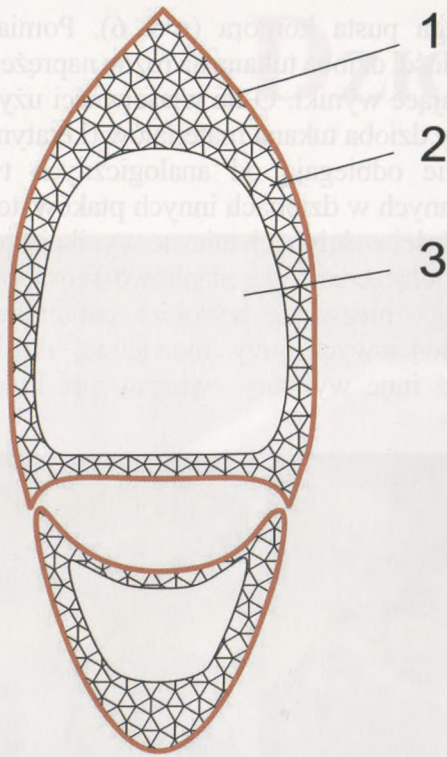
Ryc. 4. Pieprzoad czerwodzioby (*Aulacorhynchus sulcatus*); Rancho Grande – Cordillera de la Costa, Wenezuela. Fot. J. Weiner

Pozostawiając otwarte pytanie, dlaczego dobór naturalny wyposażył tukany w dzioby aż tak potężne i kolorowe, jedno można stwierdzić z całą pewnością: taki dziób znakomicie służy tukanowi do żerowania. Tukany potrafią nim sięgać po owoce zwisające na cienkich gałązkach, które nie utrzymałyby ciężaru ptaka (ryc. 7); posługują się tym



Ryc. 5. Zasięg podrodziny tukanów (Ramphastinae).

<sup>1</sup> Yasuaki Seki, Bimal Kad, D. Benson, Marc A. Meyers, Materials Science and Engineering C 26 (2006) 1412–1420



Ryc. 6. Schematyczny przekrój przez dziób tukana wielkiego, 1 – elastyczna skorupa z keratyny; 2 – usztywniająca „pianka” kolagenowa; 3 – pusta przestrzeń.

narzędziem z akrobatyczną zręcznością, sięgając na wyciągnięcie szyi, czasem głową na dół (ryc. 8). Tukany połykają owoce w całości, czasem podrzucając je w górę i chwytając wprost do gardła (ptaki owocożerne tak postępujące nazywają po angielsku „gulpers” – połykacze, aby odróżnić je od owocojadów rozdziobujących owoce na papkę, nazywanych „mashers” czyli rozdrabniacze, jak np. liczne tanagry, ryc. 9). Jedyne kłopot polega na tym, że tukany nie mogą wykonywać gwałtownych ruchów głową. U innych ptaków zwykle ruch głową, w celu np. zlustrowania okolicy, jest błyskawiczny, co zauważyć musiał każdy, kto kiedyś próbował foto-



Ryc. 7. Tukan wielki żerujący na drzewie *Cecropia* sp. Fot. J. Weiner

grafować ptaki. Może się udać ostre zdjęcie skrzydeł ptaka zrywającego się do lotu, ale bez stosowania specjalnych technik zdjęcie ptaka zmieniającego położenie głowy wyjdzie poruszone. Tukany natomiast obracają głowę ruchem płynnym i majestatycznym.

W tym samym rejonie, gdzie licznie żyją tukany wielkie toko – w brazylijskim Pantanal – występuje również inna wielka osobliwość: ara hiacyntowa (*Anodorhynchus hyacinthinus*), największa papuga świata (ryc. 10). Oba te gatunki łączy skomplikowana interakcja, o czym świadczą niedawno opublikowane wyniki badań kilkorga badaczy brazylijskich i północnoamerykańskich<sup>2</sup>. Jest to równocześnie dylemat dla specjalistów trudniących się aktywną ochroną bioróżnorodności w Brazylii. Ara hiacyntowa jest ściśle związana z trzema gatunkami drzew: dwoma palmami, których owocami się żywi i drzewem manduvi (*Sterculia apetala*, Malvaceae), w którego dziuplach wyłącznie się gnieździ. To drzewo występuje dość rzadko i wysiłki



Ryc. 8. Tukan wielki sięga po owoce zwisając głową w dół. Fot. J. Weiner

w celu ochrony ary hiacyntowej, która jest gatunkiem zagrożonym, ogranicza stosunkowo niewielką liczbą preferowanych przez papugi drzew. Stwierdzono, iż szansa na wyrośnięcie nowego drzewa manduvi jest wprost proporcjonalna do odległości miejsca, gdzie spadnie nasienie, od osobnika macierzystego. Występowanie drzew jest więc uzależnione od zoochorii, to znaczy rozsiewania nasion na większe odległości przez zwierzęta, zazwyczaj ptaki. W tym przypadku głównym partnerem jest właśnie tukan toko, który chętniej niż inne spożywa owoce manduvi i przyczynia się walcnie do rozsiewania nasion. A zatem, ary hiacyntowe zawdzięczają tukanom większość miejsc na gniazda, więc ochronie tego gatunku powinna

<sup>2</sup> M. A. Pizo, C. I. Donatti, N. M. R. Guedes, M. Galetti; Biological Conservation 141 (2008) 792–796



Ryc. 9. Tanagra błękitna (*Thraupis episcopus*) jest przedstawicielem owocojadów – rozdrabniaczy („mashers”). Fot. J. Weiner

towarzyszyć troska o tukana toko. Z drugiej strony jednak, dokładne badania wykazały, że ten sam tukan jest jednym z najgroźniejszych drapieżników, pładujących gniazda ar hiacyntowych i wybierających ich jaja (ponad połowa zrabowanych jaj ary hiacyntowej to jego sprawka). Antropomorfizując, można by powiedzieć, że tukany nie rozsiewają nasion manduvi bezinteresownie, tylko inwestują



Ryc. 10. Ary hiacyntowe (*Anodorhynchus hyacinthinus*); Brazylia Fot. J. Weiner

w przyszłe zyski w nabiale. Ochroniarze zaś muszą dokonać dokładnego bilansu zysków i strat, by odpowiedzieć na pytanie, jak pomóc arom hiacyntowym, nie szkodząc im równocześnie, i czy użyć do pomocy tukana toko, czy lepiej nie?

Prof. dr hab. January Weiner, ekolog, czł. czynny PAU, czł. korespondent PAN, pracuje w Instytucie Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego.  
E-mail: january.weiner@uj.edu.pl

## FITOTELMATA – MIKROŚRODOWISKA WODNO-ROŚLINNE

Agnieszka Bednarska, Radosław Łabno (Kraków)

Na ścisły związek zbiorników wodnych w roślinach z występowaniem i rozmnażaniem się bezkręgowców zwracał uwagę już wczesnośredniowieczny tekst Chen T'sang-ch'i z dynastii Tang (VII-X w.), który opisywał *wen mu t'sai* – „roślinę rodzącą komary” w swoich liściach. Jednak nazwa „fitotelmata” (ang. *phytotelmata*) określająca zbiorniki wodne w roślinach zamieszkiwane przez florę i faunę została wprowadzona przez niemieckiego biologa Ludwiga Vargę w 1928 roku. Varga badał między innymi zbiorniki flory i fauny w wypełnionych wodą liściach szczytu *Dipsacus sylvestris*, ale największej sławy przysporzyły mu nie nowe odkrycia, lecz zwrócenie uwagi na mikrośrodowiska wodno-roślinne oraz ich definicja. I chociaż Varga w dużej mierze czerpał z wiedzy innych naukowców, którzy na długo przed nim badali „zbiorniki” uformowane na przykład przez zachodzące na siebie liście bromelii, które zatrzymując wodę zapewniają siedlisko dla szerokiego spektrum słodkowodnych i lądowych organizmów, to wprowadzone przez niego określenie „fitotelmata” całkowicie wyparło terminy wcześniej stosowane i na

stałe weszło do nauki. Nazwę „fitotelmata” (po angielsku „*phytotelma*” lub *phytotelm*” w liczbie pojedynczej, „*phytotelmata*” w liczbie mnogiej; w spolszczonej wersji „fitotelma” w liczbie pojedynczej a „fitotelmata” lub „fitotelmy” w liczbie mnogiej) Varga wywiódł od greckich rzeczowników: *phytón* czyli roślina oraz *telma* oznaczającego staw, bagno. Terminami stosowanymi zamiennie z fitotelmata są określenia pochodzące z języka angielskiego takie jak: *waterfilled plant containers* (zbiorniki wodne w roślinach), *container habitats* (siedliska zbiorników) i *inquiline biota* (dosłownie *współzamieszkiwane organizmy*).

Fitotelmata są definiowane jako zbiorniki flory i fauny, a więc powiązane ze sobą gatunki roślin i zwierząt, tworzące się w strukturach roślinnych zatrzymujących wodę w stanie ciekłym przez okres co najmniej kilku dni, a więc w takich częściach roślin, jak: korzenie, dziuple drzew, zagłębienia w liściach i kwiatach, „dzbany” roślin owadożernych, czy też międzywęzła traw. Ze względu na niewielką objętość, mierzoną zwykle w mililitrach lub dziesiątkach mililitrów, a tylko czasem sięgają-

ca kilkunastu litrów, na zbiorowiska te bardzo silnie oddziałuje środowisko lądowe, dlatego klasyfikuje się je jako mikrośrodowiska półwodne lub półładowe. Skład gatunkowy fitotelmata zależy od środowiska zewnętrznego oraz rośliny-siedliska i jest najczęściej unikalny dla każdego gatunku lub rodzaju rośliny. Liczba gatunków zwierząt zwykle nie



Ryc. 1. Dzbanechnik z rodzaju *Heliamphora* z Roraimy – wenezuelskiej tepui; wszystkie gatunki należące do tego rodzaju to endemity występujące jedynie w Ameryce Południowej. Fot. R. Laskowski

przekracza kilkunastu (choć zdarza się czasem, że dochodzi do 20-30), dlatego w mikrozbiornikach tych łatwo o wyznaczenie sieci troficznych. W związku z dużą powierzchnią kontaktową wody i powietrza z rośliną, temperatura w fitotelmata w ciepłych regionach jest dużo wyższa niż w większych zbiornikach, a zawartość biogenów pochodzących od rośliny siedliskowej wyższa, co znacznie przyspiesza rozwój żyjących tu organizmów, szczególnie larw muchówek (Diptera) i chrząszczy (Coleoptera), dla których fitotelmata stanowią swoiste, masowe wylęgarnie. Zbiorniki wodne w roślinach stanowią refugia dla larw kilkudziesięciu rodzin muchówek, w tym dla komarowatych (Culicidae), przechodzących często cały cykl rozwojowy w fitotelmata swoistych dla konkretnych rodzajów, a nawet gatunków komarów.

Fitotelmata w różnej postaci występują w rozmaitych ekosystemach – od subarktycznych bagien do terenów leśnych. Można je znaleźć w najbardziej niegościnnych i niedostępnych miejscach na Ziemi; przykładowo dzbanechnik *Heliamphora nutans* (ryc. 1) powszechnie występuje jedynie na odseparowanej wenezuelskiej tepui, a cefalotus buklakowaty (*Cephalotus follicularis*) jest endemitem występującym jedynie na ubogich w składniki odżywcze australijskich bagnach. Jednakże to w lasach tropikalnych fitotelmata są wszechobecne i występują najliczniej, choć zazwyczaj w dużym rozproszeniu. Szacuje się, że ponad 1500 gatunków

roślin może tworzyć fitotelmata, jednak biorąc pod uwagę fakt, że wypełnione wodą dziuple mogą powstawać niemalże w każdym gatunku drzewa, ich liczba może być znacznie większa. Wyróżnia się pięć podstawowych typów fitotelmata z licznymi podrzędnymi kategoriami. Tych pięć kategorii obejmuje: „zbiorniki” typu bromelii, „dzbany” roślin owadożernych, wypełnione wodą dziuple drzew, bambusowe międzywęzła oraz wszelkiego typu zagłębienia w liściach i kwiatach magazynujące wodę.

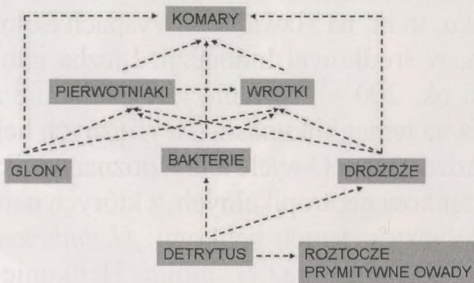
Wszystkie z około 2000 gatunków roślin zaliczanych do rodziny bromeliowatych (Bromeliaceae) oprócz jednego, to rośliny Nowego Świata. Tym wyjątkiem jest *Pitcairnia feliciana*, afrykański endemit występujący wokół zatoki gwinejskiej. Bromelie to wieloletnie rośliny zielne, najbardziej znane jako epifity lasów tropikalnych rosnące w koronach drzew, wysoko ponad runem leśnym (ryc. 2). Około 40 z 50 rodzajów bromelii charakteryzuje się dużymi, sztywnymi liśćmi o kształcie łódkowatym, które szczelnie do siebie przylegają, tworząc rozetę umożliwiającą magazynowanie wody. Zgromadzona i przechowywana w rozetach woda jest powoli wchłaniana przez specjalne włoski na liściach, ale wcześniej staje się miejscem bytowania wielu organizmów, które bardzo często są całkowicie zależne od bromeliowych zbiorników wody. W tych mikrozbiornikach często można spotkać liczne glony, grzyby, bakterie, pierwotniaki, larwy owadów, kijanki żab, a czasem nawet jadowite węże z podrodziny grzechotnikowatych – żararakę lancetowatą (*Bothrops atrox*).



Ryc. 2. Bromelie rosnące w koronach drzew w okolicach Wenezuelskiego Instytutu Badań Naukowych, IVIC. Fot. A. Bednarska

Kolejną kategorię fitotelmata tworzą gatunki zaliczane do rzędu dzbanecznikowców (Ericales, wcześniej Nepenthes) – roślin wytwarzających dzbankowate liście, w których gromadzi się woda. Gatunki z rodziny dzbanecznikowatych (Nepentha-ceae) występują w krajach tropikalnych Starego Świata, a ich największą różnorodność z wieloma

z kolei wpływa na dynamikę populacji i strukturę zespołów ich ofiar, czyli bakterii. Wspomniane organizmy tworzą unikatowe typy zespołów, a niektóre z gatunków muchówek, roztoczy i wrotków są najprawdopodobniej specjalistami występującymi prawie wyłącznie w liściach kaptownicy. Co ciekawe, pomimo dużego zróżnicowania środo-



Ryc. 3. Przykładowy łańcuch troficzny zespołu fitotelmata zamieszkującego liście drapieżnej rośliny *Sarracenia purpurea* (według Mouqueta i in., 2008).



Ryc. 4. Bambusowe międzywęzła. Fot. R. Laskowski

gatunkami endemicznymi zanotowano na Borneo i Sumatrze. Znane są one głównie jako rośliny drapieżne, których dzbanki działają jak „pułapki” na owady i inne stawonogi, jednak zmagazynowana w dzbankach woda niejednokrotnie staje się siedliskiem bytowania wielu różnych gatunków zwierząt – roztoczy i wrotków, komarów, ważek a nawet żab, które wykorzystują izolację i ochronę jaką dają dzbanki oraz podobnie jak sama roślina-gospodarz czerpią korzyści ze składników odżywczych zmagazynowanych w wodzie. Z kolei rodzina kaptownicowatych (Sarraceniaceae) występująca na obszarze obu Ameryk obejmuje gatunki, których wydłużone liście tworzą wypełnione wodą formy na kształt tuby. W obrębie tej rodziny można znaleźć zarówno rośliny, które posiadają liczną i różnorodną zamieszkującą je faunę jak i takie, których fauna jest uboga. Do tych pierwszych należy kaptownica purpurowa (*Sarracenia purpurea*). Pojedyncze osobniki tego gatunku mogą wytwarzać od 1 do 15 i więcej liści na kształt filiżanek, które wypełnione wodą stają się środowiskiem życia licznych bakterii, pierwotniaków, wrotków, roztoczy i trzech gatunków larw muchówek - *Blaesoxipha fletcheri* (Sarcophagidae), *Metriocnemus knabi* (Chironomidae) oraz niezbędnego do prawidłowego funkcjonowania całego „mikroekosystemu” gatunku zwornikowego („keystone species”) jakim jest *Wyeomyia smithii* (Culicidae). Drapieżnictwo *Wyeomyia smithii* decyduje o różnorodności zespołów fitotelmata poprzez obniżenie liczebności konkurujących ze sobą dominujących gatunków pierwotniaków sprzyjając ich koegzystencji, co

wiska i klimatu, w którym występują (od 30° do 70° długości geograficznej), taksony i sieć powiązań troficznych fitotelmata *S. purpurea* są wysoce spójne (ryc. 3). Do roślin posiadających ubogą faunę można z kolei zaliczyć rodzaj *Darlingtonia*, zamieszkiwany przez jeden tylko gatunek ochotkowatych – *Metriocnemus edwardsi*.

Jakakolwiek wnęka, otwór bądź zagłębienie powstałe w sposób naturalny w zdrewniałej części drzewa, w którym gromadzi się woda, może służyć jako „mikroakwarium”, niemniej jednak w niektórych drzewach takie otwory powstają częściej niż w innych. Bywa też czasem tak, że tylko jeden lub dwa gatunki drzew zapewniają wnęki będące siedliskiem dla różnorodnej fauny w danym ekosystemie. Naukowcom nie udało się jednak wykazać, żeby gatunek drzewa w jakikolwiek sposób wpływał na skład zamieszkujących go gatunków. Przeciwnie, to raczej czynniki związane z fizycznym usytuowaniem i kształtem samego mikroziornika decydują o składzie i liczebności zamieszkującej go fauny. Wykazano na przykład, że naświetlenie, kształt i rozmiar zagłębienia oraz zawartość garbników i ligniny są czynnikami wywierającymi wpływ na pojawianie się komarów w mikroziornikach wodnych, również tych powstałych w europejskich drzewach. Ściółka pochodząca z liści stanowi podstawę łańcucha troficznego kształtującego się w dziuplach drzew i decyduje o bogactwie gatunkowym systemu. Jednakże jej jakość i ilość zmienia się w ciągu roku. Zmianie ulegać mogą również potrzeby żywieniowe bytujących w „mi-

kroakwariach” zwierząt. Dlatego bogactwo gatunkowe ofiar i skład w gildii drapieżników fitotelmata zmienia się w różnych okresach roku.



Ryc. 5. Liście przykwiatowe *Heliconia bihai*. Fot. A. Bednarska

Bambusowe międzywęzła tworzą odrębną kategorię fitotelmata (ryc. 4). Bambusy to grupa roślin z podrodziny Bambusoideae należącej do rodziny traw (Gramineae). Są to rośliny kosmopolityczne, jednak w dużym stopniu ich występowanie ograniczone jest do regionów tropikalnych. Występują one zarówno w formie karłowatej, dorastając zaledwie do kilku – kilkunastu centymetrów, jak i drzewiastej, osiągając ponad 30 m wysokości. W zależności od gatunku i wieku rośliny objętość zgromadzonej w międzywęzlu wody może się wahać od kilku  $\text{cm}^3$  do ponad litra. Liczba wypełnionych wodą międzywęzła w bambusach zmienia się sezonowo w zależności od ilości opadów, co wywiera ogromny wpływ na rozmieszczenie bytujących w nich organizmów oraz współzawodnicstwo pomiędzy nimi, jak również wymusiło wykształcenie różnego typu cech umożliwiających przetrwanie w niekorzystnych warunkach (składanie odpornych na wysychanie jaj, skrócenie długości okresu larwalnego). Bambusowe międzywęzła, do których przez dziury wygryzione przez chrząszcze z rodziny kózkowatych (Cerambycidae) bądź też otwory powstałe w wyniku złamania łodygi dostała się woda, stają się siedliskiem licznych zespołów organizmów wodnych, w skład których wchodzi wiele taksonów, a w szczególności larwy komarów. Łańcuchy troficzne rozwijające się w bambusowych międzywęzłach są zwykle zbliżone do tych, które znajduje się w sąsiadujących z nimi „mi-

kroakwariach” drzew, a fauna jest wspólna dla obu typów fitotelmata.

Śród roślin, których różnego typu liście i płatki kwiatów tworzą mikroziorniki magazynujące wodę, do najbardziej znanych należą rośliny z monotypowej rodziny helikoniovatych (Heliconiaceae). Helikoniovate występują w Mezoameryce i Neotropiku oraz, mniej licznie, na Południowym Pacyfiku, m.in. na Hawajach, Wyspach Solomona, Samoa, w środkowej Indonezji. Liczba gatunków wynosi ok. 200 – 250 i nie jest dokładnie znana. Wiedza na temat kilkunastu pacyficznych helikonii jest bardzo skąpa. O wiele lepiej poznano kilkadziesiąt gatunków neotropikalnych, z których najwięcej prac dotyczy czterech helikonii: *H. imbricata*, *H. caribea*, *H. bihai* oraz *H. aurea*. Helikonie rosną w podszyciu lasu w skupieniach, posiadają duże liście i od kilku do kilkunastu okazałych łódkowatych podsadek, czyli tak zwanych liści przykwiatowych (ryc. 5 i 6), które mieszczą w sobie prawdziwe kwiaty. Jaskrawe ubarwienie liści przykwiatowych sprawia, że helikonie są łatwe do odnalezienia w gęstym lesie tropikalnym. Fitotelmata rodzaju *Heliconia* są zwykle rezerwuarem dla larw muchówek i chrząszczy. Na podstawie badań z Portoryko stwierdzono, że najwyższy poziom płynu i największe zróżnicowanie i zagęszczenie bezkręgowców w fitotelmata helikonii obserwuje się w środkowym stadium kwitnienia. Maksymalna dyspersja organizmów zachodzi w warunkach wysokiego poziomu płynu. W zależności od wieku kwiatu zmienia się również odczyn wody w liściach przykwiatowych, na co najbardziej wpływa wydzielina samej helikonii, a w dalszej kolejności zmieniające się warunki tlenowe. Wydzielina ta ma za zadanie chronić roślinę przed obligatoryjnymi roślinożercami jak na przykład motyle *Caligo* sp. (Nymphalidae; Auerbach, 1981) lub chrząszcze *Cephaloleia* (Chrysomelidae). Mikroziorniki w helikonii zasiedlane są w pierwszej kolejności przez muchówki: jako pierwsze pojawiają się kuczmannowate (Ceratopogonidae), następnie ćmiankowate (Psychodidae), kolejno bzygowate (Syrphidae) i komarowate (Culicidae), dużo później kolonizują koziółkowate (Tipulidae). Warunki tlenowe mikroziornika pogarszają się wraz z wiekiem, dlatego w pierwszej kolejności zanikają w nim Ceratopogonidae. Wśród komarów rodzaje *Culex* i *Wyeomyia* dominują przy maksymalnej objętości płynu i pH ok. 8,2, a przy niższym pH (ok. 7,5) w końcowych stadiach kwitnienia drapieżne komary *Toxorhynchites*. Na skład zespołów, oprócz chemizmu zwią-

zanego z rozwojem rośliny oraz zawartością tlenu, wpływają także takie czynniki ekologiczne, jak konkurencja, drapieżnictwo oraz różnice w czasie składania jaj przez bezkręgowce. W fitotelmata helikonii częstym zjawiskiem jest współzawodnicstwo o pokarm pomiędzy widłonogami (Copepoda) i komarami oraz czasowy podział niszy pomiędzy



Ryc. 6. Wypełniony wodą liść przykwiatowy *Heliconia bihai*.  
Fot. R. Laskowski

te grupy: zagęszczenie widłonogów wzrasta z wiekiem siedliska, a maleje w nich zagęszczenie komarów, choć konkretne zagęszczenie zależy ściśle od stanu początkowego widłonogów. Ten zależy z kolei od obecności legniowców *Saprolegnia* (Oomycota), rozwijających się na szczątkach organicznych, których zawartość jest determinowana dopływem martwej materii z zewnątrz. W fitotelmata „dużych helikonii”, jak na przykład tych z gatunku *Heliconia bihai* (ryc. 5) dorastających do 5 m wysokości i posiadających liście o długości do 150 cm, można na podstawie dominujących taksonów wyszczególnić dwa typy zbiorowisk: z chrząszczami i licznymi muchówkami, ale bez komarów oraz z komarami i muchówkami z innych rodzin (ryc. 7).

Fitotelmata *Heliconia bihai* były przedmiotem badań przeprowadzonych przez autorów niniejszego artykułu podczas kursu ekologii tropikalnej, który został zorganizowany przez Instytut Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego, Wenezuelski Instytut Badań Naukowych (*Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas*, IVIC) oraz Uniwersytet Centralny w Wenezueli (*Universidad Central de Venezuela*, UCV) w stacji badawczej Rancho Grande w Wenezueli (ryc. 8). W 31 osobnikach *Heliconia bihai* rosnących w okolicy Rancho Grande autorzy stwierdzili obecność 5768 osobników należących przynajmniej do 21 rodzin i 31 rodzajów. Spośród nich 99,7 % należało do czterech typów zwierząt: wrotków (Rotifera), pier-

ścienic (Annelida), stawonogów (Arthropoda) i strunowców (Chordata), przy czym najliczniejsze były stawonogi stanowiące 98,2% wszystkich oznaczonych organizmów, a najmniej liczne (0,1%) strunowce – wszystkie z gromady płazów (Amphibia). Natomiast wszystkie obecne w helikoniach rośliny należały do gromady zielenic (Chloropyta).



Ryc. 7. Larwy komarów pływające się w wodzie w liściach przykwiatowych helikonii. Fot. R. Laskowski

Konkluzje z prac dotyczących zbiorowisk fauny w fitotelmata u różnych gatunków helikonii oraz własnych badań autorów można zawrzeć w zdaniu, że w mikrozbiornikach helikonii żyje wąska grupa gatunków licznych (1-5) oraz wiele gatunków rzadko występujących.

Bromeliowe „zbiorniki”, „dzbany” roślin owadożernych, wypełnione wodą dziuple drzew, bambusowe międzywęzła oraz liście i kwiaty magazynujące wodę zawierają bogatą faunę tworzącą mniej lub bardziej złożoną sieć powiązań, która ewoluowała przez długi czas, a ich szerokie występowanie pozwala na rzadką możliwość prowadzenia badań w różnorodnej skali przestrzennej (globalnej, kontynentalnej, regionalnej czy też lokalnej) oraz czasowej. Fitotelmata umożliwiają naukowcom śledzenie wielu procesów dotyczących ekologii zespołów (drapieżnictwo, konkurencja, interakcje międzygatunkowe, dyspersja, kolonizacja, efekt założyciela), jak również weryfikację bardziej ogólnych hipotez związanych z biogeografią czy bioróżnorodnością. Mniej poznane wydają się być zależności pomiędzy samą rośliną-gospodarzem a zamieszkującą ją fauną. O ile obecność bakterii jest ważna dla rośliny ze względu na dekompozycję detrytusu (rozkładająca się fauna może stanowić nawet główne źródło azotu dla rośliny), a roślina jest w oczywisty sposób potrzebna zespołom fitotelmata zarówno jako siedlisko, jak i źródło materii organicznej, to zależności pomiędzy gatunkami z wyższych poziomów troficznych i rośliną





Ryc. 8. Autorzy niniejszego artykułu podczas pracy w terenie w okolicy stacji badawczej Rancho Grande w Wenezueli. Fot. R. Laskowski

Agnieszka Bednarska, Radosław Łabno, Instytut Nauk o Środowisku, Uniwersytet Jagielloński.  
E-mail: a.bednarska@uj.edu.pl

(mutualizm, pasożytnictwo, komensalizm) nie są już tak jasne. Do tej pory nie wiadomo także, czy roślina i jej zespół fitotelmata powstały w wyniku przemian ewolucyjnych zachodzących jednocześnie wskutek ich wzajemnego oddziaływania na siebie, czyli koewolucji, czy też ewoluowały niezależnie.

Badania nad fitotelmata trwają, a ponieważ, jak to w każdej dziedzinie nauki bywa, znalezienie odpowiedzi na jedno postawione pytanie rodzi kolejne pytania, fitotelmata z pewnością jeszcze długo będą wykorzystywane w badaniach ekologicznych.

## JEZIORO ROZMAITOŚCI – O PIELEGNICACH Z MALAWI

Jacek Hikisz (Łódź)

### Początek

Wszystko zaczęło się w neogenie, około 23 milionów lat temu, w którym to ukształtował się obecny kształt kontynentów i oceanów. Wskutek orogenezy alpejskiej wypiętrzyły się m.in. Alpy, Karpaty i Himalaje. Klimat w tym okresie na całej kuli ziemskiej był zbliżony do obecnego (niektórzy uważają, że był nawet nieco cieplejszy).

Wczesny neogen to również dla Afryki okres licznych ruchów górotwórczych (formują się między innymi góry Atlas) i tektonicznych. Procesy te doprowadziły do pęknięcia skorupy ziemskiej. Towarzystwo temu zjawiska wulkaniczne i wylewy lawy. W wyniku rozcięcia prekambryjskiej platformy afrykańskiej, we wschodniej części kontynentu powstał system głębokich i rozległych uskoków zwanych Wielkimi Rowami Afrykańskimi (ryc. 1). Rozciągają się one południkowo na długości około 3500 km. Swój początek biorą w dolinie rzeki Zambezi, biegną na północ, a w okolicy równika rozdziałają się na dwie strefy wschodnią i zachodnią. Najdalsze uskoki sięgają aż po Morze Czerwone.

Tak powstałe zagłębienia utworzyły idealne miejsce gromadzenia się wody rzecznej i opadowej.

W ten właśnie sposób narodziły się Wielkie Jeziora Afrykańskie, zawierające ogromne bogactwo orga-



Ryc. 1. Wielkie Rowy Afrykańskie.

nizmów i stanowiące teren badań dla wielu naukowców. Największe z nich to: jezioro Wiktorii, Tanganika i wysunięte najbardziej na południe jezioro Malawi (dawniej zwane Niasa).

### Imponujące parametry jeziora

Jezioro Malawi jest typowym tektonicznym jeziorem rynnowym powstałym około 2 mln lat temu. Odkrył je w 1859 r. szkocki misjonarz, lekarz i badacz Afryki, David Livingstone.



Ryc. 2. Usytuowanie jeziora Malawi.

Jezioro to ma wyraźny przebieg południkowy (ryc. 2) i posiada imponujące rozmiary. Jest trzecim pod względem wielkości jeziorem Afryki i dziewiątym na świecie. Jego długość wynosi blisko 600 km, co odpowiada mniej więcej odległości łączącej w linii prostej Ustkę z Bielskiem Białą. Średnia szerokość jeziora wynosi około 50 km. Powierzchnia zbiornika odpowiada w przybliżeniu powierzchni województwa wielkopolskiego, a więc jest równa ok. 30 tys. km<sup>2</sup>. Malawi jest również jednym z głębszych jezior Afryki. Jego średnia głębokość wynosi 290 m. Północna część Malawi jest głębsza i osiąga miejscami nawet do 700 m. Południowa strona jest stosunkowo płytka, jednak charakteryzuje się dość dużym bogactwem mniejszych i większych wysp, których na północy brak. Jezioro gromadzi w swojej misie blisko 7200 mln km<sup>3</sup> wody.

### Klimat i hydrologia

Jezioro Malawi leży w strefie podrównikowej, dla której typowe są wysokie temperatury (około 20°C przez cały rok), oraz dwie pory roku: sucha i deszczowa. Pora sucha charakteryzuje się niewielkimi opadami i silnym wiatrem, który powoduje mieszanie się dolnych warstw wody. Głębsze, bogatsze w składniki odżywcze masy wody są wynoszone na powierzchnię. Taka sytuacja ma miejsce głównie w płytszych rejonach jeziora, gdzie taka cyrkulacja jest możliwa. Wraz z nastaniem pory deszczowej ustaje silny wiatr, a obszar ten coraz częściej nawiedzają ulewne deszcze. W bogatszych teraz w składniki odżywcze wodach pojawia się zakwit fitoplanktonu, a następnie silny rozwój zooplanktonu. Pora deszczowa to także okres tarła większości ryb żyjących w tym jeziorze.

Dodatkowym elementem mającym wpływ na lokalny klimat jest niewątpliwie ogromna masa wody, jaką stanowi jezioro. Często obserwować można silne i gwałtowne burze szalejące w nocy nad powierzchnią jeziora, podczas gdy w tym samym czasie na lądzie panuje susza. Jest to spowodowane różnicą temperatur między powietrzem nad lądem oraz nad wodą, która powoduje powstawanie wiatrów, w dzień wiejących od brzegu a w nocy od wody, co prowadzi to częstych burz.

Położenie jeziora w strefie tropikalnej powoduje, że temperatura jego wód jest bardzo wysoka. Zwykle waha się ona między 25 - 28°C. Jest ona dość stabilna przez cały rok, tylko okresowo w porze deszczowej, oraz w najgłębszych partiach jeziora, może spadać do około 20°C. Cały obszar wokół jez. Malawi obfituje w skały wapienne i marmury. Taka budowa geologiczna wpływa na właściwości chemiczne wody, powodując podniesienie jej zasadowości (odczyn pH zawiera się w przedziale 7,6 - 8,5). Woda w jeziorze jest bardzo czysta i dobrze natleniona. Przezroczystość sięga zwykle 15 m, a w pewnych okresach przekraczać może nawet 20 m. Powoduje to dobre naświetlenie przez promienie słoneczne, co stwarza dobre warunki do rozwoju roślin i zwierząt.

W zlewisku jeziora Malawi leży wiele rzek, jednak ich wody tylko w niewielkim stopniu zasilają jezioro. Większość rzek kończy swój bieg na bagnach otaczających zbiornik. Całkowity przychód wody składa się w 2/3 z wód pochodzenia opadowego, a tylko 1/3 to wody rzeczne. Jezioro odwadnia rzeka Shire, która stanowi prawy dopływ rzeki Zambezi.

### Życie w jeziorze

Jezioro Malawi ze względu na swoje specyficzne warunki fizyko-chemiczne charakteryzuje się ciekawą florą i fauną. Występują w nim zarówno organizmy o szerokim zakresie tolerancji na różne czynniki środowiskowe, jak i takie, które przystosowały się do życia w określonej temperaturze lub stosunkowo wysokim pH. W jeziorze Malawi spotkać można zarówno gatunki szeroko rozpowszechnione, jak i endemiczne, znane tylko z tego zbiornika. Wśród bezkręgowców pod względem liczebności zdecydowanie dominują skorupiaki (ponad 100 gatunków). Jednak pomimo dużego zróżnicowania raczej trudno doszukać się tutaj gatunków endemicznych. Zdecydowanie inaczej jest w przypadku drugiej pod względem liczebności grupy

bezkręgowców, jaką są ślimaki. Prawie połowa z żyjących tutaj przedstawicieli tej grupy to endemity. Wśród ślimaków ciekawym przedstawicielem jest *Melanoides tuberculatus* (ryc. 3), w Polsce nazywany świderkiem. Żyje zakopany w podłożu, poszukując w nim resztek organicznych, którymi się odżywia. Jest on często hodowany przez akwarystów wraz z rybami z bardzo prostego powodu. Żyjąc w piasku powoduje jego ruch, co z kolei zapobiega powstawaniu stref beztlenowych. W 2000 r. stwierdzono pierwsze i jak na razie jedyne, stanowisko występowania tego ślimaka w Polsce. Miejscem tym są podgrzane przez Elektrownię Ciepłą Pątnów jeziora konińskie. Wśród zebranych okazów stwierdzono formy dorosłe jak i młodociane, co świadczy o rozmnażaniu się w tym środowisku. Prawdopodobną przyczyną pojawienia się w tych jeziorach *Melanoides tuberculatus* było sztuczne wprowadzenie przez akwarystów.



Ryc. 3. Świderek – *Melanoides tuberculatus*. Fot. J. Hikisz

Innymi, mniej licznymi w gatunki grupami, które można spotkać w jeziorze Malawi są między innymi niesporczaki, gąbki, wrotki, nicienie, małże czy płazińce. Wśród tych ostatnich spotkać można niebezpieczną dla zdrowia i życia ludzi przywrę krwi *Schistosoma haematobium*. Wywołuje ona chorobę zwaną schistosomatozą. Przywry atakują przede wszystkim wątrobę, pęcherz moczowy i jelićto grube. Jest to choroba, która przez długi czas przebiega całkowicie bezobjawowo. Dopiero po kilku tygodniach od zarażenia daje widoczne efekty w postaci gorączki, kaszlu, bólu brzucha czy biegunki. W dalszym przebiegu prowadzi nawet do śmierci. Żywicielem pośrednim przywry jest ślimak wodny z rodzaju Balinidae, natomiast ostatecznym - człowiek lub różne gatunki małp. Do zarażenia dochodzi podczas bezpośredniego kontaktu z wodą, w której znajdują się cerkarie tej przywry. Schistosomatoza w krajach tropikalnych jest zaraz po malarii, najbardziej rozpowszechnioną chorobą.

## Skarby jeziora Malawi

Jezioro Malawi to jednak przede wszystkim ogromne bogactwo ryb. Zwierzęta te zachwycają wszystkich swoimi przepięknymi kolorami, kształtami i sposobem zachowania. Większość z nich to gatunki z rodziny pielęgnicowatych (Chichlidae). W żadnym innym afrykańskim jeziorze nie ma tak wielkiego zróżnicowania tej rodziny. W Malawi żyje ich około 600 gatunków - około 95% to endemity.

Pielęgnicowate to rodzina w rzędzie ryb okoniokształtnych (Perciformes), odznaczająca się ciekawą biologią rozrodu. Samice z reguły opiekują się ikrą i potomstwem, natomiast samce przejawiają silnie rozwinięty terytorializm. Wszystkie endemiczne pielęgnice z jeziora Malawi charakteryzują się najbardziej rozwiniętym instynktem opieki nad potomstwem spośród całej rodziny pielęgnicowatych. Samice po złożeniu ikry inkubują ją w pysku, gdzie także przetrzymywane jest potomstwo po wylęgu (ryc. 4). Ze względu na takie zachowanie ryby te nazywa się gębaczami lub pyszczakami<sup>1</sup>. Samce pyszczaków na płetwie odbytowej posiadają



Ryc. 4. Samica *Maylandia callainos* inkubująca ikrę w pysku. Fot. J. Jabłoński

atrapy jajowe – zazwyczaj żółte lub pomarańczowe plamki do złudzenia przypominające ziarna ikry swojego gatunku (ryc. 5). Służą one głównie do zwabiania samicy i prowokują ją do zbierania ikry do pyska. Ponadto dzięki trącaniu samca w atrapy jajowe, samica prowokuje go do wydzielania nasienia i dzięki temu możliwe jest zapłodnienie jaj znajdujących się już w pysku samicy, a które wcześniej nie były zapłodnione. Takie zachowanie pozwala na osiągnięcie sukcesu reprodukcyjnego przy składaniu bardzo niewielkiej liczby jaj; czasami jest to zaledwie kilka ziaren. Nie jest to zachowanie typowe dla ryb, które z reguły składają bardzo dużą ilość ikry. Pyszczaki wydatkują ogromną

<sup>1</sup> Pielęgnice jeziora Malawi nie są jedynymi rybami charakteryzującymi się taką strategią rozrodu. Występuje ona także u sumokształtnych z rodziny Ariidae i Bagridae oraz innych okoniokształtnych np. Apogonidae, u których to samce inkubują ikrę.

energię na ochronę swojego potomstwa. Samica, inkubując młode średnio przez 3 tygodnie, nie



Ryc. 5. Samiec *Lodotropheus sprengerae* z widocznymi atrapami jajowymi na płetwie odbytowej. Fot. J. Jabłoński

przyjmuje żadnego pokarmu. Zachowanie takie wykształciło się w toku ewolucji tych ryb i było odpowiedzią na ciągle zmieniający się poziom wody w jeziorze. Wcześniej ryby te składały ikrę w przybrzeżnych zagłębieniach skalnych, jednak konieczność ciągłego przenoszenia ikry z obawy przed wyschnięciem doprowadziło do przystosowania polegającego na inkubacji ziaren ikry w pysku.

Pyszczaki jeziora Malawi, dorastają przeciętnie do około 10 - 15 cm. Za najmniejszego przedstawiciela tej grupy uważa się pyszczaka muszlowego - *Maylandia livingstoni*, którego wielkość nie przekracza z reguły 6 cm. Do największych należą niektórzy przedstawiciele z rodzaju *Haplochromis*, osiągający rozmiary nawet 35 cm.

Malawijskie pielęgnice, podobnie jak te żyjące w innych afrykańskich jeziorach, posiadają bardzo zróżnicowane preferencje pokarmowe. Uważa się, że jest około 16 różnych grup gatunków przystosowanych do pobierania odmiennego rodzaju pokarmu. Są gatunki, które żywią się glonami, mięczakami, owadami lub krewetkami. Niektóre aktywnie filtrują podłoże w celu zdobycia pokarmu, a inne zdobywają go w toni wodnej. Część pyszczaków zjada ikrę innych ryb, a część jest drapieżnikami. Ryby, które filtrują wodę mają do tego celu specjalnie przystosowane łuki skrzelowe. Potrafią wychwycić bardzo małe cząstki pokarmu, sięgające nawet 1µm. Pielęgnice odżywiające się peryfitonem, czyli glonami porastającymi skały, mają otwór gębowy skierowany ku dołowi a w jego środku trzy rzędy sprężystych zębów ułatwiających zeskrobywanie pokarmu. Najlepiej przystosowane do pobierania tego rodzaju pokarmu

są gatunki z rodzaju *Labeotropheus* (ryc. 6). Ryby z rodzaju *Labidochromis* potrafią wychwytywać drobne bezkręgowce zamieszkujące glony, dzięki zębom wysuniętym przed linię szczęki. Wśród pielęgnic zdarzają się także przedziwne preferencje polegające na przykład na wyjadaniu łusek innych ryb, lub nawet ich oczu. *Melanochromis crabro* to gatunek zjadający splewki (nieduży płaski skorupiak pasożytujący na ciele ryb i odżywiający się ich krwią), które w jeziorze Malawi atakują m.in. ciało suma *Bagrus meridionalis*. *Dimidiochromis compressipes* wyjada oczy innym rydom. Rodzaj *Auloncara* posiada na pokrywach skrzelowych liczne narządy czuciowe. Płynąc tuż nad dnem bezbłędnie lokalizuje larwy ochotkowatych (Chironomidae), którymi się odżywia. Ciekawe zachowanie wykazuje gatunek *Nimbochromis livingstonii*. Ryba ta, będąc drapieżnikiem, podczas polowania kładzie się



Ryc. 6. *Labeotropheus trewavasae* – pielęgnica z charakterystycznym pyskiem skierowanym ku dołowi ułatwiającemu pobieranie glonów porastających kamienie. Fot. J. Jabłoński

na boku i udając martwą rybę czeka na ofiarę. Zakopuje się w niewielkiej warstwie mułu lub piasku zmieniając przy tym swój kolor, do złudzenia przypominający śniętą rybę. Taki wygląd powoduje zainteresowanie ze strony innych gatunków, które nie pogardzą „martwym” kąskiem. Gdy znajdą się odpowiednio blisko następuje atak drapieżnika.

Liczba różnych przystosowań pielęgnic w jeziorze Malawi jest bardzo duża i zapewne nie wszystkie jeszcze zostały odkryte, jednak już po tych kilku przykładach można zauważyć, jaką są one wyspecjalizowaną grupą.

### Podwodne bogactwo skał

Każdy gatunek pielęgnicy zamieszkuje charakterystyczny dla siebie obszar jeziora. Biotop tych ryb podzielić można na 2 główne strefy – litoral i pelagial.

Litoral, czyli strefa przybrzeżna, jest bardzo dobrze naświetlana przez promienie słoneczne. Duża ilość dostępnego tlenu stwarza dobre warunki do rozwoju roślinności, jak i innych organizmów. To w nim odnaleźć można wspaniałe bogactwo barw i kształtów, jakimi odznaczają się endemiczne ryby



Ryc. 7. *Cyrtocara moori* – na głowie guz tłuszczowy utrudniający przekopywanie dna. Ich pokarmem są szczątki organiczne i drobne larwy wykopane przez pielęgnice innych gatunków. Fot. J. Jabłoński

jeziora Malawi. Litoral można podzielić na kilka typów. Pierwszym z nich jest litoral piaszczysty. Charakteryzuje się on piaszczystym dnem, które często porośnięte jest przybrzeżną roślinnością, m.in. z rodzaju *Valisneria*. W obrębie tej strefy napotkać można jednak na obszary „nagich piasków”, czyli miejsca, gdzie nie występują żadne rośliny ukorzenione. Typowe dla tego rodzaju środowiska są pielęgnice z rodzaju *Hemitylapia* i *Cyrtocara* (z charakterystycznym garbem tłuszczowym na głowie) (ryc. 7), oraz rodzaj *Fossorochromis*, którego przedstawiciele odznaczają się nieco odmiennym sposobem rozmnażania. Samica składa ikrę do specjalnie w tym celu zbudowanego przez samca piaszkowego kopca z otworem pośrodku.

Innym rodzajem litoralu jest litoral zwirowaty. Stanowi on strefę przejściową między środowiskiem piaszczystym a skalistym. Na dnie pojawiają się liczne stopy głazów i kamieni. Głównymi przedstawicielami pielęgnicowatych są tutaj ryby z rodzaju *Auloncara*, które w celu zdobycia pokarmu aktywnie przesiewają pyskiem podłoże oraz rodzaj *Pseudotropheus*, w skład którego wchodzi ponad 35 gatunków pyszczaków, głównie o barwie niebieskiej lub żółtej.

Trzecim typem jest litoral skalisty. Jego dno zbudowane jest z pionowych bloków skalnych, które porastają liczne glony stanowiące pokarm dla ryb i schronienie dla bezkręgowców. Groty i jaskinie tworzą tutaj doskonałe kryjówki dla ryb. W tym środowisku występuje największa liczba gatunków pielęgnicowatych, w tym największa grupa pyszczaków roślinożernych o nazwie „Mbuna”. W skład tej grupy wchodzi ponad 200 gatunków pielęgnic w tym rodzaju: *Melanochromis*, *Pseudo-*

*tropheus*, *Maylandia*, *Cynotilapia*, *Labeotropheus* czy *Labidochromis*. Oczywiście występują tutaj nie tylko roślinożercy, ale również takie ciekawe gatunki jak np. *Dimidiochromis compressiceps* – jeden z gatunków, który w jeziorze Malawi nie jest endemitem (ryc. 8). To typowy drapieżnik, polujący na inne ryby, jednak w przypadku niedostępności pokarmu może odżywiać się oczami dorosłych osobników.

Ostatnim typem litoralu, jest najmniej rozległy, litoral ujęć rzecznych, z mulistym dnem obfitującym w naniesioną przez rzeki zawiesinę. Powoduje ona zdecydowany wzrost mętności wody. Obszar ten zasiedlony jest zarówno przez przedstawicieli grup zamieszkujących wpływające do jeziora rzeki, takie jak np. rodzaj *Tilapia*, jak również gatunki nie należące do pielęgnicowatych.

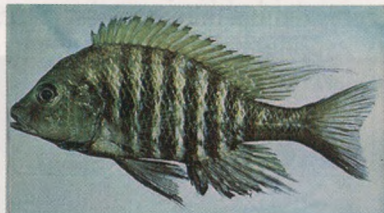
Tak przedstawiony podział litoralu jest jednak dosyć sztuczny. W praktyce nie ma sytuacji, w której litoral piaszczysty zmienia się nagle np. w litoral skalisty. Środowisko życia zmienia się płynnie i stopniowo. Zanikają pomału elementy charakterystyczne dla jednego typu a pojawiają się cechy charakterystyczne dla drugiego. Podobnie jest z rybami; gatunki typowe dla jednego środowiska ustępują pomału a w miejsce ich pojawiają się nowe.



Ryc. 8. *Dimidiochromis compressiceps*. Fot. J. Jabłoński

Drugą strefą zdecydowanie bardziej rozległą od litoralu jest pelagial, czyli obszar otwartej toni wodnej. Podzielić go można na dwie strefy. Strefę trofogeniczną, charakteryzującą się stosunkowo dobrym naświetleniem wody przez promienie słoneczne, obecnością producentów (fitoplanktonu) a także konsumentów, oraz strefę trofolityczną, do której nie dochodzą już promienie słoneczne, brak jest producentów, a więc i obecność konsumentów jest mocno ograniczona. Wraz z głębokością w strefie tej maleje ilość rozpuszczonego tlenu, a od ok. 200 m rozpoczyna się beztlenowa, martwa strefa z coraz większą ilością metanu i siarkowodoru. Dno

pelagialu jeziora pokryte jest piaskiem. Pelagial jest słabo poznany, głównie z powodu dużych głębokości, jakimi charakteryzuje się jezioro Malawi. W tej otwartej toni wodnej spotkać można głównie 2 rodzaje ryb pielęgnicowatych. Głębokie wody zamieszkuje rodzaj *Alticorpus*, z charakterystycznymi dużymi oczami (ryc. 9), oraz rodzaj *Diplotaxodon*, typowy dla wód płytszych.



Ryc. 9. Pielęgnica z rodzaju *Alticorpus*.

### Niesamowita ewolucja

Skąd jednak takie bogactwo gatunkowe tych ryb, a w szczególności tak ogromna liczba endemitów? Wszystko dzięki radiacji adaptacyjnej, czyli procesowi ewolucyjnego różnicowania się grupy spokrewnionych ze sobą organizmów, w wyniku adaptacji do różnych środowisk życia. W drodze radiacji dochodzi do wytworzenia rozmaitych specjalizacji, np. pokarmowych. Powstające formy mogą tworzyć następnie nowe gatunki.

Sztandarowym przykładem obrazującym ten proces jest radiacja adaptacyjna zięb Darwina. Gatunek macierzysty przybył z kontynentu południowoamerykańskiego na wyspy Galapagos na Oceanie Spokojnym, gdzie znalazł nowe, niezamieszkałe, wolne od konkurencji obszary. Poszczególne grupy zięb przystosowały się do pobierania odmiennego rodzaju pokarmu, co przyczyniło się do ich izolacji siedliskowej, a w konsekwencji do powstania nowych gatunków, różniących się od siebie przede wszystkim kształtem dzioba. Wszystkie 13 gatunków zięb Darwina tworzą tzw. rój gatunków, gdyż pochodzą od jednego przybyłego wcześniej gatunku zięby. Podobna sytuacja, chociaż o wiele bardziej spektakularna miała miejsce w jeziorach afrykańskich w tym także w jeziorze Malawi. Wraz z wodą rzeczną, która 23 mln lat temu wypełniła zagłębienia dostały się do nich organizmy żyjące w tych rzekach. W ten sposób w jeziorze pojawiły się pierwsze pielęgnice w tym jeden gatunek, który stał się protoplastą wszystkich innych żyjących obecnie w Malawi gatunków pyszczaków. W jeziorze wytworzyło się wiele różnych siedlisk. W wyniku izolacji zaczęły powsta-

wać nowe gatunki. Początkowo, tak jak zięby Darwina, różniące się głównie sposobem pobierania pokarmu. Jednak w późniejszym czasie zaczęły się różnicować pod względem kolorów, budowy zewnętrznej i zachowania. Obecnie w wyniku izolacji i działania procesu radiacji adaptacyjnej w jeziorze Malawi żyje ponad 600 gatunków pielęgnic. Jest to, więc bez porównania bardziej znamienity przykład radiacji w porównaniu z ziębami Darwina.

Wśród naukowców badających przeszłość jeziora krąży także inna teoria wyjaśniająca powstanie tak wielu gatunków pielęgnic. Mówi ona, że większość gatunków ryb w Malawi wyewoluowała w zaledwie 200 lat. Przed milionami lat, kiedy to tworzyło się jezioro poziom wody w nim był bardzo niestabilny. Częste jej spadki powodowały wysychanie przybrzeżnych rumowisk skalnych i śmierć wielu gatunków pielęgnic. Nie sprzyjało to tworzeniu się nowych gatunków. Naukowcy sądzą, że poziom wody w jeziorze ustabilizował się dopiero 200 lat temu i dopiero od tego czasu nastąpiła tak szybka radiacja pielęgnicowatych. Częste zmiany poziomu wody powodowały izolowanie pewnych grup pielęgnic, które przez ten czas wykształciły cechy, nie pozwalające krzyżować im się z innymi po ponownym podniesieniu się poziomu wody (mikroallopatia). Argumentem przemawiającym za tak szybką radiacją są badania molekularne, które wykazały niski poziom dywergencji sekwencji DNA pomiędzy gatunkami znacznie różniącymi się morfologicznie. Zgodnie z tą teorią uważa się, że jest to najszybsza znana nauce radiacja adaptacyjna zwierząt, która odbyła się praktycznie na naszych oczach. Taka hipoteza burzy ponieważ przekonanie, że do powstania nowego gatunku potrzeba wielu milionów lat. Dużo zależy bowiem od zmian zachodzących w środowisku, w którym żyje dany organizm.

### Na ratunek pielęgnicom

Poruszając tematykę Wielkich Jezior Afrykańskich, w tym także jeziora Malawi, nie można nie wspomnieć o problemach i zagrożeniach, z jakimi boryka się środowisko naturalne tego obszaru. Wody jeziora są bardzo czyste i wciąż zamieszkałe przez ciekawe stworzenia. Ten stan może się jednak szybko zmienić. Wszystko za sprawą okonia nilowego – *Lates niloticus* (ryc. 10), wprowadzonego sztucznie przez człowieka w latach 50. XX wieku. Jest on rybą drapieżną z rodziny okoniowatych, osiąga potężne rozmiary – w tym wagę nawet do 70

kg. Naturalnym środowiskiem życia tej ryby jest kraina etiopska, w tym jeziora, takie jak: Turkana i Czad a także rzeki, m.in. Nil, Kongo i Wolta. Okoń nilowy w jeziorze Malawi żywi się pielęgnicami, przyczyniając się do zmniejszenia ich liczebności i zaniku niektórych cennych gatunków. Konsekwencją tych zmian jest coraz częstsze pojawianie się masowych wylotów owadów z rodziny ochotko-



Ryc. 10. *Lates niloticus* – okoń nilowy. Fot. R. Słowikowski

watych. Muchówki te, nie mając naturalnych wrogów wśród pielęgnic, coraz częściej stanowią poważną plagę. Tworząc rójki, w celu odbycia lotu godowego oblepiają ściany budynków, zatykają urządzenia hydrotechniczne, obumarłe tworzą na brzegach zbiorników rozkładającą się biomasę. U ludzi mogą powodować dokuczliwe alergie (czynnikiem alergicznym jest w tym przypadku wysuszona i sproszkowana hemoglobina pochodząca od larw).

Wprowadzenie okonia nilowego jest przykładem bardzo negatywnej ingerencji człowieka w ekosystem. Introdukowano go z dwóch powodów. Po pierwsze, gatunek ten miał podreperować kondycję miejscowego rybactwa, a po drugie - miał rozwiązać problem głodu i zaopatrzyć ludność w odżywcze mięso. W niewielkim stopniu osiągnięto sukces, jeżeli w ogóle można o takim mówić, biorąc pod uwagę negatywne skutki tego przedsięwzięcia. Gospodarka rybacka i sytuacja ekonomiczna rzeczywiście na terenach przyległych do jezior afrykańskich poprawiła się. Skorzystały jednak na tym tylko europejskie firmy, które zbudowały na tych terenach zakłady przetwórstwa ryb i zajęły się eksportem mięsa na północ, kosztem bogatego świata endemicznych pielęgnic. Miejscowa ludność mimo oczekiwań praktycznie w ogóle na tym nie zyskała. Miejscowi rybacy swoich połowów nie mogą porównywać z tymi prowadzonymi przez europejskie firmy. Wielkie płyty mięsa suszone są na słońcu. Przylatują do nich ogromne ilości much. Nie rozwiązuje to problemu głodu, a jedynie potęguje ilość chorób, jakie panują szczególnie w pań-

stwie Malawi, które należy do grona najuboższych rozwiniętych krajów na świecie.

Jak na ironię losu okres wprowadzenia okonia przypadł na czas intensywnych badań nad populacją pielęgnicowatych. Tak naprawdę nie wiadomo ile nieodkrytych jeszcze gatunków padło łupem okonia nilowego. Najbardziej negatywne skutki odniosło jezioro Wiktorii, będące największym z Wielkich Jezior Afrykańskich. Tam sytuacja wynikająca z wprowadzenia okonia nilowego jest jeszcze gorsza.



Ryc. 11. Przykładowa dekoracja domowego akwarium z biotopem Malawi. Fot. P. Hikisz

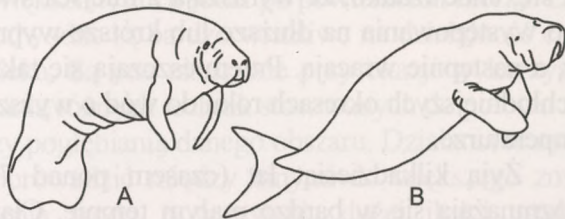
W celu ochrony endemicznych gatunków ryb w roku 1980 utworzono na terenie jeziora Podwodny Park Narodowy Jeziora Malawi. Mieści się on w południowym krańcu jeziora, czyli tam, gdzie zróżnicowanie środowisk życia jest największe. Od 1984 roku park ten jest wpisany na listę światowego dziedzictwa UNESCO. Powierzchnia parku wynosi 94 km<sup>2</sup>. Dzięki istnieniu tej formy ochrony przyrody jest nadzieja, że stan populacji pyszczaków zostanie zachowany.

Nadzieja w podtrzymaniu jak największej liczby gatunków leży także w akwarystach. Grupa pielęgnic z jeziora Malawi jest bardzo popularną wśród miłośników ryb akwariowych (ryc. 11). Zazwyczaj ryby te hodują osoby, które z akwarystką mają już do czynienia od kilku czy kilkunastu lat. Pielęgnice, chociaż łatwe w utrzymaniu, wymagają specyficznego wystroju akwarium, z dużą ilością skalnych kryjówek i odpowiednich parametrów wody. Stworzenie odpowiedniego środowiska, jak najbardziej zbliżonego do naturalnego i obserwacja fantastycznych zachowań tych zwierząt, to wyzwanie dla niejednego hodowcy. Powstaje także coraz więcej firm zajmujących się sprowadzaniem, hodowlą i sprzedażą pielęgnic. Być może w przyszłości to właśnie od takich osób będzie zależało to czy zmniejszoną liczebność gatunków jeziora Malawi uda się odtworzyć.

# SYRENY Z INDOPACYFIKU

Aleksandra Jabłońska (Łódź)

Według mitologii syreny to drapieżne pół kobiety, pół ptaki, jednak większości z nas kojarzą się z wyjątkowo pięknymi pół kobietami, pół rybami. Pierwsze opisy takich istot pochodzą ze starożytności, a popularne są do dzisiaj chociażby pod postacią Małej Syrenki z baśni Andersena, której podobiznę można zobaczyć w Kopenhadze, czy też Syrenki znajdującej się w godle Warszawy. W opowieściach mitologicznych istoty te były okrutne. Wabiły swym pięknym głosem żeglarzy, a ci zdezorientowani ginęli w morskich odmętach. Niewielu oparło się zachętom syren. Jednym z nich był Odyseusz, który zakleiwszy uszy swojej załogi woskiem, sam kazał się skutecznie przywiązać do masztu, był bowiem ciekaw jak brzmi osławiony syreni śpiew, ale nie chciał zginąć. Orfeusz natomiast uratował życie Argonautom zagłuszając kuszące



Ryc. 1. Porównanie sylwetek współczesnych syren: A – manat, B – diugon.  
Rys. A. Jabłońska

głosy swoją grą na lirze. Syrenom przypisywano także bardzo krwawe zachowania, miały one wprost napadać na żeglarzy i rozszarpywać ich na strzępy.

Nie wszyscy wiedzą, że dzisiaj spotkanie z syreną też jest możliwe. Nie chodzi jednak o niebezpieczne, legendarne pół kobiety pół ryby, lecz o łagodne ssaki morskie, zaliczane właśnie do rzędu syren (Sirenia). Obecnie w obrębie tego rzędu żyją trzy gatunki manatów (Trichechidae: *Trichechus inunguis*, *T. manatus*, *T. senegalensis*) i jeden gatunek diugonia (Dugongidae: *Dugong dugon*) (ryc. 1). Patrząc na ich portrety trudno doszukać się analogii do pięknych, morskich istot. Skojarzenie takie wzięło się najpewniej stąd, że sutki samic tych ssaków usytuowane są podobnie jak u kobiet. Okazuje się, że kiedyś zwierzęta te nazywano powszechnie pannami lub dziewicami morskimi,

a słowo diugon wywodzi się z malajskiego „duy-ung”, które oznacza kobietę żyjącą w morzu. Dziś często określane są popularnym mianem „krowa morska”, które z kolei odnosi się do ich zachowania i sposobu odżywiania.

Syreny są ssakami żyjącymi w strefie przybrzeżnej oceanów, w ujściach rzek i rzekach tropików. Wszyscy przedstawiciele tej grupy są zwierzętami wodnymi i nigdy nie wychodzą na ląd. Manaty występują u zachodnich wybrzeży Afryki oraz wschodnich wybrzeży obu Ameryk od Florydy po Brazylię. Diugonie natomiast żyją w przybrzeżnych wodach Indopacyfiku strefy tropikalnej i subtropikalnej (w tym także Morza Czerwonego), w pasie ograniczonym szerokościami geograficznymi 26° północnej i południowej, między wschodnią Afryką a Wyspami Salomona. Wyróżnia się wśród nich dwa podgatunki: *D.d. hemprichii* w Morzu Czerwonym i *D.d. dugon* w pozostałym Indopacyfiku. Dawniej zwierzęta te występowały w całym tropikalnym Indopacyfiku, wszędzie gdzie znajdowały się łąki podwodne. Obecnie ich zasięg bardzo się skurczył do niewielkich, reliktowych, odseparowanych od siebie obszarów, na których gatunek ten i tak jest niezwykle rzadki.

Diugonie osiągające wielkość do 3 metrów i wagę do 400 kilogramów wyglądają nieco jak krzyżówka delfina ze słoniem morskim, posiadają grubą, pozbawioną włosów, szarą skórę, a pod nią znaczną warstwę tłuszczu. Ich zmodyfikowane przednie kończyny w kształcie łopat służą do sterowania i poruszania się po dnie (ryc. 2, 3). Zwierzęta te nie mają kończyn tylnych ani płetwy grzbietowej, a spłaszczona poziomo płetwa ogonowa jest głównym narządem lokomocji (ryc. 4). Pływają sprawnie, lecz nie tak energicznie jak delfiny. Na głowie znajdują się nozdrza, niewielkie oczy, otwory uszne i otwór gębowy zaopatrzony w „trąbę” (ryc. 5). Diugonie posiadają dwa gruczoły mleczne położone pod kończynami przednimi. Zwierzęta te są najbliższym spokrewnione ze ssakami kopytnymi i podobnie jak ich krewniacy są roślinożerne, a odżywiają się trawami oraz glonami porastającymi łąki podwodne. Diugonie to jedyne wyłącznie roślinożerne ssaki morskie, spędzające





Ryc. 2. Diugon poruszający się po dnie - widoczna przyczepiona do jego skóry podnawka *Echeneis naucrates*. Fot. P. Jabłoński

całe życie w słonej wodzie. Żerują one na łąkach podwodnych znajdujących się na głębokości od 1 do 5 metrów, chociaż obserwowano je żywiące się nawet na głębokości ponad 30 metrów. Na teren swojego żerowania wybierają łąki podwodne znajdujące się na wybrzeżach, w osłoniętych zatokach, zaroślach mangrowych, ale także daleko w morzu, po stronie zawietrznej wysp, jeżeli sięga tam szelf kontynentalny. Wytrzymujące pod wodą około 6 - 7 minut zwierzęta, podczas pobierania pokarmu muszą wynurzać się niemal co minutę. Żywią się trawą morską (ryc. 6), którą wyrrywają z podłoża z korzeniami, powodując przy tym duże zmaczenie wo-



Ryc. 3. Diugon podpływający do powierzchni wody pilotowany przez młode ostroboki *Gnathanodon speciosus*. Fot. P. Jabłoński

dy (ryc. 7). Wybierają pionierskie trawy morskie, łatwe do strawienia i bogate w nutrieny, głównie z rodzajów *Halophila* i *Halodule*. Ich zapotrzebowanie na pokarm wynosi ok. 60 kilogramów dziennie. Podczas pobierania pokarmu często towarzyszą im inne zwierzęta [np. młode ostroboki

(Carangidae) należące do gatunku *Gnathanodon speciosus*], które starają się skorzystać z okazji i również wychwycić jakieś cząstki pokarmowe (ryc. 8).

Diugonie występują na ogół pojedynczo lub parami, raczej nie widuje się ich w grupach. Zdarza się, choć rzadko, że wyruszają z miejsca swojego występowania na dłuższe lub krótsze wyprawy, a następnie wracają. Przemieszczają się także w chłodniejszych okresach roku do wód o wyższej temperaturze.

Żyją kilkadziesiąt lat (czasem ponad 70) i rozmnażają się w bardzo małym tempie. Cięża

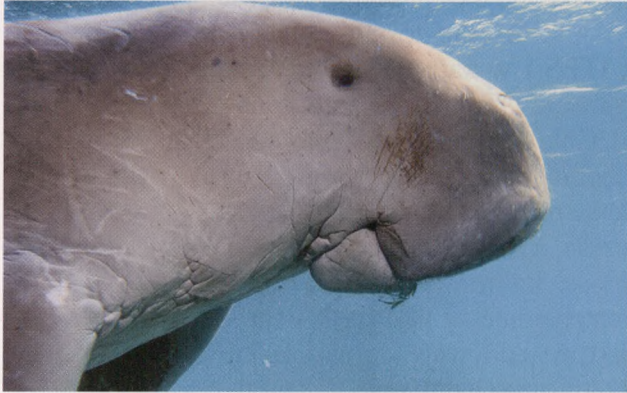


Ryc. 4. Widok płetwy ogonowej diugonia. Fot. P. Jabłoński

trwa 13 miesięcy. Samica co 3 - 7 lat rodzi tylko jedno młode, mierzące około 100 cm i ważące ok. 30 kg, które ssie mleko matki aż 18 miesięcy, a dojrzałość płciową osiąga dopiero po okresie od 10 do 17 lat. Młode od razu jest zdolne do pływania i pobierania powietrza z powierzchni wody, natomiast trawę zaczyna jeść w trzecim miesiącu życia. Takie

cechy biologii diugoni powodują, że populacja tych zwierząt rocznie może zwiększyć się zaledwie o nie więcej niż 5%, co powoduje niebezpieczeństwo przeeksplotowania jej przez człowieka.

Na niski wzrost populacji diugonia duży wpływ ma niewystarczająca ilość pokarmu, która wynika z kurczenia się obszarów łąk podwodnych na skutek rozwoju cywilizacji na wybrzeżach, utra-



Ryc. 5. Portret diugonia. Fot. P. Jabłoński

cie liści przez trawy morskie, niskiej zawartości nutrientów w tkankach tych roślin lub zmniejszenia się potencjalnego czasu żerowania tych ssaków przez zwiększony ruch łodzi po powierzchni morza. Łąki podwodne są bardzo wrażliwe na działalność człowieka. Są one niszczone przy okazji wykorzystywania różnych technik stosowanych do połowu ryb czy pogłębiania danego obszaru. Działania te mogą doprowadzić między innymi do większego zmętnienia wody, powstawania dużej ilości osadów



Ryc. 6. Trawy morskie jako pokarm diugonia. Fot. P. Jabłoński

i mniejszej penetracji światła słonecznego. Oczywiście zgubny wpływ na to środowisko ma również odprowadzanie ścieków przemysłowych i bytowych oraz zaśmiecanie dna morskiego. Na kurczenie się obszarów łąk podwodnych wpływają także zjawiska meteorologiczne takie jak huragany, cyklony i powódzie.

Innym zagrożeniem dla diugoni (i wszyst-

kich syren) są kolizje z jednostkami pływającymi, w które wchodzi podczas żerowania na płytkiej wodzie, co kończy się dla nich okaleczeniem lub śmiercią. Na ich śmiertelność wpływa w znacznym stopniu to, że wpadają przypadkowo, podobnie jak delfiny i rekiny, w zastawione sieci rybackie i sieci mające chronić przed rekinami wpływającymi na nadmorskie kąpieliska. Ponadto diugonie są zagro-



Ryc. 7. Pobieranie pokarmu przez diugonia. Fot. P. Jabłoński

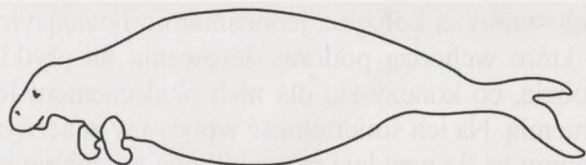
żone przez morskie sztormy, pasożyty oraz drapieżniki (orki, krokodyle różańcowe i rekiny).

Mimo, że zwierzęta te są zagrożone wyginięciem, ludność zamieszkująca tereny, na których występują, poluje na nie w celu pozyskania dużej ilości mięsa, tłuszczu oraz skóry. Syreny są łatwym celem nie tylko dlatego, że żerują na niewielkich głębokościach. Są też łatwe do zlokalizowania, ponieważ często podpływają na powierzchnię w celu zaczerpnięcia powietrza. Robią to zawsze bardzo



Ryc. 8. Diugon pobierający pokarm w towarzystwie młodych ostroboków *G. speciosus*. Fot. P. Jabłoński

ostrożnie, zaledwie dotykając nozdrzami lustra wody, ale to wystarcza, aby wypatrył je człowiek. Dodatkowo nie uciekają gdyż nie boją się, a przy tym są bardzo łagodne i nie atakują. W obecności człowieka po prostu kontynuują pobieranie pokarmu. Takie zachowanie okazało się zgubną krów morskich *Stellera (Hydrodamalis gigas)* żyjących



Ryc. 9. Krowa morska Stellera. Rys. A. Jabłońska.



Ryc. 10. Czaszka krowy morskiej Stellera *Hydrodamalis gigas*; Muzeum Zoologiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Fot. R. Garlacz

kiedyś w Morzu Beringa, osiągających do 10 metrów długości i 3 ton wagi, największych diugoni jakie kiedykolwiek oglądał człowiek (ryc. 9, 10). Żywiły się brunatnicami, były łagodne i zupełnie nie przejmowały się obecnością ludzi, jak pisał ich odkrywca: „zwierzęta oswojone”. Gatunek ten został odkryty i opisany w 1741 roku przez Georga Stellera, niemieckiego przyrodnika, aby już w 1768 być całkowicie wytępionym przez wielorybników.

Diugonie zostały objęte ochroną konwencji CITES i w kategorii gatunku narażonego na wyginięcie (VU), umieszczone na Czerwonej Liście IUCN. Aborygeni i rdzenni mieszkańcy Irianu Zachodniego („indonezyjscy Papuasi”) mają pozwolenie na polowania na te zwierzęta, co uważa się za część ich tradycji ważną dla zachowania tożsamości kulturowej. W większości krajów gatunek ten znajduje się pod ścisłą ochroną, ale wiadomym jest, że odbywają się w dalszym ciągu nielegalne polowania na diugonie.



Ryc. 11. Portret diugonia. Fot. P. Jabłoński

# PRZYRODA NIEOŻYWIONA SAHARY

*Jakub Pająk (Kraków)*



Ryc. 1. Guelta Afilal w masywie Ahaggar w południowej Algierii. Fot. J. Pająk

Pustynie to miejsca szczególne na geologiczno-geomorfologicznej mapie świata. Ogromne połacie nie zakrytych pokrywą roślinną i glebową skał stwarzają niespotykane w bardziej wilgotnych obszarach naszej planety warunki do geologicznych obserwacji na szeroką skalę. W przypadku Sahary, największej pozapolarnej pustyni świata, owa geologiczna golizna odsłania zapisaną w skałach historię Ziemi począwszy od zamierzchłych czasów archaiku i proterozoiku (tarcza regibacka), poprzez neoproterozoiczno-wczesnokambryjskie wydarzenia orogenezy panafrykańskiej (m.in. w masywach Ahaggar, Aïr i Adrar Iforas), paleozoiczne, mezozoiczne i kenozoiczne sekwencje osadowe, aż po zachodzące współcześnie procesy geologiczne typowe pustynom. Właśnie zróżnicowanie budowy geologicznej kształtowanej od dziesiątków tysięcy lat w pustynnych warunkach decyduje o wyjątkowości saharyjskich krajobrazów oraz mnogości potencjalnie interesujących geostanowisk. Jak to bogactwo przekłada się na rzeczywistą ochronę przyrody nieożywionej w ramach międzyna-

rodowych konwencji oraz zjawisko geoturystyki na obszarze Sahary?

Jedną z najistotniejszych i najbardziej globalnych inicjatyw traktujących o ochronie przyrody nieożywionej jest Lista Światowego Dziedzictwa Przyrodniczego UNESCO. Na Saharze wyróżniono w ten sposób Park Narodowy Tassili n'Ajjer w Algierii (1982 r.), Rezerwat Przyrody Aïr i Ténéré w Nigrze (1991 r.), Wadi Al-Hitan (Dolina Wielorybów) w Egipcie (2005 r.) oraz Park Narodowy Banc d'Arguin w Mauretanii (1989 r.). Pierwsze trzy obszary chronione są m.in. na podstawie kryterium VII i VIII World Heritage Convention UNESCO, czyli z uwagi na unikatowe walory geologiczne, geomorfologiczne i krajobrazowe. Właśnie te dwa kryteria są najważniejsze z punktu widzenia ochrony przyrody nieożywionej, jako że kryterium VII mówi o niezwykłych zjawiskach przyrodniczych lub wyjątkowym pięknie i wartościach estetycznych danego obszaru, zaś kryterium VIII dotyczy obiektów ilustrujących główne etapy historii Ziemi wraz z rozwojem życia oraz ważne



Ryc. 2. Wydmy Pustyni Ténéré wkraczające na wschodnie zbocza masywu Air w północnym Nigrze (rejon Arakaou). Fot. J. Pająk.

procesy geologiczne kształtujące powierzchnię Ziemi, a także obszarów szczególnych pod względem geomorfologicznym i fizjograficznym.

Park Narodowy Tassili n'Ajjer jest jednym z pierwszych saharyjskich obiektów wyróżnionych na Liście Światowego Dziedzictwa UNESCO, i to zarówno ze względów przyrodniczych (kryterium VII i VIII WHC-UNESCO), jak i kulturowych. Obszary chronione Tassili n'Ajjer zajmują łącznie blisko 100 tysięcy km<sup>2</sup> powierzchni piaszczynowego płaskowyżu w południowo-wschodniej Algierii, przy granicy z Libią i Nigrem, stanowiąc zarazem jeden z największych lądowych obszarów chronionych świata. Rejon ten określić można jako najwspanialszą galerię prehistorycznej sztuki naskalnej, która to dodatkowo stanowi niezwykle interesujące muzeum archeologiczne, geologiczne i paleogeograficzne. Ponad 15 tysięcy zinwentaryzowanych stanowisk archeologicznych doskonale obrazuje jak ewoluowała kultura materialna mieszkańców dawnej Sahary oraz jak zmieniał się jej klimat i świat zwierzęcy w holocenie, od około 8 tysięcy lat p.n.e., aż po pierwsze wieki naszej ery. Sztuka naskalna Tassili n'Ajjer to w większości malowidła w niszach skalnych i jaskiniach, ale także rytzy, kamienne kręgi i artefakty ukazujące środowisko życia człowieka neolitycznego. Zdecy-

dowana większość stanowisk położona jest na rozległym płaskowyżu zbudowanym głównie z wczesnopaleozoicznych piaszczyn, którego powierzchnia wznosi się na wysokości około 1500 m n.p.m. i jest niezwykle urozmaicona. Dewońskie piaszczynki tworzą tu malowniczy krajobraz składający się z niezliczonej ilości wąskich uliczek, placów i ślepych zaułków, jaskiń, nisz i łuków skalnych, monumentalnych zamczysk, baszt i iglic, których tektoniczne i diagenetyczne założenia są bardzo wyraźne. Dodatkowo w starszych utworach odnaleźć można zapis późnoordowickiego zlodowacenia obszaru Afryki Północnej, a także liczne skamieniałości *Skolithos* sp. Od południowego-zachodu płaskowyż obcięty jest wysokim na kilkaset metrów skalnym progiem, stąd też do ukrytych w skalnym labiryncie stanowisk takich jak: Assakao, Tamrit, Sefar, Ti-n-Tazarift, czy Jabarren można dotrzeć jedynie pieszo bądź na grzbiecie zwierząt jucznych. W trosce o bezpieczeństwo malowideł naskalnych, jak i samych turystów, wstęp na teren Parku Narodowego Tassili n'Ajjer możliwy jest wyłącznie z oficjalnym przewodnikiem.

Rezerwat Przyrody Air i Ténéré położony jest na południe od Tassili n'Ajjer w północnej części Republiki Niger. Obejmuje on wschodnią część krystaliczno-wulkanicznego masywu Air

oraz przyległy fragment piaszczystej pustyni Ténéré, łącznie blisko 77 tys. km<sup>2</sup>, co czyni go największym rezerwatem Afryki i trzecim na świecie. Niestety już niespełna rok po jego utworzeniu, w związku z napiętą sytuacją społeczno-polityczną w północnym Nigrze i trwającymi konfliktami zbrojnymi, rezerwat został wpisany na Listę Dziedzictwa Zagrożonego. Stan taki jest wielce niekorzystny zarówno dla niegdyś wyjątkowo bogatego świata przyrody ożywionej regionu (80 gatunków ssaków, 165 ptaków, 16 gadów), jak też dla jego georóżnorodności. Niepewne są m.in. losy ścisłego rezerwatu „Sanctuarie des Addax” utworzonego w obrębie Rezerwat Przyrody Aïr i Ténéré dla ochrony siedlisk populacji gazeli Lodera oraz antylopy addax i dama, a także wartościowych stanowisk archeologicznych i fenomenalnych stanowisk paleontologicznych (np. Tawachi) z doskonale zachowanymi szkieletami wczesnokredowych dinozaurów, m.in. 20-metrowego zauropoda *Jobaria tiguidensis*. Unikatowy krajobraz gór Aïr tworzą intruzje magmowe w kształcie cyrkularnych batolitów związane genetycznie z orogenezą panafrykańską, na które nakładają się wyraziste formy młodego, neogeńskiego wulkanizmu. Najwyższe wzniesienie, szczyt Idoûkâl-en-Taghès, sięga 2022 m n.p.m. i położony jest na batolicie Monts Bagzane. Masyw pocięty jest licznymi wadi, w których z rzadka rozłożyły się niewielkie oazy. Geoturystycznymi atrakcjami masywu są ponadto geotermalne hammamy (łaźnie), czy też kaskady Timia założone na bazaltowych słupach. Rejon ten znany jest także z interesujących rytów naskalnych obrazujących środowisko życia człowieka neolitycznego oraz klimat Sahary sprzed paru tysięcy lat. Swoistą ciekawostką Aïru jest fakt, iż pomimo względnej obfitości wody jest to jedyny poza obszarami polarnymi górski obszar świata, w którym nie występują ryby. Z kolei malownicza Ténéré wkraczająca piaskami wydmowymi na wschodnie zbocza masywu Aïr stanowi rozległą piaszczystą równinę zajętą częściowo przez ergi. W poezji, muzyce i świadomości Tuaregów określana bywa jako „Pustynia Pustyń”, najpiękniejszy ze skrawków Sahary. W czasie kilkuletniego okresu spokoju, przerwanego na początku roku 2007, turyści mogli odwiedzać zarówno góry Aïr oraz pustynię Ténéré. Lokalni organizatorzy turystyki oferowali profesjonalnie przygotowane wycieczki, głównie samochodami terenowymi, lecz także z wykorzystaniem dromaderów oraz piesze trekkingi. Dwie ostatnie formy turystyki stanowiły jedyną możliwość dotarcia do

grupy oaz całkowicie niezwykłych dla Sahary - tuareckich wiosek położonych wysoko ponad dnami wadi, na wierzchołku intruzji magmowej Monts Bagzane.



Ryc. 3. Prehistoryczne malowidła naskalne w Parku Narodowym Tassili n'Ajjer (stanowisko Jabarren) w południowo-wschodniej Algierii. Fot. J. Pająk

Typowo geologiczno-paleontologicznym obiektem figurującym na Liście Światowego Dziedzictwa UNESCO, najmłodszym z obszaru Sahary, jest Wadi Al-Hitan (Dolina Wielorybów) w północnym Egipcie. Dolina Wielorybów leży na Pustyni Zachodniej (Libijskiej) w granicach obszaru chronionego Wadi el-Rayan, 150 km na południowozachód od Kairu i 80 km na zachód od oazy Fajum. Z ponad 400 odkrytych szkieletów najstarszej, wymarłej grupy waleni *Archaeoceti*, blisko 40 odsłoniętych skamielin można obejrzeć in situ na 250 km<sup>2</sup> powierzchni stanowiska. Wadi Al-Hitan to jedyne miejsce na Ziemi, gdzie kopalne szczątki tych wielorybów można zaobserwować w ich naturalnym geologicznym i geograficznym położeniu. Ponadto dzięki występowaniu innych skamieniałości morskich organizmów, w szczególności zaś sfosylizowanych lasów namorzynowych, odtworzyć można było paleośrodowisko i paleogeografię eocenu południowych wybrzeży dawnego Oceanu Tetydy. Około 40 milionów lat temu w rejonie Wadi Al-Hitan znajdowało się estuarium, którym paleorzeka Gifl uchodziła do Oceanu Tetydy. Owa eoceńska płytko i bogata w składniki pokarmowe zatoka morska stanowiła zapewne doroczny cel wędrówek samic waleni dla wydania na świat potomstwa, czego dowodem mogą być liczne szkielety młodych wielorybów znajdowane w różnych wiekowo poziomach. Skamieniałości prawaleni *Archaeoceti* stanowią zapis kluczowego etapu ewolucji tej gromady ssaków parzystokopytnych - zmiany środowiska życia z lądowego na morskie. Miejsce to stanowi najlepszy przykład możliwości (geo)tury-

stycznego wykorzystania walorów przyrody nieożywionej.

Chociaż spośród pozostałych 10 saharyjskich obiektów z Listy Światowego Dziedzictwa UNESCO żaden nie jest wyszczególniony z uwagi na walory przyrody nieożywionej, zaś aż 9 wymienionych jest wyłącznie ze względów kulturowych, to wszystkie one mają pośredni, mniejszy bądź większy wpływ na rozwój geoturystyki oraz ochronę cennych walorów geologicznych i geomorfologicznych największej gorącej pustyni świata. Park Narodowy Banc d'Arguin w północnej Mauretanii utworzony został na podstawie kryteriów biotycznych UNESCO, jednak bez wątplenia odznacza się również wartościami abiotycznymi. Chroniony 300-kilometrowy pas wybrzeża sięga 35 km w głąb Sahary tworząc arenę, na której ścierają się dwa typy naturalnych krajobrazów, morski i lotnych piasków. Spośród kulturowych obiektów z Listy UNESCO wymienić należy położony w Libii piaskowcowy masyw Tadrart-Acacus ze słynnymi zabytkami sztuki naskalnej, który jest równie interesujący ze względu na unikatowe walory przyrody nieożywionej. Pozostałe obiekty kulturowe z Listy UNESCO, takie jak starożytne zabytki Sudanu i Egiptu czy też oazy na dawnych karawanowych szlakach w Maroku, Algierii, Libii, Mauretanii i Mali, stanowiące elementy wielu produktów turystycznych oraz licznie odwiedzane centra turystyczne mogłyby z powodzeniem posłużyć jako bazy wypadowe na pobliską pustynię ku potencjalnie interesującym geostanowiskom. Ponadto niemal wszystkie 23 obiekty chronione na Saharze w ramach konwencji ramsarskiej, dotyczącej ochrony i utrzymania obszarów wodno-błotnych o istotnym znaczeniu dla środowiska życia oraz migracji ptaków, stanowią miejsca niezwykle interesujące także ze względu na przyrodę nieożywioną i funkcje (geo)turystyczne jakie spełniają. Są to głównie obszary naturalnych zbiorników wodnych, jak np. Les Gueltaes d'Issakarassene i Gueltaes Afilal w Ahaggarze, Baie d'Ad-Dakhla na Saharze Zachodniej, Gueltas et Oasis de l'Air i Oasis du Kawar w Nigrze, czy też Chott El Jerid w Tunezji. Z uwagi na unikalność występowania naturalnych zbiorników wodnych na pustyni oraz ich specyficzne warunki geologiczne i hydrogeologiczne, obiekty



Ryc. 3. Szkielet roślinożernego dinozaura odsłonięty w stanowisku paleontologicznym Tawachi, okolice Agadezu w Nigrze. Fot. J. Pająk

te doskonale nadawałyby się do wyróżnienia jako geostanowiska.

Dotychczas uznane przez społeczność międzynarodową rejonu Sahary odznaczające się szczególnie wyjątkowymi walorami przyrody nieożywionej, pomimo ogromnej powierzchni niektórych z nich, obejmują zaledwie niewielką część georóżnorodności największej pozapolarnej pustyni świata. Najsprawniej funkcjonującymi obszarami chroniącymi elementy przyrody nieożywionej są miejsca z Listy Światowego Dziedzictwa UNESCO, z wyjątkiem Rezerwat Przyrody Aïr i Ténéré w Nigrze, którego walory są zagrożone w związku z trudną sytuacją społeczno-polityczną na północy tego kraju. Dla zapewnienia skuteczniejszej ochrony georóżnorodności Sahary, jak też uwypuklenia wartościowych elementów abiotycznych i możliwości rozwoju geoturystyki, zarówno społeczności lokalne jak i międzynarodowe organizacje powinny podjąć kompleksowe działania zmierzające do utworzenia sieci geostanowisk oraz geoparków na tym obszarze. Istotną kwestią jest szkolenie miejscowych przewodników pod kątem obsługi turystyki geologicznej. Efektem tych działań byłaby zarówno ochrona wartościowych obiektów przyrody nieożywionej, jak i szerszy dostęp do informacji o ich genezie i wyjątkowości, a także korzyści ekonomiczne dla społeczności lokalnych wynikające ze wzrostu ruchu turystycznego i możliwości obsługi nowego sektora turystyki.

## WSZECHŚWIAT PRZED 100 LATY

### Smutne a bohaterskie losy odkrywcy krowy morskiej

Dziesiątego marca 1909 roku przypada dwudzięta rocznica urodzin Jerzego Wilhelma Steller. Gdy w tymże roku 1909-tym zapowiedziane są obchody uroczyste, poświęcone pamięci dwu wielkich geniuszów, dwu światel ludzkości, Lamaczka i Darwina, warto też choćby skromnym wspomnieniem uczcić pamięć jednego z ich poprzedników, t. j. jednego z tych ludzi, w których umyśle światły już poglądy, wnoszące blask w mroki biologii; byli oni gońcem złotego słońca, świecącym na horyzoncie dzisiejszej ery teorii ewolucyjnej.

Wilhelm Steller, lekarz i przyrodnik, członek Akademii nauk w Petersburgu, zasłużył swymi pracami kolektorskimi i naukowymi na wdzięczną pamięć ze strony ludzi wiedzy. Jemu winniśmy główne nasze wiadomości o najbardziej interesujących zwierzętach z wysp Komandorskich i z Kamczatki. Opis, który nam dał o krowie morskiej, noszącej dziś miano *Rhytina Stelleri*, jest jedynym, jaki mamy w nauce. Następnie opisy jego, dotyczące wydry morskiej, *Enhydra marina*, kotika morskiego *Callorhinus ursinus* i siwucza, *Eumetopias Stelleri*, a także pieśca, *Canis lagopus var. Stelleri*, nie zostały prześcignięte, co do dokładności obserwacji, przez opisy następne; on widział te zwierzęta i opisywał je w owej dobie, gdy nie znaty jeszcze Europejczyków.

Krótką biografią Steller.

Jerzy Wilhelm Steller urodził się w Windsheimie we Frankonii dziesiątego marca 1709 r., tutaj też ukończył szkołę. O dwa tylko lata młodszy od Linneusza (1707 – 1778) przeżył zaledwie połowę wieku tego ostatniego. Wzrastając w ówczesnej atmosferze fermentacyjnej, która wytworzyła tylu przyrodników znakomitych, a na ich czole prawodawcę systematyki naukowej przyrodniczej, nie mógł on być obojętny na kierunek myśli, zdążającej do poznania siebie i swego otoczenia na podstawach dokładnych obserwacji, a wyłaniającej się już wtedy z mgły obskurantyzmu średniowiecznego. Jakkolwiek z jednej strony pociągaby go studia teologiczne, atoli z drugiej strony oddawał się studiom nauk przyrodniczych. Kończąc gimnazjum, w mowie swej pożegnalnej chwalił pożytek nauki fizyki i objaśniał istotę grzmotu i błyskawicy, a wszak jeszcze niedawno przedtem, profanom do tej broni niebieskiej wtrącać się nie było dozwolone.

Steller w Wittenbergu, dokąd wyjechał na dalsze studia, poświęcał się teologii, uprawiał się w wygłaszaniu kazań, lecz przytem nie zaniedbywał anatomii i botaniki, co w dzisiejszych czasach, byłoby rzeczą niemożliwą, gdyż seminarzystom wzbrania się uczęszczać na wykłady nauk świeckich, jak gdyby każda wiedza była dziełem szatana.

Po ukończeniu nauk teologicznych Steller przebywał kolejno w Lipsku, Jenie i Halle, w ostatnio wymienionym uniwersytecie poświęcał się naukom lekarskim i gotował się do zawodu profesorskiego; toteż, dla nabycia uprawy w nauczaniu, wykladał prywatnie i publicznie lekcje z botaniki i innych nauk przyrodniczych, które podówczas nazywano pożytecznymi. Prof. Hoffmann poradził Stellerowi, ażeby pojechał do Berlina, dla zdania tam egzaminu na lekarza; usłuchawszy rady przyjaznej, udał się do Berlina, 1734 r. zdał tam egzamin na lekarza, a zarazem dał się egzaminować sławnemu podówczas botanikowi, profesorowi Ludolfowi, od którego uzyskał świadectwo biegłego botanika. Tego samego roku 1734-go Steller wstąpił jako 25-letni młody lekarz na służbę do armii rosyjskiej, oblegającej Gdańsk. Po zdobyciu miasta wysłano go wraz z chorymi i rannymi żołnierzami na okręcie do Petersburga, dokąd przybył w zimie 1734 roku. Wprędce potem objął miejsce lekarza na dworze archireja Teofanesa Prokopowicza w Nowogrodzie. Archirej ten miał być wielkim przyjacielem cesarza Piotra. W Nowogrodzie Steller pozostawał do czasu zgonu swego mecenasa, poczem wrócił do Petersburga i tu został członkiem Akademii nauk.

Ówczesny prezes Akademii nauk, baron Korff, wysłał był akademików Gmelina, Mullera i Fischera w celu badań naukowych na Syberję i Kamczatkę, a następnie do pomocy tym ostatnim w roku 1738 wysłano Steller. Jego specjalnem zadaniem miało być zbadanie przyrody Kamczatki i poznanie ludności tubylczej tamtejszej.

Steller przybył na Kamczatkę w roku 1738. Gdy po paru latach tam przebytych kończył już swoje zadania na półwyspie, prosił w roku 1740 o pozwolenie towarzyszenia kapitanowi Spangbergowi na wyspy Kurylskie i do Japonii, nim jednak nadeszła odpowiedź, komandor Behring, zabierający się wtedy do wyruszenia na drugą swoje ekspedycję ku wybrzeżom Ameryki, namówił Stellerę do wzięcia udziału w tej nieszczęśliwej wyprawie.

Przygotowania do tej ekspedycji trwały blisko 10 lat ze współudziałem całych plemion wschodniej Syberji,



przyczem nieszczęśliwi Kamczadale, zmuszeni do spełniania ciężkich powinności, przyplacali życiem, zdrowiem i mieniem zaszczyt ekwipowania wyprawy.

Czwartego czerwca 1741 r. Steller opuścił Kamczatkę, płynąc na pakebocie St. Piotr, pozostającym pod osobistą komendą komandora Behringa. Po 40 dniach pływania, 15 lipca ujrano ląd Ameryki, a 19 lipca zarzucono kotwicę u wybrzeży nieznanego lądu, i wezwano na naradę oficerów załogi, ażeby postanowić co dalej przedsięwziąć wypadu. Po naradzie postanowiono nabrać świeżej wody i wracać na Kamczatkę. Steller obecny zawołał w uniesieniu "A więc przybyliśmy tutaj po to tylko, ażeby wodę amerykańską przewieźć do Azji". Nie pozwolono jednak Stellerowi wysiąść na ląd, kłótnie powstała z tego powodu opisał w swoim dzienniku, a zarazem i odkrycia swoje na wyspie, u której brzegów stano na kotwicy (była to wyspa Kajak). Behring kazał Stellerowi wracać natychmiast na statek i 21 lipca z rana podniesiono kotwicę i udano się w powrotną drogę na Kamczatkę.

Po przeszło trzechmiesięcznych pływaniach po Oceanie, gdy ostatecznie stracono nawet możliwość oryentowania się w szerokościach i długościach na morzu, nagle, niespodziewanie natknięto się na ląd 5 listopada 1741 r. Większa część załogi była chora na skorbut, zapasy żywności były wyczerpane, brakło wody do picia, słowem położenie było rozpaczliwe, tembardziej, że statek był zepsuty. Zrazu myślano, że ląd na który się natknięto, był półwyspem kamczackim, przekonano się jednak wprędce, że to była wyspa bezludna. Ponieważ jednak dalej płynąć nie było można, postanowiono zazimować tutaj. Szczegóły dotyczące pobytu na tej bezludnej wyspie Steller opisał szczegółowo. W obszerniejszym szkicu mojem biograficznym pomieszczam najważniejsze ustępy z tego sprawozdania, tu tylko wspomnę, że Behring umarł 8 grudnia 1741; wraz z nim umarło dużo z załogi; z 76-ciu, którzy wypłynęli z Petropawłowska, pozostało przy życiu 46.

Zasługa Stellera lekarza i przyrodnika okazała się tutaj w całej swej pełni. On energią swoją i wiedzą niósł pomoc skuteczną, a nadto znakomicie opisał faunę i florę wyspy, która obecnie nosi nazwę Behringa.

13 sierpnia 1742 rozbitki opuścili wyspę na łodzi zbudowanej z zepsutego pakebotu, i 27 sierpnia zawięto do zatoki Awaczyskiej na Kamczatce.

Hartwig i Usow mówiąc o Stellerze uznają charakter jego jako czyniący zaszczyt Germanii, a jakoż różnica tego charakteru bohaterskiego, na uskroś altru-

istycznego z dzisiejszą Teutonią zdziczałą i upodloną, której hasłem "Deutschland über Alles", ponad moralność, cnotę i obowiązki wszechludzkie.

W roku 1744 Steller otrzymał rozkaz powrotu do Petersburga. Niepodległy i prawy jego charakter, a nadto prawdomówność zjednały mu wielu nieprzyjaciół. Obawa, ażeby Steller wróciwszy na miejsce nie zakomunikował wiadomości niekorzystnych dla wielu, stała się powodem, iż użyto wszelkich środków, ażeby nie dopuścić do jego powrotu.

Już dotarł był Steller do Nowogrodu, już się znalazł nareszcie u progu świata kulturalnego, gdy oto dopędza go rozkaz, ażeby jako obwiniony o rozdawanie prochu tubylcom na szkodę państwa — wracał natychmiast do Irkucka. Wracać więc musi. Po roku uwalniają go sędziowie. Znów pędzi przez całą Syberyę do Petersburga, już jest blisko Moskwy, gdy nagle dogania go nowe rozporządzenie, ażeby bez zwłoki stawił się w Jakucku. Podróż przez Syberyę nawet wśród sprzyjających okoliczności odbywana, jest nader uciążliwa, a tembardziej ciężką musiała ona być dla więzionego Stellera.

W bardzo mroźną noc listopadową 1746 r. konwój wiozący Stellera zatrzymał się koło szynku stojącego u drogi pocztowej; kozacy chcieli się rozgrzać wódką, więzień pozostał w saniach, czekając aż konwój zaspokoi pragnienie — usnął tutaj i zmarł.

Jakkolwiek nagle umarłych poddaje się zwykle sekcji sądowej, lecz tego tutaj nie uczyniono; stąd zrodzić się musiało poniekąd słuszne podejrzenie, że Stellera otruto.

Pogrzebano go niedaleko od miasta Tiumentia, a nieszczęśliwemu męczennikowi za prawdę nie postawiono nawet krzyża nad mogiłą.

Jak przewrotnie oficjalne sfery traktowały fakt, odnoszący się do tragicznej śmierci Stellera, za dowód może służyć wiadomość lakoniczna o zgonie jego, podana w przedmowie do drugiego wydania dzieła Kraszeninnikowa, drukowanego w roku 1786, gdzie powiedziano, że pan Steller umarł 12 listopada 1745 r., w mieście Tiumentiu na gorączkę. A zatem dla oficjalnego świata w Akademii nauk petersburskiej Steller umarł o rok wcześniej, by w taki sposób z historii jego życia wykreślony został ostatni rok jego męczeństwa.

Dr. B. Dybowski. Pamięci Wilhelma Stellera (1709 — 1746). *Wszecławiat* 1909, 28, 34 (171)

## MOJA PODRÓŻ NA OKRĘCIE BEAGLE – ZAPISKI UCZESTNIKA KURSU EKOLOGII TROPIKALNEJ



Ryc. 1. Mangrowce *Rhizophora mangle* L. w okolicy Ocumare (północna Wenezuela). Fot. Ł. Binkowski

Wilgotne lasy tropikalne odgrywają ważną, wręcz ogromną rolę w ochronie globalnej bioróżnorodności i utrzymaniu funkcjonowania wielu ekosystemów. Szacuje się, że stanowią one środowisko życia dla ponad połowy zwierząt i około 2/3 wszystkich roślin kwiatowych żyjących na Ziemi. Fakt ten robi jeszcze większe wrażenie, gdy podkreślimy, że powierzchnia tych lasów obejmuje zaledwie sześć procent ogólnej powierzchni naszego globu. Tak duże „zagęszczenie życia” dla nas, mieszkańców stref umiarkowanych wydaje się wręcz nieprawdopodobne. Należy jednak pamiętać, że lasy tropikalne nie zajmują całej powierzchni strefy tropikalnej (czyli obszaru pomiędzy Zwrotnikami Raka i Koziorożca). Występują tam również ekosystemy trawiaste, namorzyny (ryc. 1), rafy koralowe i wiele innych.



Ryc. 2. Fragmenty lasu tropikalnego na terenie kampusu IVIC (20 km od Caracas). Fot. Ł. Binkowski

Powyższe dane od lat zachęcają biologów do prowadzenia badań w tropikach, zwłaszcza z zakresu taksonomii, ekologii i ewolucji. Ekologia tropikalna stała się już dawno prężną dziedziną nauk przyrodniczych, która zachęca do pracy coraz większe rzesze naukowców i studentów. The Tro-



Ryc.3. Stacja biologiczna Rancho Grande – Park Narodowy Henri Pittier. Fot. Ł. Binkowski

pical Biology Association (TBA) jest jedną z największych organizacji prowadzących terenowe kursy ekologii tropikalnej. W Polsce członkami TBA są Uniwersytet Jagielloński i Uniwersytet Warszawski, których studenci mogą uczestniczyć w kursach na preferencyjnych warunkach. Oprócz współdziałania z TBA Uniwersytet Jagielloński przy współpracy z IVIC (Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, ryc. 2.) oraz Universidad Central de Venezuela od 2007 roku organizuje kursy ekologii tropikalnej w Wenezueli. Warunkiem uczestnictwa w kursie (WBNZ-801 – wg listy kursów UJ) jest wcześniejsze zaliczenie kursu teoretycznego z ekologii tropikalnej (WBNZ-800) oraz praktyczna znajomość języka angielskiego.

Po raz pierwszy kurs „Ekologia tropikalna” odbył się w lipcu 2007 roku. Dziesięcioro studen-



Ryc.4. Chrząszcz *Dynastes neptunus* Quenzel. (samica) w lesie na Altos de Pipe. Fot. Ł. Binkowski

tów pod opieką prof. Ryszarda Laskowskiego poznało smak tropikalnej przygody w Wenezueli. Początkowe dni kursu upłynęły w uczestnikom w okolicach Caracas (gdzie oprócz zajęć praktycznych brali udział w cyklu wykładów teoretycznych) i na Półwyspie Araya (nad brzegami

Morza Karaibskiego). Pozostałą część wyjazdu poświęcono prowadzeniu badań przyrodniczych na terenie Parku Narodowego Henri Pittier (ryc. 3) oraz opracowaniu ich wyników pod okiem prowa-



Ryc. 5. Leniwiec trójpalczasty *Bradypus tridactylus* L. Fot. Ł. Binkowski

dzących. Więcej na temat tamtej wyprawy można przeczytać w „Wiadomościach Ekologicznych”, tom LIV, nr 1/2008.

Druga edycja kursu, której uczestnikami byli studenci i doktoranci Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz jedna osoba z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, rozpoczęła się trzeciego lipca 2008 roku. Opiekunami grupy, jak i jej naukowymi przewodnikami byli pracownicy Instytutu Nauk o Środowisku UJ: prof. January Weiner oraz dr hab. Krzysztof Wiąckowski. Zajęcia trwały do 25 lipca i były podzielone na kilka etapów.

Kilka pierwszych dni w Ameryce Południowej spędziliśmy w kampusie IVIC (organizacja naukowa odpowiadająca Polskiej Akademii Nauk) kilkanaście kilometrów od Caracas na wzgórzu Altos de Pipe. Kadra naukowa IVIC'u zorganizowała



Ryc. 6. Cmy *Noctuidae* spotykane na górze Altos de Pipe. Fot. Ł. Binkowski dla nas cykl wykładów poświęconych faunie, florze i bioróżnorodności życia Wenezueli: dr Angel Vilorio „IVIC – historia i przyszłość”, dr Hugo Cerda „Użycie bioróżnorodności Neotropiku – tropikalne bezkręgowce w diecie Indian” oraz „GMO – wiadomości z Wenezueli”, dr Jesus Mavarez „Specjacja przez hybrydyzację u motyli z rodzaju *Heli-*

*conia*”, dr Ascanio Rincon „Pułapki smolne (*tar pits*) źródłem informacji o faunie plejstocenu”, dr Francisco Hervera „Jaskinie Wenezueli” oraz dr Jafet Nassar „Doświadczenie z Półwyspu Para-



Ryc. 7. Szlak na górę Santa Ana – Półwysyp Paraguana. Fot. Ł. Binkowski

guana – mutualizm kaktusów i zapylających je nietoperzy”.

Czas pomiędzy wykładami wypełniały wycieczki po kampusie (którego powierzchnia liczy ponad 800 ha – w tym spora część porośnięta jest lasem). Tam, pierwszy raz w terenie zobaczyliśmy tropikalne rośliny: palmy i drzewiaste paprocie. Wokół Casa 33 (naszej siedziby) spotykaliśmy nowe dla nas gatunki ptaków i innych zwierząt - m.in. tyranki, kolibry, większe od nich chrząszcze (ryc. 4), patyczaki, skorpiony, a nawet leniwce (ryc. 5). Wieczory mijały na obserwacjach ciem wielkości dłoni (ryc. 6) przylatujących do sztucznego światła latarni.

6 lipca grupa wyruszyła z IVIC w kierunku suchego i pustynnego Półwyspu Paraguana (Pennisula de Paraguana). Po drodze odwiedziliśmy



Ryc. 8. Grupa badaczy z UJ w lesie mgłowym w okolicach Rancho Grande. Fot. M. Ostalowski

stanowisko archeologiczne Taima-Taima, gdzie przed laty potwierdzono wpływ człowieka na liczebność megafauny (znalezisko: grot włóczni wbity w kość mastodonta). Okolice Playa el Supi na Półwyspie Paraguana stały się naszą kilkudniową bazą naukową.

Zwiedzaliśmy jaskinię nietoperzy - rezerwat Cueva del Guano (gdzie skolopendry polują na nietoperze), rezerwat Montecano (suchy las), solniska oraz na własnej skórze poznaliśmy sposób rozmnażania wegetatywnego i przemieszczania się



Ryc. 9. *Pelecanus occidentalis* L. – towarzysz wyprawy na rafę koralową i mangrowce. Fot. Ł. Binkowski

opuncji *Opuntia* sp. Bardzo ciekawym z przyrodniczego punktu widzenia doświadczeniem okazała się wspinaczka na osobliwą górę Santa Ana (ryc. 7), z wyraźnymi piętrami roślinności. Zwiedziliśmy również zabytkowe miasto Coro (Santa Ana de Coro) – jedno z najstarszych i najważniejszych miast kolonialnych w Wenezueli (widniejące na liście światowego dziedzictwa UNESCO).

Ostatnim i zarazem najważniejszym etapem wyprawy był kilkunastodniowy pobyt w stacji biologicznej Rancho Grande, położonej w górskim lesie mgłowym na terenie parku narodowego im. Henri Pittier (ryc. 8). Uczestnicy zaplanowali i wykonali badania w lesie tropikalnym, na których



Ryc. 10. Plaża w okolicach Ocumare. Fot. Ł. Binkowski

podstawie po powrocie do kraju napisano pięć angielskich raportów naukowych (w ramach zaliczenia kursu). Tematy badawcze realizowane w Rancho Grande dotyczyły stopnia kolonizacji epifilami wybranych roślin w gradiencie wysokości n.p.m., kierunku wytwarzania korzeni przybyszowych przez wybrany gatunek palmy (tzw. „walking trees”) oraz wzorców przestrzennych rozsiewania

nasion przez gigantyczne drzewa leśne. Badano również zmiany temperatury ciała olbrzymich tropikalnych zawisaków (w aspekcie jej podnoszenia przez ruchy mięśni), skład lepidofauny, ilości biomasy transportowanej przez mrówki *Atta cephalotes* do gniazda oraz bioróżnorodność owadów epigeicznych w gradiencie wysokości n.p.m.

W Stacji (ale również podczas wcześniejszych etapów wyprawy) co wieczór odbywały się narady wszystkich uczestników, których tematem były obserwacje, problemy i dylematy z zakresu biologii. Przez dzień każda grupa prowadziła intensywnie pomiary do swoich prac, a wieczorem analizowała i omawiała wyniki. W przerwach realizacji projektów pracownicy Uniwersytetu w Maracay (do którego należy stacja Rancho Grande) zorganizowali dla uczestników kursu wykłady: dr John



Ryc. 11. Tepui (góra stołowa) Kukenan – widok z „okna” Roraimy (Gran Sabana). Fot. Ł. Binkowski

Lattke „Mrówki okolicy Rancho Grande” oraz dr Marco Gaiani „Zapylenie u storczyków”. Odbyliśmy również całodniową wycieczkę na wybrzeże karaibskie, gdzie mogliśmy poznać z bliska rafę koralową, kokosowe palmy i zarośla mangrowców (ryc. 1), gdzie uparcie towarzyszyły nam pelikany (ryc. 9).

Zwiedziliśmy również tradycyjne plantacje egzotycznych dla nas roślin uprawnych, oraz przetwórnictwo ziarna kakaowego. Odwiedziliśmy też niesamowite, prywatne muzeum – amatorską kolekcję owadów Francisco („Paco”) Romero Montesino w Maracay. Czasu wystarczyło także na odrobinę lenistwa na plaży w okolicach Ocumare (ryc. 10).

W tym tempie pracy i zwiedzania czas w Rancho Grande niestety bardzo szybko upłynął. Cały kurs oficjalnie zakończył się w Maracay po 23 dniach zajęć. Podczas tego krótkiego okresu mogliśmy z bliska zobaczyć wszystko to, co do tej pory znaleźliśmy tylko z wykładów, książek i filmów przyrodniczych, Trzy tygodnie zajęć zaowocowały bagażem nowych doświadczeń, zdobytą wiedzą,

wspaniałymi wspomnieniami i tysiącami zdjęć.

Po kursie część podróżników wróciła do kraju, ale większość pozostała w Wenezueli na następne kilka tygodni, żeby jeszcze choć w pewnym stopniu nasycić głód podróżnika (ryc. 11).

Nad kursem stale czuwało wiele osób z IVIC, Universidad Central de Venezuela oraz Uniwersytetu Jagiellońskiego. Za ich trud i zaangażowanie uczestnicy kursu składają serdeczne podziękowania.

Łukasz Binkowski (Kraków)

## NA WSCHÓD OD KUCHING

Malezja jest położona głównie na półwyspie Malajskim, ale także na Borneo, gdzie dwa stany należące do tego kraju, Sarawak i Sabah, zajmują tereny północne. Większą część Borneo stanowi Kalimantan należący do Indonezji (ryc. 1).



Ryc. 1. Borneo z podziałem na części indonezyjską i malajską. Rys. A. Jabłońska.

### Kuching

Nasza podróż, którą odbyliśmy latem 2008 roku, zaczęła się w Kuching – stolicy Sarawaku, gdzie powinien przyjechać każdy, kto chce zakosztować przyrody i atmosfery tego stanu, słynącego z wiosek Dajackich i wielu niezwykłych parków narodowych i rezerwatów przyrody. Miasto, którego nazwa to malajskie słowo oznaczające kota, jest zupełnie zwyczajne. Ma wielu mieszkańców, jest ośrodkiem handlu tradycyjnym rzemiosłem i bazą wypadową do okolicznych obszarów chronionych, których w pobliżu miasta jest kilka. Najstarszy z nich, to Park Narodowy Bako, o powierzchni 2727 ha, położony na wybrzeżu Morza Południowochińskiego. Aby się do niego dostać należy wyruszyć wcześniej rano, żeby zdążyć na pierwsze

łodzie dowożące chętnych do granicy chronionego terenu. Na przystani rozwieszono są groźnie brzmiące



Ryc. 2. Uwaga na krokodyla! Fot. P. Jabłoński.

ostrzeżenia przed krokodylami powszechnie występującymi w rzekach na Borneo (ryc. 2). Mimo uważnego wypatrywania na ogół nie udaje się zobaczyć ani jednego z tych zwierząt, które na lądzie unikają spotkań z ludźmi. W Parku znajduje się kilka tras o różnym stopniu trudności, niektóre z nich nawet wymagają noclegów na trasie. Podczas jednodniowej wycieczki można przejść paroma szlakami, które okazują się bardzo zróżnicowane i obfitujące w nie lada atrakcje. Przede wszystkim istnieje realna szansa spotkań z nosaczami (*Nasalis larvatus*), małpami o charakterystycznym dużym nosie (samce), endemitami Borneo, mieszkańcami zarośli mangrowych (ryc. 3). Równie często spotyka się makaki jawajskie (*Macaca fascicularis*). Na wielkich odkrytych, suchych obszarach pokrywających tutejsze wzgórza występuje wiele roślin, które czerpią pokarm w niecodzienny sposób: mamy tutaj mrówkowce (np. rodzaje *Myrmecodia* i *Hydnophytum*) (ryc. 4), rośliny które wytwarzają specjalne bulwy, idealne do zasiedlenia przez mrówki (resztki pokarmu tych owadów stają się substancjami odżywiającymi mrówkowce), a także kilka gatunków owadożernych dzbaneczników (*Nepenthes* sp.) (ryc. 5), natomiast na brzegach niewielkich rowów można spot-

kać rosiczki (*Drosera* sp.). Dodatkowo nad tymi rowami latają najmniejsze ważki na świecie z rodziny Libellulidae (ryc. 6). Jeżeli ktoś pokusi się o przejście za wzgórza otrzymuje nagrodę w postaci bajecznej, piaszczystej plaży nad błękitnym morzem, z którego sterczą charakterystyczne skały (ryc. 7).



Ryc. 3. Stado nosaczy (*Nasalis larvatus*). Fot. A. Jabłońska

Innym parkiem narodowym w okolicy jest Gunung Gading o powierzchni 4104 ha, który słynie przede wszystkim z tego, że można w nim spotkać kwitnące bukietnice (*Rafflesia* sp.), rośliny pasożytujące na lianach, znane z tego, że mają największe, pojedyncze kwiaty na świecie (ryc. 8).



Ryc. 4. Roślina mrówkowa. Fot. P. Jabłoński

Bukietnice żyją w tkankach swoich żywicieli w postaci ukrytej. Widoczne stają się dopiero jako pąki a następnie kwiaty, przy czym niestety stadium pąków utrzymuje się kilka miesięcy, a otwarte kwiaty więdną już po tygodniu. Kwiat bukietnicy zapylany jest przez owady żerujące na padlinie, dlatego aby je zwabić, rośliny wydzielają zapach zepsutego mięsa.

W pobliżu Kuching znajduje się też miejsce zwane sanktuarium orangutanów (*Pongo pygmaeus*), gdzie zwierzęta te trafiają jeśli zostały zranione lub odebrane kłusownikom. Umieszczane są tu także osobniki młode, po stracie matki. W sanktuarium można obserwować te wielkie małpy człekokształ-



Ryc. 5. Dzbanecznik (*Nepenthes* sp.). Fot. A. Jabłońska

ne w czasie karmienia na dwóch platformach specjalnie dla nich przygotowanych. Jedną z nich jest „publiczna” dla małp, które oswoiły się z obecno-



Ryc. 6. Jedną z najmniejszych ważek na świecie z rodziny Libellulidae. Fot. A. Jabłońska

cią człowieka, a druga ukryta jest w dżungli dla tych zwierząt, które w sanktuarium znajdują się tylko czasowo, na czas rekonwalescencji i niedługo zostaną reintrodukowane na łono natury (ryc. 9).

## Miri

Jak na tutejsze warunki miasto Miri (Sarawak) jest dość nowoczesne, ludne i głośnie. Znajduje się w pobliżu granicy z Sułtanatem Brunei. Stąd wiele osób udaje się na zwiedzanie słynnego Parku Narodowego Mułu, jednak jest to podróż droga i czasochłonna, więc w zastępstwie można pojechać do niezwykłego Parku Narodowego Batu

Niah o powierzchni 3138 ha, gdzie džungla porasta ogromne skały wapienne, w których powstały ogromne jaskinie, zamieszkiwane niegdyś przez naszych przodków. W Jaskini Malowanej znajdują się naścienne malowidła – znak, że żyli tutaj kiedyś ludzie. Wiek odnajdywanych tu ludzkich szczątków datuje się na około 40 000 lat. Z kolei Jaskinia Wielka (ryc. 10) jest jedną z największych jaskiń na świecie i samo wejście do niej mierzy 245 metrów szerokości i 60 metrów wysokości. Wiszą tu kilkumetrowe stalaktyty, a pod sklepieniem komory słychać piski i trzepot skrzydeł jerzyków (*Aerodramus* sp.), które właśnie tutaj wiją gniazda. Z tego powodu cała podłoga jaskini wysłana jest ptasim guanem. Jeśli ma się szczęście można w jaskini



Ryc. 7. Plaża w Parku Narodowym Bako. Fot. A. Jabłońska.

spotkać osoby trudniące się zbieraniem gniazd jerzyków, stanowiących cenny, tradycyjny składnik zup od dawien dawna przyrządzanych w tych stronach. Kilogram takich gniazd w sklepie osiąga cenę nawet 10 000 USD. Zbieracze gniazd wykazują się



Ryc. 8. Kwiat bukietnicy (*Rafflesia* sp.). Fot. P. Jabłoński.

sprawnością iście cyrkową, ponieważ długi czas potrafią zwisać na bambusowym pręcie pod sufitem jaskini na wysokości kilkudziesięciu, a czasem nawet ponad 100 metrów. W pobliżu jaskiń znajduje się wioska współczesnych Dajaków, rdzennych mieszkańców Borneo. Warto to miejsce od-

wiedzić, aby przekonać się, że ludzie, tak jak dawniej, żyją tu w długich chatach (w jednej chacie, która może mieć kilkaset metrów długości mieszka cała wioska), chociaż są one ozdobione antenami satelitarnymi. Nikt tutaj nie stara się zakładać ludowych strojów dla turystów, po prostu toczy się normalne życie.



Ryc. 9. Orangutan (*Pongo pygmaeus*). Fot. P. Jabłoński.

## Ranau

Po przejechaniu przez terytorium Brunei (z przerwą na zwiedzanie stolicy – Bandar Seri Begawan) nie zatrzymujemy się w turystycznym Kota Kinabalu, lecz jedziemy od razu do Ranau,



Ryc. 10. Wnętrze Wielkiej Jaskini w Parku Narodowym Batu Niah. Fot. A. Jabłońska.

miasteczka leżącego bardzo blisko Parku Narodowego Kinabalu, głównego celu wycieczek turystów przyjeżdżających tu, aby zdobyć najwyższy szczyt Borneo, Mt. Kinabalu (4095 m n.p.m) (ryc. 11). Na terenie parku znajdują się też gorące źródła siarczkowe Poring, miejsce wypoczynku całej okolicznej ludności. Słowo „Poring” oznacza ogromne bambusy, należące do gatunku *Gigantochloa levis*, osiągnące wysokość około 20 metrów, które w tych okolicach występują bardzo obficie (ryc. 12). Ponadto w dżungli otaczającej źródła można zwiedzić ogród storczyków i park motyli oraz przejść się ścieżką w koronach drzew zawieszoną na

wysokości aż 41 metrów, która przeznaczona jest tylko dla osób pozbawionych lęku wysokości.

W pobliżu Ranau znajduje się plantacja herbaty (*Camellia sinensis*), usytuowana na okolicznych wzgórzach (ryc. 13). Po odbyciu spaceru



Ryc. 11. Mt. Kinabalu, najwyższy szczyt Borneo – widok z centrum Ranau  
Fot. A. Jabłońska

wśród herbacianych krzewów warto odwiedzić budynek, w którym zebrane zielone gałązki zamieniają się w brązowe zwinięte listki pakowane do torebek z napisem: Sabah Tea, pesticide free.



Ryc. 12. Poring – bambus należący do gatunku *Gigantochloa levis*. Fot. P. Jabłoński

## Sandakan

Celem osób przyjeżdżających do Sandakanu na wschodzie Sabahu jest głównie sanktuarium orangutanów, ale szybko można się przekonać, że dużo więcej tu orang orang (malaj. ludzi) niż orang utan (malaj. człowiek lasu – w tym przypadku mał-

pa człekokształtna - orangutan). Warto natomiast zajrzeć do znajdującego się niedaleko sanktuarium nosaczy, gdzie można obserwować mnóstwo tych małych do woli.

Sandakan jest także bazą wypadową na spływy rzeką Kinabatangan. Sama rzeka oraz tereny przez które przepływa zapewniają ciekawe obserwacje przyrody. Tutaj nareszcie okazuje się, że ostrzeżenia przed krokodylami nie są wcale na wyrost, ponieważ łatwo można spotkać wygrzewające się na brzegach rzeki krokodyle różańcowe (*Crocodylus porosus*) (ryc. 14). Zawsze powinno się mieć w pogotowiu lornetkę, aby z bliska przyglądać się kilku gatunkom zimorodka (*Halcyon* sp.), dziobo-



Ryc. 13. Pola herbaciane w okolicach Ranau. Fot. P. Jabłoński

roźca (Bucerotidae) i innych ciekawych ptaków, a także małych stad nosaczy i makaków. O poranku łatwo usłyszeć poranne nawoływanie gibbona borneańskiego (*Hyllobates muelleri*), a przy odrobinie szczęścia można także zaobserwować go w koronach drzew. Prawdziwi szczęściarze zobaczą



Ryc. 14. Krokodyl różańcowy (*Crocodylus porosus*) na brzegu rzeki Kinabatangan. Fot. A. Jabłońska

tam także słonie karłowate (*Elephas maximus borneensis*) lub przynajmniej usłyszą wydawane przez nie dźwięki przypominające trąbienie.

## Tawau

Miasto Tawau jest na ogół omijane przez zwiedzających malajską część Borneo, ponieważ

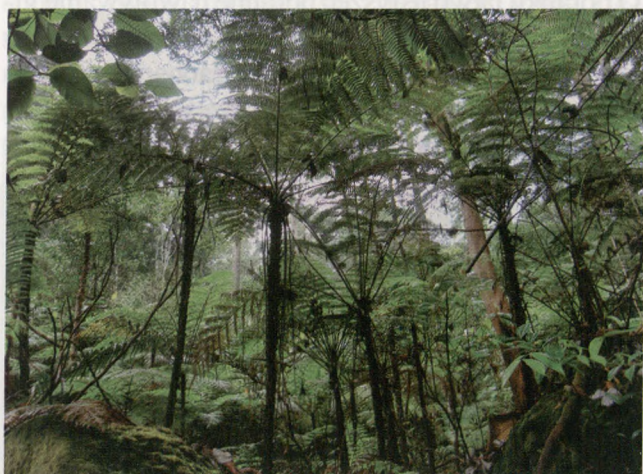


stanowi w zasadzie ośrodek handlu oraz port. Warto jednak wspomnieć, że jest to miejsce szczycące się największymi uprawami kakaowców w tych stronach, a na położonych w pobliżu miasta wznie-



Ryc. 15. Pijawka lądowa *Haemadipsa picta*. Fot. A. Jabłońska

sieniach znajduje się bardzo ciekawy i rzadko uczęszczany Park Narodowy Wzgórz Tawau. Specyficzne warunki przyrodnicze, które panują na tym terenie, sprawiają, że deszcz pada tutaj kilka razy dziennie, a ponieważ ścieżki to tylko udeptana gleba brnie się po kolana w błocie, strzepując z siebie lądowe pijawki (*Haemadipsa* sp.), które po deszczu wykazują dużą aktywność (ryc. 15). Do tego jeszcze kilka przepraw przez rzekę, którą trzeba przejść w bród i już można podziwiać ogromne drzewa dwuskrzydlcowate (Dipterocarpaceae) z ro-



Ryc. 16. Paprocie drzewiaste w dżungli Parku Narodowego Wzgórz Tawau. Fot. A. Jabłońska

dzaju *Shorea*, z których najwyższe osiągają niemal 90 metrów wysokości i są najwyższymi drzewami tropikalnymi na świecie! W parku znajdują się także gorące źródła siarczkowe, do których łatwo można trafić ... po zapachu. W okolicach źródeł roślinność ma trochę inny charakter niż na większości obszarów parku. Rosną tu paprocie drzewiaste, bambusy i ogromne eukaliptusy (ryc. 16).

## Sipadan

Po miesięcznej podróży przez malajską część Borneo docieramy do mekki płetwonurków. Sipa-



Ryc. 17. Młode żółwie zielone (*Chelonia mydas*) w drodze do oceanu. Fot. A. Jabłońska

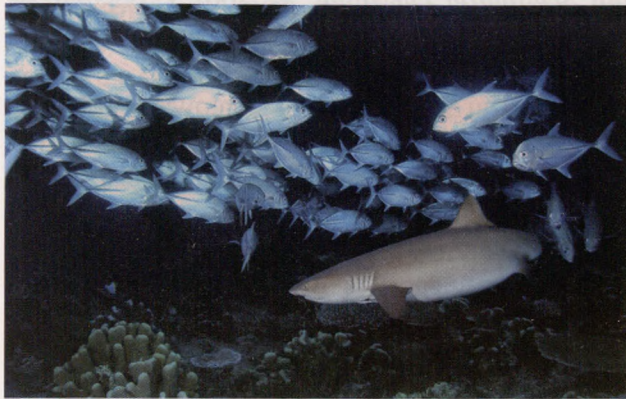
dan to wulkaniczna wyspa na Morzu Celebes, która wynurza się z głębokości 600 metrów. Kiedy w latach 80. przyjechał tutaj Jacque Ives Cousteau od razu zrozumiał, że jest to miejsce wyjątkowe, niemal dziewicze. Od 2004 zabronione jest zatrzymywanie się na Sipadanie, a wszystkie resorty i centra nurkowe przeniesiono na okoliczne plaże wysp Kapalai i Mabul. Dodatkowo nurkowania wokół Sipadanu są limitowane – dzięki temu ten unikalny ekosystem utrzyma się w dobrej kondycji. Wyspa jest



Ryc. 18. Ławica barrakud (*Sphyraena* sp.) u wybrzeży Sipadanu. Fot. P. Jabłoński

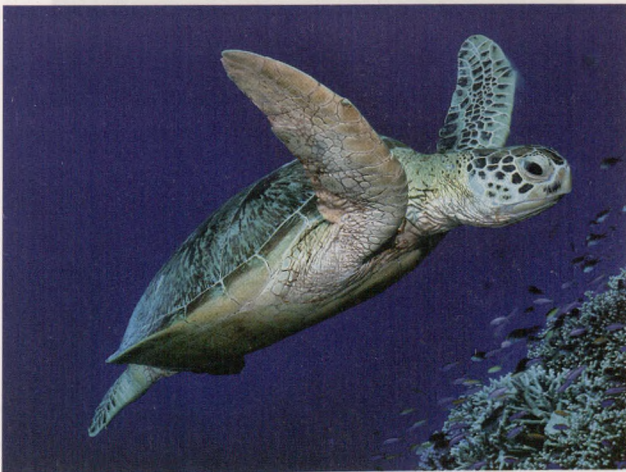
również specjalnie chroniona ze względu na to, że stanowi miejsce rozrodu żółwi zielonych (*Chelonia mydas*) i szylkretowych (*Eretmochelys imbricata*) (ryc. 17). Podczas nurkowań na rafach otaczających wyspę spotyka się zawsze ogromne ławice barrakud (*Sphyraena* sp.) (ryc. 18), ostroboków (Carangidae), plataksów (*Platax* sp.) i papugoryb (Scariidae), grupy rekinów, przede wszystkim żarłaczy

białoczubych (*Triaenodon obesus*) (ryc. 19), a także wiele zielonych i szylkretowych żółwi. Czasem w polu widzenia można naliczyć kilkanaście, a nawet 20-30 tych morskich gadów (ryc. 20). Obok



Ryc. 19. Żarłacz białoczuby (*Triaenodon obesus*) polujący w ławicy ostroboków (Carangidae). Fot. P. Jabłoński

dużych zwierząt obserwuje się ciekawe bezkręgowce: wiele gatunków ślimaków tyłoskrzelnych (Opisthobranchia) i skorupiaki, a wśród nich bardzo interesujący gatunek rawki - *Odontodactylus scyllarus* (ryc. 21). Często spotyka się przedstawicieli szkarłupni, głównie liliowce, ale także strzykwy i rozgwiazdy. Wążowidła i jeżowce pokazują się dopiero na nocnych nurkowaniach. Przede wszystkim jednak ogromne wrażenie robią koralowce, poczynając od tych rafotwórczych (Sclerac-



Ryc. 20. Żółw zielony na rafach koralowych Sipadanu. Fot. P. Jabłoński

tinia), tworzących zwarte struktury przypominające kobierce, poprzez gorgonie (Gorgonaria) wyglądające jak ogromne pajęczyny rozpięte w toni, aż po ukwiały (Actiniaria), szczególnie wielkie *Heteractis magnifica* (do 80 cm średnicy), zawsze zamieszkałe przez jakiś gatunek błazneków (*Amphiprion* sp. i *Premnas* sp.) (ryc. 22). Dla nurków posiadających bystre oko nagrodą może być wypa-

trzenie wśród rozgałęzień gorgonii karłowatego konika morskiego (*Hippocampus bargibanti*), osiągającego najwyżej 2 cm długości (ryc. 23).

Podróż do malajskiej części Borneo pokazała



Ryc. 21. Rawka *Odontodactylus scyllarus*. Fot. A. Jabłońska

nam bardzo dużą różnorodność występującej tam przyrody. Warto zwiedzić dżungle tych terenów wraz z ich wszelkimi atrakcjami, poznać życzliwych mieszkańców, a na koniec zanurzyć się w ciepłym tropikalnym morzu, aby podziwiać jego bogactwa.



Ryc. 22. Ukwiągł *Heteractis magnifica* zamieszkały przez błaznki *Amphiprion ocellaris*. Fot. P. Jabłoński



Ryc. 23. Niemal niewidoczny karłowaty konik morski (*Hippocampus bargibanti*) w rozgałęzieniach gorgonii (centrum fotografii!!!). Fot. A. Jabłońska

# EGZOTYCZNA OSA W KRAKOWIE

Od kilkunastu lat na terenie Europy obserwuje się pojawianie ciepłolubnych i egzotycznych gatunków os z rodziny grzebaczowatych Sphecidae. Czy ma to związek z ocieplaniem się klimatu, czy raczej z aklimatyzacją i rozszerzaniem arealu występowania tych gatunków, tego tak naprawdę nie wiemy. Grzebaczowate są liczną gatunkowo rodziną w rzędzie błonkoskrzydłych; owady te cechuje zdolność do budowy różnorodnych gniazd i opieki nad potomstwem. Są owadami termolubnymi, stąd też występują przeważnie w miejscach



Ryc. 1. Samica gliniarza naściennego *Sceliphron destillatorum* (Illig.). Fot. M. Kosibowicz

suchych i ciepłych. Spotykamy je w miastach, na polach i w lasach. Gniazda budują w glebach piaszczystych, wykorzystują także szczeliny skalne, puste łodygi roślin oraz chodniki owadzie w drewnie. Grzebacz są drapieżnikami: polują na szeroką gamę owadów i pajaków, którymi karmią swe larwy. W naszej krajowej faunie opisano około 200 gatunków tych błonkówek. Liczba gatunków wyraźnie wzrasta ku południowi. W zimnej Skandynawii liczba ta nie przekracza 100, natomiast już w na terenie Czech i Słowacji dochodzi do 260 gatunków. Stąd też ciekawym zjawiskiem jest poszerzanie zasięgu występowania przez typowo ciepłolubne azjatyckie gatunki grzebaczy i opanowywanie coraz większych obszarów naszego kraju. Przybyszami tymi są dwa gatunki grzebaczy: *Sceliphron destillatorum* zwany po polsku gliniarzem naściennym i docierający już do naszych granic jaskólec wscho-

dni *Sceliphron curvatum*. W 2002 r. pojawił się w Europie (w Czarnogórze) następny azjatycki egzotyczny gatunek *Sceliphron deforme*.

Rodzaj *Sceliphron* reprezentowany jest w całym świecie przez 35 gatunków, występujących głównie w rejonach tropikalnych; tylko 5 z nich spotyka się w Europie.

Gliniarz stwierdzany był w Polsce już w latach 60. ubiegłego wieku na jednym izolowanym stanowisku w Czesławicach koło Lublina. Dwa-dzieścia lat później wykazano go już liczniej



Ryc. 2. Gliniane gniazdo tworzone przez osy *Sceliphron destillatorum* (Illig.). Fot. M. Kosibowicz

w Bieszczadach, potem w Beskidzie Niskim. W ubiegłym roku dwa osobniki (samice) zaobserwowano w Krakowie na terenie ogrodu Instytutu Badawczego Leśnictwa. Gliniarz naścienny jest smukłą błonkówką o długości ciała od 18 do 29 mm. Ciało ma czarne, jedynie nogi i czułki są częściowo żółte. Głowa i tułów gęsto czarno owłosione.

Owad wywodzi się z zachodniej i południowo-zachodniej Azji, a zasięg jego występowania sięga po Kazachstan, Mongolię i Chiny. Znany jest również z Afryki i z rejonu śródziemnomorskiego. W Europie do niedawna spotykany był liczniej w cieplejszych południowych rejonach dochodzących do Moraw, Słowacji i Podola. Owad ten najczęściej obserwowany jest w pobliżu zabudowań ludzkich, gdzie wykorzystuje budynki gospodarcze (a niejednokrotnie i mieszkalne) do zakładania swych gniazd. Osobniki dorosłe często także od-

wiedzą kwiaty z rodziny baldaszkowatych.

Samica lepi gliniane gniazda składające się z pojedynczych, rurkowatych komórek larwalnych. Glinę zwilża wodą i ubity w gałkę budulec zanosí, podtrzymując w locie przednimi odnóżami, na miejsce przeznaczenia. Po złożeniu jaja do komórki poszukuje pajaków, które paraliżuje jadem i zanosí do gniazda. Łowi szereg gatunków pajaków, nie preferując żadnego rodzaju. W każdej komórce przebywa jedna larwa. Liczba złowionych pajaków

w każdej z tych komórek może dochodzić do 15, ale przeciętnie jest ich 4-6. Po wypełnieniu komórki larwalnej pajakami, zasklepia ją. Larwa odżywia się zgromadzonymi pajakami, a potem przepoczwarcza się i latem z gniazda wydostaje się na zewnątrz dorosły owad, odkrawając żuwaczkami gliniane wieko.

Miejsca stwierdzenia *Sceliphron destillatorium* (Ill.) w Polsce na przestrzeni lat:

Miejsce obserwacji	Rok obserwacji	Źródło informacji
Czesławice k. Lublina	ok. 1960	W. Puławski, Van der Vecht & Van Breugel
Bieszczady – Łubne, Wetlina, Ustrzyki Dolne, Ustrzyki Górne	1985	Soszyński & Soszyński - Polska Akademia Nauk; M. Holly – Bieszczadzki Park Narodowy
Beskid Niski - Szymbark, Ropa	1994 -1996	W. Celary - Polska Akademia Nauk
Głójsce	2001	M. Szczurek - Szkoła Podstawowa; oznaczony przez W. Celary
Końskie gm. Dydnia	2002-2003	Józef Nawrocki - Nadleśnictwo Brzozów
Teodorówka, Dukla, Zboiska	2003	Artur Zator - Nadleśnictwo Dukla
Ojcowski Park Narodowy	2007	B. Wiśniowski – Ojcowski Park Narodowy
Kraków - Łagiewniki	2008	M. Kosibowicz & S. Ambroży – Instytut Badawczy Leśnictwa - Kraków

Dr inż. Mieczysław Kosibowicz, Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Gospodarki Leśnej Regionów Górskich w Krakowie.  
E-mail: M.Kosibowicz@ibles.waw.pl

## WIKŁACZE - KONSTRUKTORZY MISTERNYCH GNIAZD

Wielkość gniazda, materiał z którego jest zbudowane, jego położenie oraz biotop w którym je znaleziono stanowi istotną informację pozwalającą zidentyfikować gatunek ptaka który je buduje.

Niektóre gniazda są bardzo charakterystyczne. Prawie każdy laik potrafi rozpoznać gniazdo naszej sroki. Trochę inaczej przedstawia się sprawa rozpoznawania gniazd drobnych ptaków, które umieszczają swoje gniazda w ukryciu często na dość znacznej wysokości. Dla identyfikacji jego właściciela konieczna jest dokładniejsza analiza jego charakterystycznych cech. Czasem całkowitą pewnością w ustaleniu gatunku uzyskuje się uwzględniając wielkość (rozmiar) i ubarwienie jaj. Oglądając gniazda ptaków często podziwiamy

kunst, z jakim zostało ono wykonane. Niektóre gniazda zrobione są w sposób bardzo prosty inne zaskakują jakością użytego materiału budowlanego oraz sposobem jego wykorzystania. Jedne z najprostszych gniazd budowane są przez turkawki i sierpówki. Ich konstrukcja składa się z kilkunastu do kilkudziesięciu cienkich gałązek tworzących ażurową budowlę. Mistrzami w budowie gniazd na terenie naszego kraju są raniuszki i remiz. Raniuszki buduje trudne do wypatrzenia owalne gniazdo do konstrukcji którego używa różnorodnego materiału. Wnętrze gniazda wyłożone jest dużą ilością delikatnych piórek.

Remiz buduje bardzo kunsztowne jajowate gniazdo. Umieszcza je na końcu cienkich gałązek,

często na drzewach rosnących w pobliżu rzek, strumyków, jezior i innych zbiorników wodnych w ten sposób, iż zawieszane są one nad zwierciadłem wody.

Przebywając w Afryce na terenach położonych na południe od Sahary nie sposób nie zwrócić uwagi na podobne gniazda zbudowane w mi-



Ryc. 1. Misterna osnowa gniazda wikłacza wykonana z tyka i długich traw.  
Fot. W. Mączka

strzowski sposób przez wikłacze. Wikłacze (Ploceidae) to podrodzina ptaków z rodziny wikłaczowatych. Szacuje się, że ta podrodzina obejmuje około 200 gatunków. Wiele gatunków nie ma jeszcze przypisanej przynależności systematycznej. Wikłacze to niewielkie ptaki. Pierwotnie żyły w Afryce, Eurazji i Australii. Są to typowe ziarnojady, a więc mają charakterystyczny mocny, gruby dziób. Niektóre gatunki, szczególnie w okresie lę-



Ryc. 2. Wikłacz na gnieździe; to gniazdo jest już prawie gotowe, teraz można uwieść kolejną samiczkę. Fot. W. Mączka

gowym, wzbogacają swoją dietę o owady. Samce w okresie godowym są z reguły jaskrawo kolorowe natomiast samice mają ubarwienie znacznie bardziej stonowane.

Gniazda wikłaczy występujących w czarnej Afryce (na południe od Sahary) wykonane są z traw, liści i włókien roślinnych. Mają one kształt kulisty, gruszkowaty lub workowaty. Konstrukcja gniazda jest połączona z cienkimi gałązkami, podobnie jak u remiza. Materiał na gniazdo jest ze sobą posplatany w sposób przypominający tkaninę



Ryc. 3. Nowe gniazdo wikłacza ma kolor zielony; po pewnym czasie, gdy materiał użyty do jego budowy wyschnie, będzie brązowe. Fot. W. Mączka

dłatego czasem wikłacze nazywa się tkaczami. Gniazda często zawieszane są nad wodą. Świeżo wykonane są zielone; z biegiem czasu, gdy materiał użyty do jego budowy traci wodę i wysycha, kolor gniazda zmienia się na żółto-brązowy. Gniazda budowane są przez samce, samice niektórych gatunków wykańczają jego wnętrze.

Większość wikłaczy buduje gniazda w wielkich koloniach. Kolonie liczą od kilkudziesięciu do



Ryc. 4. Kolonie gniazd wikłaczy bardzo często zakładane są nad wodą; tutaj ptaki te czują się bezpieczniej. Fot. W. Mączka

kilkuset gniazd. Samce w okresie lęgowym mają często kilka partnerek w związku z tym w koloniach lęgowych przeważają samice. Samica składa od dwu do ośmiu jaj. Okres wysiadywania trwa od

10 do 17 dni. Młode ptaki są samodzielne po upływie dwu do czterech tygodni. Samiec nie uczestniczy w wychowaniu potomstwa. Buduje kolejne gniazdo, do którego wabi następną partnerkę.

U niektórych wikłaczy można zaobserwować współdziałanie, na przykład cała ich społeczność broni kolonię przed intruzami. Szczególnie dotyczy to wikłacza zmiennego (*Ploceus cucullatus*), który jest ptakiem bardzo odważnym, a nawet agresywnym.

Pewne gatunki wikłaczy tworzą wielomilionowe stada zagrożające uprawom zbóż, kukurydzy i ryżu. W poszukiwaniu pokarmu stada te pokonują nawet kilkadziesiąt kilometrów. Mogą wyrządzać szkody porównywalne ze szkodami powodowanymi przez plagę szarańczy.

Jednym z najliczniejszych gatunków jest wikłacz czerwodzioby (*Quelea quelea*). Dziób tego ptaka pozostaje ciągle czerwony, mimo że po okresie godowym zmienia się ubarwienie upierzenia. Samica wikłacza czerwodziobego ma szare upierzenie, a po okresie godowym jej dziób zmienia kolor z żółtego na czarny. Według niektórych badaczy populacja tego gatunku wynosi około 1,5 miliarda osobników. W jednym stadzie ilość ptaków może sięgnąć nawet kilku milionów. Tak wielkie stada mogą zniszczyć uprawy na wielkich powierzchniach przynosząc rolnictwu ogromne straty. Stąd też wikłacze traktowane są jako szczególnie groźne szkodniki i niszczone w bezwzględny sposób przy pomocy różnorodnych środków.

Do tak znacznego zwiększenia populacji tych ptaków przyczynił się człowiek przekształcając naturalne środowisko, w którym żyją te ptaki. Wprowadzając uprawy zbóż i innych roślin mogących stanowić pożywienie dla wikłaczy doprowadzono do korzystnych dla tych gatunków zmian, głównie związanych z bardzo łatwym dostępem do pokarmu. Zmiany środowiska przyczyniły się też w znaczny sposób do rozprzestrzenienia niektórych gatunków poza pierwotny areał ich występowania. Pewne gatunki wikłaczy poszukują pokarmu na wysypiskach śmieci. Jeden z pospolitych wikłaczy - wikłacz zmienny został introdukowany na Antyle. Gatunek ten znalazł tam korzystne warunki, co doprowadziło do bardzo dynamicznego rozwoju jego populacji. Obecnie jest tam traktowany jako największy szkodnik i tępiący w różnoraki sposób.

Niektóre gatunki wikłaczy uprawiają pasożytnictwo lęgowe. Jednak w odróżnieniu od występującej u nas kukułki piskłeta tych ptaków nie zagrażają piskłętom gospodarzy i są wychowywa-

ne razem z nimi. Jako przykład pasożytnictwa lęgowego można wymienić wdówki (*Viduinæ*). Ta podrodzina wikłaczy liczy 10 gatunków. Jednym z najładniejszych jest wdówka rajska (*Steganura paradisea*). W okresie godowym samiec wdówki rajskiej ma szczególnie piękne upierzenie, w którym zwracają uwagę długie pióra ogonowe (sterówki) - są one prawie dwukrotnie dłuższe od ciała ptaka. Na jednego samca podobnie, jak u innych wikłaczy, przypada kilka samic, które składają swoje jaja w obcych gniazdach. Poszczególne gatunki wdówek wybierając cudze gniazdo przypuszczalnie kierują się podobnym ubarwieniem jaj ptaków, którym jaja są podrzucane.

Pasożytnictwo lęgowe charakterystyczne jest również dla wikłacza stalowego (*Hypochera chalybeata*). Samiec w okresie godowym ma prawie czarne ubarwienie z odcieniem stalowym. Poza okresem godowym ubarwienie samca jest szarobrazowe i bardzo podobne do ubarwienia samicy.

Pewne wikłacze można stosunkowo łatwo hodować w niewoli. Wytrzymują temperaturę do 10°C. Najczęściej w niewoli rozmnażane są: wikłacz ognisty mały (*Euplectes franciscana*), wikłacz czerwodzioby a także wikłacz stalowy i wdówka rajska. Te dwa ostatnie gatunki są pasożytami lęgowymi, więc ich rozmnażanie w niewoli wymaga specjalnych zabiegów. Natomiast wikłacze ogniste i czerwodziobe budują w niewoli normalne charakterystyczne dla siebie gniazda, o ile dostarczy się im odpowiednią ilość łyka, siana, trawy, włókien kokosowych, itp. Jako pożywienie podaje się im różne gatunki prosa, kanar, zieleninę i owady. Ponieważ w naturalnych warunkach wikłacze są ptakami towarzyskimi można je hodować w większych grupach, a także wraz z innymi gatunkami. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że niektóre gatunki wikłaczy bardzo łatwo krzyżują się między sobą, co może prowadzić do wystąpienia niepożądanych zmian w potomstwie.

Wiesław Mączka (Kraków)

# CUKROWIEC LEKARSKI

Cukrowiec lekarski (*Saccharum officinarum* L.), znany pod niewłaściwą, choć rozpowszechnioną nazwą „trzcina cukrowa”, nie ma nic wspólnego z trzcina, gdyż należy do rodzaju cukrowiec. Nie jest to jedyne mylne określenie, jakie utrzymało się w Polsce. Dotyczy to m.in. pochodzącej ze wschodniej i środkowej części USA robinii białej (*Robinia pseudoacacia*), do której przyłgnęła nazwa „akacja”. Również przywleczone z Półwyspu Bałkańskiego lilak pospolity (*Syringa vulgaris*) zakorzenił się u nas jako „bez”, mimo że nie figuruje w takiej postaci w nomenklaturze botanicznej. Prawdziwy bez to rodzaj *Sambucus*, a w naszym kraju spotykamy w stanie dzikim trzy gatunki: bez czarny (*S. nigra*), bez hebd (*S. ebulus*) i bez koralowy (*S. racemosa*).



Ryc. 1a. Cukrowiec lekarski, czyli trzcina cukrowa. Za: F.E. Köhler, *Köhlers Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen* (...), Gera, 1883–1914.

Trzcina cukrowa jest byliną, która posiada grube źdźbło, osiągające wysokość do 6 m, a jej naprzemianległe, długie liście charakteryzują się szerokim, jasnym nerwem środkowym oraz ostrym brzegiem blaszki. Niepozorne kwiaty z bezostnymi kłóskami zebrane są w stożkową wiechę. W miększu źdźbła stwierdzono około 20% sacharozy.

Optymalne warunki rozwoju znajduje tam, gdzie średnia roczna temperatura wynosi 18–24°C, a opad ok. 1500 mm.

Podczas zakładania plantacji umieszcza się w glebie, w odstępach 1,5 m, 50-centymetrowe kawałki „trzciny” wraz z kolankiem, z którego po kilkunastu dniach wyrastają młode roślinki. Zbiór następuje na początku pory suchej. Tam, gdzie istnieje nadmiar rąk do pracy, nie ma potrzeby stosowania maszyn. Jeden robotnik, używając machy, może ścinać dziennie 5–8 ton surowca. Po zmieleniu łądy w młynach uzyskujemy sok, z którego otrzymujemy cukier. Warto przypomnieć, że pierwszy taki młyn uruchomiono na wyspie Haiti około 1516 roku. Trzcina musi być szybko przerobiona, gdyż *ad exemplum* siedmiodniowa zwłoka obniża o 40% jej wartość.

Często przed zbiorem praktykuje się opalenie trzciny. Ogień nie wyrządza szkód, bo niszczy tylko suche liście, lecz szybciej następuje krystalizacja sacharozy i dlatego niezwłoczne przetworzenie surowca jest konieczne.

W wielu krajach Ameryki Łacińskiej drobni rolnicy wytwarzają nierafinowany brunatny cukier – raspadura. W trakcie procedury gotują sok trzcinowy w kotłach, a gdy zgęstnieje, wlewają go do stożkowych naczyń, w których zastyga.

Trzcina cukrowa pochodzi prawdopodobnie z Indii, gdzie była znana od dawna. Dowodzą tego sanskryckie wyrazy „sarkara” i „sakkara”, określające trzcinę i cukier. Stały się one również źródłem wyrazu „cukier” w różnych językach aryjskich. W hinduskim ceremoniale religijnym trzcina stanowiła dar ofiarny, a ponadto wierzono w jej właściwości lecznicze. W VII w. p.n.e. dotarła z Indii do Chin, gdzie początkowo zadowalano się wysysaniem słodyczy zawartej w łądygach. Dopiero w tamtejszych księgach z IV w. p.n.e. znajdujemy wzmianki o uzyskiwaniu cukru przez suszenie soku ze źdźbła.

Grecy po raz pierwszy ujrzeni uprawę „słodkiego źdźbła” w Chuzestanie, podczas pochodu wojsk Aleksandra Wielkiego przeciw Persji w roku 327 p.n.e. Dalsza droga wykorzystywania waleń cukrowca lekarskiego wiodła na pola Mezopotamii. Wieść o jej istnieniu doszła też do historyka greckiego Herodota z Halikarnasu (485–425). Wiedział o niej również hellenistyczny filozof i przyrodnik żydowskiego pochodzenia Aristobulos (III lub II w. p.n.e.), który wspomina o „trzcinie miodowej”. O niezbyt szybkim rozpowszechnianiu się tej pożytecznej rośliny świadczy fakt, że jeszcze w 286 roku

cukier z Indii wywożono jako daninę do królestwa Funan w Chinach.

Zbyt mało wiarygodnych źródeł posiadamy, aby powiadomić Czytelników, kiedy trzcina cukrowa znalazła się w Europie. Wiemy jedynie, że mogło to być dziełem kupców arabskich, których statki docierały do różnych egzotycznych krajów. Wyszuszony sok trzciny sprzedawano początkowo wyłącznie w aptekach. Perski lekarz el-Razi (865–925) uznał za właściwe posługiwanie się cukrem, jako lekiem. Począwszy od VII w. wzmożone wysiłki Arabów objęły tereny zlokalizowane nad zachodnią częścią Morza Śródziemnego. Dzięki nim powstały plantacje na Sycylii i w południowej części Hiszpanii (Andaluzja). W XV stuleciu, wobec wzrastających potrzeb europejskich konsumentów, zaczęto uprawiać trzcinę na Maderze i Wyspach Kanaryjskich. W pierwszej ćwierci XVI wieku Hiszpanie przetransportowali ją do Meksyku i na Antyle, gdzie zwłaszcza na wyspie Kubie zadomowiła się na dobre. Stąd osiągnięcie lądu północnoamerykańskiego nie sprawiało już trudności. Z kolei dziełem Portugalczyków w tym czasie jest wprowadzenie cukrowca lekarskiego do Brazylii. Rozwój dalekomorskiej żeglugi sprawił, że w ciągu XVI i XVII w. uprawy trzciny cukrowej zaczęły obejmować coraz większe obszary i z czasem rozprzestrzeniły się na wielu tropikalnych i subtropikalnych połaciach globu ziemskiego.

W Ameryce Północnej główne tereny kultury są rozmieszczone nad Zatoką Meksykańską, na Florydzie i w dolnym biegu Missisipi. W Południowej dominuje Brazylia (stany São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Alagoas i Pernambuco). Trzeba też pamiętać, że na tym kontynencie trzcina jest uprawiana we wszystkich krajach oprócz Chile. Państwo to produkuje jednak cukier buraczany i może poszczycić się wydajnością z hektara należącą do najwyższych na świecie: 795 dt (Polska: 438 dt).

W Azji należy wyróżnić Nizinę Gangesu, Półwysep Indochiński, Filipiny, południową część Archipelagu Malajskiego (szczególnie wyspa Jawa) i południowo-wschodnie Chiny. W Afryce zasługuje na uwagę Egipt oraz obszary nad Zatoką Gwinejską. Największe australijskie plantacje założono na południowo-wschodnich nizinach nadmorskich, w połaci wschodniego wybrzeża wzdłuż Wielkich Gór Wododziałowych i na półwyspie York. W Japonii jej uprawy dochodzą do 36° szerokości geograficznej północnej, w Stanach Zjednoczonych sięgają po 32°, w Afryce zaś i Australii do 30° szerokości geograficznej południowej. W górach strefy tropikalnej

występują niekiedy na wysokości 2000 m n.p.m.

Globalne zbiory trzciny cukrowej wyniosły w 2006 r. 1 387 777 tys. ton. Prymat dzierży Brazylia – 455 291 tys. t (32,8% światowej produkcji).



Ryc. 1b. Cukrowiec lekarski, czyli trzcina cukrowa. Za: F.M. Blanco, *Flora de Filipinas*, Gran edicion, 1880–1883.

Drugie miejsce zajęły Indie – 281 170 tys. t (20,3%), trzecie Chiny – 100 684 tys. t (7,3%), czwarte Meksyk – 50 597 tys. t (3,6%), piąte Tajlandia – 47 658 tys. t (3,4%), szóste Pakistan – 44 666 tys. t (3,2%).

Z trzciny cukrowej uzyskujemy ponad połowę światowej produkcji cukru. Oprócz bezpośredniej konsumpcji i nieodzownego wykorzystywania w przemyśle spożywczym, znajduje zastosowanie przy wytwarzaniu etanolu stanowiącego paliwo do silników. Obserwujemy to szczególnie w Brazylii, gdzie znaczną część zbiorów przeznaczają na ten cel. Dość ważną rolę w eksporcie odgrywa rum powstający dzięki fermentacji soku lub melasy. Liście trzciny są wartościową paszą i służą m.in. do krycia dachów, łodygi zaś stanowią surowiec zasilający zakłady papiernicze, a ponadto używa się ich jako opału dla cukrowni.

Cukier trzcinowy jest mniej słodki niż buraczany, ale trzcina odznacza się większą plennością, rośnie cały rok, nie wymaga wielkich nakładów i łatwiej może być eksploatowana. Przeciętnie z jednego hektara otrzymujemy 680 dt trzciny, natomiast buraków cukrowych jedynie 471 dt.

Dr Roman Karczmarszuk jest emerytowanym nauczycielem.



Rozporządzeniem z 23 grudnia 2008 roku MEN wycofało z wykazu przedmiotów obowiązkowych w drugich i trzecich klasach szkół ponadgimnazjalnych grupę przedmiotów, w tym: **fizykę, chemię, biologię i geografę.**

### UWAGA!

Po ukończeniu klasy pierwszej uczniowie będą z tej grupy wybierali tylko dwa lub trzy przedmioty do dalszej nauki. Jeśli nie wybiorą żadnego z wymienionych wyżej przedmiotów przyrodniczych, obowiązkowo będą się uczyć, w wymiarze dwóch godzin tygodniowo, interdyscyplinarnego przedmiotu „**przyroda**”.

Wychodząc naprzeciw zapotrzebowaniom rynku, związanym z powyższymi działaniami MEN-u, lider na rynku podręczników szkolnych z fizyki – krakowskie wydawnictwo **ZamKor** oraz redakcja **Wszechświata** zapraszają przyrodników o talentach popularyzatorskich do współpracy w przygotowaniu materiałów do nauczania tego przedmiotu.

Szczegółowe informacje na stronach:

**FIZYKA.ZAMKOR.PL/PRZYRODA**

[www.wszechswiat.agh.edu.pl](http://www.wszechswiat.agh.edu.pl)



Liczy się  
każdy szczegół ...

drukarnia  
**Stabil**

[www.stabildruk.pl](http://www.stabildruk.pl)  
[biuro1@stabildruk.pl](mailto:biuro1@stabildruk.pl)  
[stabildruk@poczta.onet.pl](mailto:stabildruk@poczta.onet.pl)  
tel./fax 012 410 28 20/21

ul. Nabelaka 16  
30-410 Kraków

- Drukarnia książek, magazynów, czasopism, folderów – nowoczesna maszyna Shinohara 75
- Rozbudowana linia do produkcji i oprawy introligatorskiej



*Nepenthes* sp. – Park Narodowy Bako, Sarawak, Malezja

Fot. Aleksandra Jabłońska

Cena 9,00 zł (VAT 0%)

Indeks 381586

PL ISSN 0043-9592



9 770043 959009 >