

WSZECHŚWIAT

PISMO PRZYRODNICZE

Tom 123 Nr 4–6

Kwiecień – Maj – Czerwiec 2022

Przepych tropików



*Józef Warszawicz
– botanik w Panamie*

Orchidee – perły tropików

Historia fotopułapek

Nie ma ciszy w tropikach

Lasy deszczowe Madagaskaru

Liany w lasach tropikalnych

Gorące rośliny

Jan Kalinowski – badacz Peru

ISSN 0043-9592



9 770043 959009 >



◀ **Równikowy las deszczowy** – zwarta warstwa koron drzew, wiecznie zasnuta parującą wodą, przepuszcza tylko niewiele światła do dna lasu, stąd najbardziej intensywne życie toczy się właśnie w koronach (Amazonia, Ekwador, około 0,5°S; fot. Ryszard Laskowski).



◀ **Równikowy las deszczowy** – rozległe korzenie podporowe ogromnych drzew służą umocowaniu drzewa w słabo zwartej i często płytkiej glebie, zapewniając równocześnie możliwość czerpania pierwiastków odżywczych z dużej przestrzeni wokół pnia (Borneo, Park Narodowy Gunung Mulu, około 4°N; fot. Ryszard Laskowski).



◀ Wzdłuż tropikalnych wybrzeży rozciągają się lasy namorzynowe. Tylko nieliczne gatunki roślin potrafią znieść tak trudne warunki – wysokie zasolenie, okresowe zalewanie wodą morską, falowanie, stąd są to dość ubogie, jak na tropikalne lasy, formacje roślinne (Wenezuela, wybrzeże Morza Karaibskiego, La Ciénaga de Ocumare, 10,47°N; fot. Ryszard Laskowski).



◀ Wraz z oddalaniem się od równika opady zaczynają być sezonowe – pojawia się pora sucha, a z nią konieczność przystosowania się do przetrwania tej niekorzystnej dla roślin pory roku. Lasy deszczowe ustępują miejsca sawannom lub sezonowo zielonym lasom monsunowym – las monsunowy w porze suchej (Karnataka, Indie, około 12°N; fot. Ryszard Laskowski).

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)

**Wszechświat jest pismem punktowanym w Index Copernicus International,
Wszechświat ma 5 punktów zgodnie z punktacją z listy z dn. 1 grudnia 2021 r.
Ministerstwa Edukacji i Nauki.**

Treść zeszytu 4–6 (2700–2702)

ARTYKUŁY

Ryszard Laskowski, Przepych tropików	95
Eric Antonio Ureta Sánchez, tłum. Izabela Stachowicz, Józef Warszawicz – polski botanik w Panamie	102
Marta Kolanowska, Orchidee – perły tropików	105
Izabela Stachowicz, Profesjonalne podglądanie. Historia fotopułapek	112
Tomasz S. Osiejuk, Wciąż nie ma ciszy w tropikach	122
Maciej Marcin Nowak, Justyna Wiland-Szymańska, Lasy deszczowe Madagaskaru i ludzie – życie w symbiozie czy katastrofa ekologiczna?	135
Krzysztof Wiąckowski, Jaką rolę odgrywają liany w lasach tropikalnych?	141
Martyna Cendrowska, Sylwia Olber, January Weiner, Gorące rośliny	149
Łukasz Piechnik, Przemysław Kurek, Jan Kalinowski – badacz fauny Peru	158

DROBIAZGI

Lato na torfowisku Gązwa (Maria Olszowska)	163
--	-----

WSZECHŚWIAT SPRZED WIEKU

Rośliny ozdobne z rodziny obrazkowatych (Aroideae) (oprac. Maria Śmiałowska)	168
--	-----

OBRAZKI

Maria Olszowska, Pary dobrane doskonale	169
---	-----

Okladka: Ara żółtoskrzydła (*Ara macao*) – Wenezuela. Fot. Ryszard Laskowski.

Od roku 2020 czasopismo *Wszechświat* jest wydawane tylko w wersji cyfrowej w cenie 9 zł/numer, 36 zł/rok. Prenumeratorom wysyłane są pliki .pdf.

W wersji papierowej wydawany jest tylko pierwszy numer 1–3 w cenie 12 zł. Członkowie Towarzystwa otrzymują zniżkę na roczną prenumeratę i płacą tylko 20 zł za roczną prenumeratę cyfrową.

W sprawach prenumeraty i zakupu wybranych numerów prosimy o kontakt z P. Kingą Molik, e-mail: biuro@ptpk.org, tel. 500 113 328.

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika
Redakcja Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*
31–118 Kraków, ul. Podwale 1
SANTANDER BANK POLSKA SPÓŁKA AKCYJNA, XXI Oddział Kraków
nr konta 81 1500 1142 1220 6033 9745 0000

Sponsorami *Wszechświata* są:

- Akademia Górniczo-Hutnicza
- Polska Akademia Umiejętności



Rada Redakcyjna

Przewodnicząca: Irena Nalepa

Z-ca Przewodniczącej: Stanisław Knutelski

Sekretarz Rady: Agnieszka Zelek-Molik

**Członkowie: Andrzej Kornaś, Michał Kozakiewicz, Ewa Krzemińska,
Elżbieta Pyza, Alina Stachurska-Swakoń, Alfred Uchman, January Weiner**

Komitet redakcyjny

Redaktor Naczelna: Maria Śmiałowska

Z-ca Redaktora Naczelnej: Barbara Płytycz

Sekretarz Redakcji: Alicja Firlejczyk

Członek Redakcji: Katarzyna Stachowicz

Adres Redakcji

Redakcja Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*

31–118 Kraków, ul. Podwale 1 m. 2, tel. 661 482 408

e-mail: redakcja@ptpk.org,

<https://wszechswiat.ptpk.org>

Wydawca

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika, Kraków, ul. Podwale 1/2

Projekt i skład

Artur Brożonowicz, artur@ptpk.org



PISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA

WYDAWANE PRZY WSPÓŁDZIALE:

AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ ORAZ POLSKIEJ AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI

TOM 123
ROK 140

KWIECIEŃ – MAJ – CZERWIEC

ZESZYT 4–6
2700–2702

ARTYKUŁY

PRZEPYCH TROPIKÓW

Ryszard Laskowski (Kraków)

Streszczenie

Tropiki – rejon położony pomiędzy Zwrotnikiem Koziorożca i Zwrotnikiem Raka, obszar występowania niespotykanej nigdzie indziej na Ziemi różnorodności klimatu, a co za tym idzie, różnorodności biotycznej. Znajdziemy tu równikowe lasy deszczowe o najwyższej na naszej planecie produktywności pierwotnej netto, a także najsuchsze pustynie i szczyty gór o klimacie arktycznym, gdzie produktywność jest zbliżona do zera. W samych równikowych lasach deszczowych występuje co najmniej 63% wszystkich gatunków ssaków, 72% gatunków ptaków, 42% gatunków gadów i 76% gatunków płazów, a do tego należałoby doliczyć gatunki związane z sawannami, pustyniami i wysokimi górami. To prowadzone w tropikach obserwacje i badania przyczyniły się do wielu najważniejszych odkryć w biologii. Wydaje się zatem, że warto poświęcić się badaniom tego rejonu i propagowaniu wiedzy o tropikach, do czego przyczynić się ma niniejszy zeszyt *Wszechświata*.

Abstract

The tropics – the region located between the Tropic of Capricorn and the Tropic of Cancer, the area of climate diversity unparalleled anywhere else on Earth and, hence, of extreme biotic diversity. Here we find equatorial rainforests with the highest net primary productivity on the planet, as well as the driest deserts and mountain peaks with an arctic climate, where productivity is close to zero. Equatorial rainforests alone are inhabited by at least 63% of all mammal species, 72% of bird species, 42% of reptile species and 76% of amphibian species, and we should add to these numbers also species associated with savannas, deserts and high

mountains. It was the observations and research conducted in the tropics that contributed to many of the most important discoveries in biology. It seems, thus, worthwhile to devote ourselves to research in this region and to promote knowledge about the tropics, to which this issue of *Wszechświat* is to contribute.

Dlaczego „przepych” i dlaczego akurat „tropików”? Dlaczego, mieszkając i spędzając całe życie w rejonach o klimacie umiarkowanym, mamy się zajmować ekologią odległych tropików? Czym tropiki zasłużyły sobie na szczególną uwagę uczonych, a nawet całych społeczeństw? Dlaczego sam termin „tropiki” u wielu z nas wyzwała to szczególne uczucie ekscytacji, niepokoju i tęsknoty zarazem? Przede wszystkim zaś, co właściwie znaczy sam termin „tropiki”? Próbie odpowiedzi na przynajmniej niektóre z tych pytań postanowiliśmy poświęcić niniejszy zeszyt „Wszechświata” – już drugi (dopiero drugi?) w historii czasopisma, po wydanym w 2009 roku numerze pt. „Radość tropików”. Okazją do przygotowania tamtego numeru było rozpoczęcie na Uniwersytecie Jagiellońskim kursu ekologii tropików (*Tropical Ecology Field Course*), co do dziś poczytujemy sobie za spory sukces (kurs trwa praktycznie nieprzerwanie już 15 lat!). Tym razem motywacją do przygotowania kolejnego „tropikalnego Wszechświata” stała się 210. rocznica urodzin Józefa Warszawicza – bodaj jedyne go XIX-wiecznego polskiego przyrodnika, podróżnika i badacza tropików o światowej renomie.

Tropiki – co to takiego?

Od tego pytania zawsze zaczynam wspomniany wyżej kurs ekologii tropików: co rozumiemy pod tym terminem, jakie wywołuje skojarzenia? Okazuje się, że pierwszą odpowiedzią słuchaczy jest na ogół: „gorąco!”. Proszeni o dalsze szczegóły dodają „i wilgotno”; czasami ktoś sobie przypomni o pustyniach i okazuje się, że niekoniecznie wilgotno. Na tym jednak z reguły próby zdefiniowania „tropików” się kończą. Co ciekawe, rzadko udaje się uzyskać odpowiedź na pytanie o źródłosłów terminu. Zatem poszukanie odpowiedzi na tak postawione pytania wydaje się wysoce zasadne i powinno poprzedzać dalszą lekturę niniejszego zeszytu. Zacznijmy więc od terminu, bo – jak się okaże – pozwoli nam to dość precyzyjnie określić przynajmniej rejon, któremu poświęcone są wszystkie znajdujące się w tym zeszycie teksty i z którego pochodzą wszystkie prezentowane tu fotografie. Jak wiele uczonych terminów, tak i ten pochodzi z języka greckiego: *τροπή* (czyt. *tropi*) znaczy mniej więcej tyle co „zwrot” – to miejsce na kuli ziemskiej, gdzie słońce wydaje się „zawracać” po swojej wędrówce na północ i na południe od równika,

czyli po prostu zwrotniki – Zwrotnik Raka i Zwrotnik Koziorożca; w języku angielskim *Tropic of Cancer* i *Tropic of Capricorn*. Termin „tropiki” może więc być nieco mylący, mógłby bowiem sugerować, że chodzi albo po prostu o zwrotniki (ang. *tropics*) albo o strefę okołozwrotnikową – ten ostatni termin jest skądinąd również używany w języku polskim. Definiując „tropiki” na użytek niniejszego zeszytu umówimy się, że będziemy przez to rozumieć strefę międzyzwrotnikową. Zatem wszystko, co czytelnik tu znajdzie, będzie dotyczyło obszaru cyklu tropikalnego (gr. *τροπικός κύκλος*), czyli pasa zamkniętego między, mniej więcej, 23°26' szerokości geograficznej północnej i południowej (mniej więcej, bo położenie zwrotników na kuli ziemskiej zmienia się o blisko pół sekundy rocznie ze względu na stopniową zmianę kąta nachylenia ekliptyki do równika niebieskiego; Ryc. 1). Przy tak zdefiniowanej strefie tropików można też powiedzieć, że jest to obszar, gdzie przynajmniej raz w roku słońce znajduje się w zenicie.

Czy w tropikach zawsze jest gorąco?

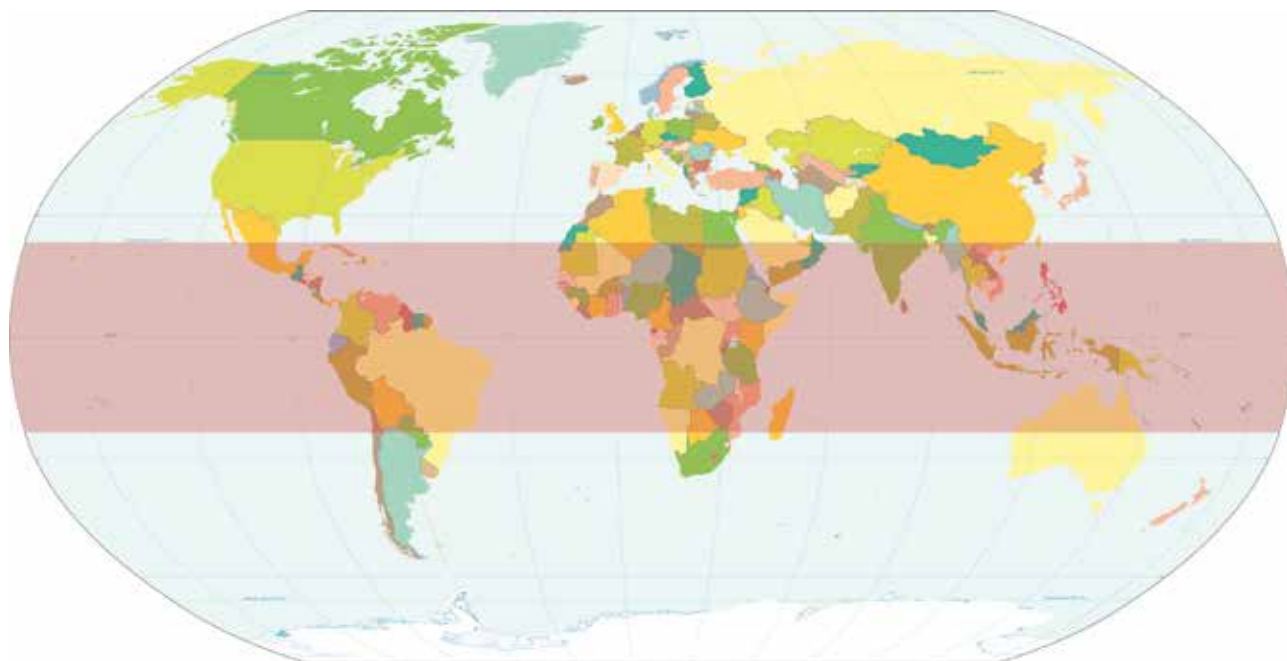
Choć to zapewne pierwsze skojarzenie, jakie przychodzi nam do głowy na hasło „tropiki”, w tropikach niekoniecznie musi być gorąco; a już z pewnością nie musi być gorąco i wilgotno. Wystarczy przypomnieć sobie, że pomiędzy zwrotnikami, poza gorącymi, deszczowymi nizinami, rozciągającymi się na łądach wzdłuż równika, są też pustynie i potężne góry. Wiele z tych gór przekracza wysokość 5000 m n.p.m., co nawet w okolicach równika oznacza na szczytach warunki zbliżone do tych, jakie znajdziemy za kołem podbiegunowym. Jak można zobaczyć na przykładzie Kilimandżaro (Ryc. 2), pokonując niespełna 5000 m wysokości względnej, możemy w krótkim czasie zobaczyć równikowe lasy i sawannę (Ryc. 3), gdzie temperatura wynosi przeciętnie 25 – 35°C, górskie lasy mgielne (Ryc. 4), subalpejskie wrzosowiska i ekosystemy trawiaste (Ryc. 5), półpustynne rejonu strefy alpejskiej (Ryc. 6), aż po lodowce na szczycie, gdzie temperatura jest przez większość roku ujemna i może spadać nawet poniżej -20°C (Ryc. 7). Pierwszy tego rodzaju, niezwykle szczegółowy opis warunków klimatycznych i zbiorowisk roślinnych w tropikalnych górach podał Alexander von Humboldt [4] na przełomie XVIII i XIX wieku (Ryc. 8). To między zwrotnikami znajdują się najbardziej suche miejsca

na Ziemi (północna część pustyni Atakama i wschodnia Sahara) i najwilgotniejsze – najwyższe notowane na Ziemi roczne opady, przekraczające 12 000 mm, zanotowano w Kolumbii w Lloró (5°30'N) i López de Micay (3°00'N); warto tu wspomnieć, że organizowany przez UJ kurs ekologii tropików co drugi rok odbywa się w jednym z takich właśnie miejsc, w rejonie Golfo Dulce w Kostaryce, gdzie roczne opady przekraczają 6000 mm. Hasło „tropiki” powinno się nam zatem kojarzyć nie tyle z gorącem i wysoką wilgotnością, ile z niespotykaną gdzie indziej na Ziemi

rozmaitością klimatu. Jeśli weźmiemy pod uwagę, że sporą część rejonów tropikalnych zajmują wysokie góry, okaże się, że możemy tu doświadczyć niemal pełnej gamy klimatów naszego globu.

Po co zajmować się ekologią tropików?

Na dobry początek wystarczy zdać sobie sprawę, że pas pomiędzy zwrotnikami obejmuje znaczną część naszego globu: około 40% powierzchni całkowitej i około 36% powierzchni lądów. Może się to wydać



Ryc. 1. „Tropiki” – obszar kuli ziemskiej leżący pomiędzy zwrotnikami, którego dotyczy niniejszy zeszyt *Wszelchświata*.

Zakres wysokości nad poziom morza

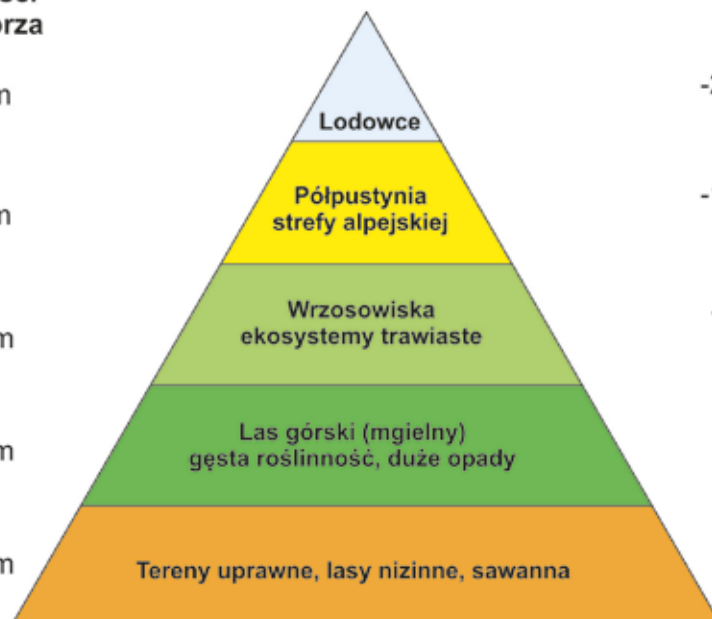
5000 do 5895 m

4000 do 5000 m

2800 do 4000 m

1800 do 2800 m

800 do 1800 m



Zakres temperatur

-25 do -10°C

-10 do 15°C

15 do 20°C

20 do 25°C

25 do 35°C

Ryc. 2. Wspinając się na położony opodal równika wygasły wulkan Kilimandżaro przejdziemy przez praktycznie wszystkie strefy klimatyczne Ziemi i towarzyszące im formacje roślinne, aż po wieczne śniegi i lodowiec na szczycie.



Ryc. 3. Drzewiasta, upalna sawanna u stóp Kilimandżaro. Od wiecznych śniegów i lodowca na szczycie dzieli ją około 40 km. Fot. Ryszard Laskowski.



Ryc. 4. Górski las mgielny na stokach Kilimandżaro – około 2000 m n.p.m., zaledwie 15 km od szczytu, gdzie panują już warunki arktyczne. Fot. Ryszard Laskowski.

na pierwszy rzut oka zaskakujące, bo najczęściej Ziemię przedstawia się w projekcji Mercatora, która nieproporcjonalnie wyolbrzymia powierzchnię położoną daleko od równika (polecam czytelnikowi ciekawe ćwiczenie – porównanie rzeczywistych rozmiarów np. Grenlandii czy Kanady z wielkością państw położonych w okolicach równika – można takie specyficzne mapy znaleźć w Internecie). Jednak argumentowanie konieczności badania tropików samą wielkością powierzchni tego rejonu to jak nic

nie powiedzieć. Poprzedni akapit podpowiada nam argument drugi – w tropikach znajdziemy największą różnorodność klimatów na Ziemi. W okolicach równika występuje klimat szczególny, jakiego nie znajdziemy nigdzie indziej na Ziemi: wilgotne tropiki. Dociera tu w przeliczeniu na jednostkę powierzchni najwięcej promieniowania słonecznego, co oznacza nie tylko wysokie temperatury, ale przede wszystkim dużą ilość energii fotosyntetycznej czynnej. Wysokiej temperaturze towarzyszą największe na Ziemi opady,



Ryc. 5. Wrzosowiska Kilimadżaro – wysokość około 3200 m n.p.m., 9 km od szczytu. Fot. Ryszard Laskowski.



Ryc. 6. Półpustynia strefy alpejskiej na wysokości około 4200 m n.p.m., 4 km od szczytu Kilimandżaro. Fot. Ryszard Laskowski.

co razem daje najkorzystniejsze warunki dla produkcji biomasy przez rośliny. W rezultacie w równikowych nizinnych lasach deszczowych i mokrzach osiągnęte są najwyższe znane na Ziemi wartości produktywności netto, przekraczające nawet 2 kg węgla na m²

rocznie [2]. Równocześnie niemal na równiku położone są należące do najwyższych na świecie szczyty górskie, np. wspomniane wyżej Kilimandżaro (5895 m n.p.m., ok. 3°3'S), Kenia (5199 m n.p.m., 0°07'N), Cotopaxi (5897 m n.p.m., 0°49'S) czy



Ryc. 7. Wieczne śniegi i lodowiec na szczycie Kilimandżaro, na wysokości około 5800 m n.p.m. Fot. Ryszard Laskowski.



Ryc. 8. Opis stref klimatycznych i zespołów roślinnych w Andach autorstwa Aleksandra von Humboldta [4] (na licencji Creative Commons CC0 1.0).

Chimborazo (6263 m n.p.m., 1°28'S), gdzie przez cały rok zalegają wieczne śniegi i lodowce, a produktywność jest bliska zeru. W prostej linii wieczne lodowce dzieli od tropikalnego lasu lub sawanny zaledwie kilkanaście – kilkadziesiąt kilometrów. Ta niebywała różnorodność klimatu wraz z wysoką produktywnością i – na znacznych obszarach – korzystnymi dla życia warunkami podpowiada nam kolejny powód do studiowania biologii tropików: na 36% powierzchni lądów występuje większość żyjących na Ziemi gatunków roślin i zwierząt (a zapewne także mikroorganizmów). Wprawdzie nikt nie wie, ile gatunków naprawdę zamieszkuje naszą planetę (szacunki wahają się w bardzo szerokich granicach, od kilku do kilkadziesiąt milionów; za najlepsze oszacowanie uważa się około 10 milionów), ale wszystkie badania wskazują jednoznacznie, że ogromna ich większość żyje w strefie tropikalnej. Autorzy bodaj najnowszej pracy naukowej na ten temat szacują, że w samych deszczowych lasach równikowych żyje 63% wszystkich gatunków ssaków, 72% gatunków ptaków, 42% gatunków gadów i 76% gatunków płazów [1] – a to tylko wąski pas, rozciągający się mniej więcej między 10° szerokości geograficznej północnej i południowej. Wedle tego samego opracowania, tropikalne ekosystemy trawiaste to z kolei 26% gatunków ssaków, 42% gatunków ptaków, 14% gatunków gadów i 20% gatunków płazów. Liczby te wprawdzie nie sumują się, bo część gatunków występuje w obu biomach, ale

– jak by nie patrzeć – wskazują, że poza strefą tropikalną żyje ledwie kilkanaście procent gatunków lądowych kręgowców. O bezkręgowcach, pomimo ich fundamentalnego znaczenia dla funkcjonowania ekosystemów, wiadomo jeszcze mniej. Współczesne szacunki jako najbardziej prawdopodobną liczbę wskazują około 7 milionów gatunków samych stawonogów, spośród których około 85–88% żyje w tropikach [3]. Co więcej, należałoby tu dodać, że różnorodność gatunkowa tropików jest wciąż bez porównania słabiej poznana, niż innych stref klimatycznych, co sugeruje, że bieżące oszacowania różnorodności biotycznej tropików mogą być znacząco niedoszacowane. Można zatem powiedzieć, że jeśli chcemy chronić różnorodność gatunkową życia na Ziemi, to nasze wysiłki powinniśmy skupić przede wszystkim na strefie tropikalnej. Zapewne nie jest przypadkiem, że historia wielkich odkryć w biologii, w szczególności biologii ewolucyjnej i ekologii, a także nazwiska wielkich przyrodników wiążą się właśnie z badaniami prowadzonymi w strefie tropikalnej: Alexander von Humboldt zasłynął dzięki pracom badawczym prowadzonym w Ameryce Południowej, Karol Darwin i – 100 lat później – David Lack prowadzili swoje obserwacje na Wyspach Galapagos, Alfred Russel Wallace badał przyrodę Archipelagu Malajskiego, zaś na pracach Ernsta Mayra szczególne piętno odcisnęły wyprawy na Nową Gwineę i Wyspy Salomona. Wygląda na to, że warto studiować tropiki...

Bibliografia

1. Pillay R., Venter M., Aragon-Osejo J., González-del-Pliego P., Hansen A. J., Watson J. E. M., Venter O. (2022) Tropical forests are home to over half of the world's vertebrate species. *Frontiers in Ecology and the Environment* 20: 10–15
2. Schuur E. A. G. (2003) Productivity and global climate revisited: the sensitivity of tropical forest growth to precipitation. *Ecology* 84: 1165–1170.
3. Stork N. E. (2018) How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth? *Annual Review of Entomology* 63: 31–45.
4. Von Humboldt, A., Bonpland, A. 1807. *Ideen zu einer geographie der pflanzen nebst einem naturgemälde der tropenländer auf beobachtungen und messungen gegründet, welche vom 10ten grade nördlicher bis zum 10ten grade südlicher breite, in den jahren 1799, 1800, 1801, 1802 und 1803 angestellt worden sind.* Tybinga, F. G. Gotta.

JÓZEF WARSZEWICZ – POLSKI BOTANIK W PANAMIE

Józef Warszewicz – Polish botanist in Panama

Eric Antonio Ureta Sánchez (Panama); tłum. Izabela Stachowicz (Łódź)

Streszczenie

Józef Warszewicz polski botanik, podróżnik i ogrodnik odwiedził liczne lokalizacje w Ameryce Środkowej i Południowej, tworząc tam bogate kolekcje botaniczne. Szczególne wrażenie zrobiła na nim Panama i wyżyna Chiriqui, którą nazwał „Storczykowym Rajem”.

Abstract

Józef Warszewicz, a Polish botanist, traveller and gardener, visited and created botanical collections from numerous locations in Central and South America. He was particularly impressed by Panama and the Chiriqui highlands, which he called the “Orchid Paradise”.

Od momentu zawiązania unii pomiędzy Panamą a Kolumbią (XVIII–XIX w.) rozpowszechniło się prowadzenie badań naukowych dotyczących flory i fauny Przesmyku Panamskiego. Prym wiedli tu znani przyrodnicy, pochodzący między innymi ze Stanów Zjednoczonych, Anglii, Francji czy Niemiec.



Ryc. 1. Popiersie Józefa Ritтера von Rawicz Warszewicza (1812–1866), wyrzeźbione przez Franciszka Wyspiańskiego, wzniesione na jego cześć w Ogrodzie Botanicznym w Krakowie. [https://en.wikipedia.org/wiki/J%C3%B3zef_Warszewicz#/media/File:J%C3%B3zef_Warszewicz_\(Ogrod_Botaniczny_Krakow\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/J%C3%B3zef_Warszewicz#/media/File:J%C3%B3zef_Warszewicz_(Ogrod_Botaniczny_Krakow).jpg)

Jednakże do wyżej wymienionej listy należałoby dodać nazwisko jedyne go biologa pochodzenia polskiego, który badał w tamtym czasie Przesmyk Panamski: dr Józef Ritter von Rawicz Warszewicz.

Józef Warszewicz urodził się w 1812 roku w Wilnie, w polskiej rodzinie wywodzącej się z niższej szlachty i kasty wojskowej. W kwestii wyboru zawodu podaje się, że „Josef otrzymał swoje pierwsze wykształcenie w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu w Wilnie i w Ogrodzie Botanicznym w Berlinie” [4] (Ryc. 1). Ponadto, „podobno studiował botanikę na renomowanym Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie. Po wojnach napoleońskich Kraków został przyłączony do Cesarstwa Austro-Węgierskiego. W tym mieście, kolebce polskiej inteligencji, Warszewicz przejął swój entuzjazm botaniczny od takich mentorów jak Stanisław Bonifacy Jundziłł (1761–1847), Witzill czy Stanisław Batys Górski (1802–1864)” [2].

Warszewicz przyłączył się do Powstania Listopadowego, szybko stłumionego przez Imperium Rosyjskie, po którym osiągnął stopień oficerski i udał się na emigrację do Prus Wschodnich, gdzie w latach 1831–1836 objął kierownictwo Ogrodu Botanicznego w Insterburgu (dziś Czerniachowsk, Obwód Kaliningradzki, Rosja) [2]. W latach 1840–1844 pracował jako asystent ogrodnika w Ogrodach Poczdamu, a następnie w Ogrodzie Botanicznym w Berlinie, gdzie zachowała się część jego herbarium, w którym znajdują się próbki roślin zebranych w Panamie.

W 1845 roku, na prośbę barona Alexandra von Humboldta (1769–1859), odbył swoją pierwszą podróż do Ameryki, aby dołączyć do niewielkiej kolonii belgijskiej w Santo Tomás w Gwatemali, po czym rozpoczął samodzielną pracę jako kolekcjoner i dostawca roślin tropikalnych dla najważniejszych ogrodów botanicznych w Europie. W 1848 r. zbadał dużą część Ameryki Środkowej, w tym regiony Chagres i Chiriqui, a w 1851 r. Przesmyk Panamski, gdzie odkrył wiele nowych gatunków roślin, w tym storczyków, oraz zwierząt – głównie gadów i ptaków. W trakcie wyprawy zdobył wulkan Baru, najwyższy szczyt Ameryki Środkowej o wysokości 3475 m n.p.m.

Dr J. Warszewicz dzięki swoim wyprawom eksploracyjnym w Ameryce Środkowej sprowadził do Europy znaczną kolekcję żywych okazów storczyków tropikalnych, co wielokrotnie było opisywane w jego licznych biografiach: „Miał zasługę wprowadzenia do Europy storczyków panamskich (żywych) i innych roślin o wartości gospodarczej. Jego kolekcja znajduje się w Muzeum Botanicznym w Berlinie” [1]. Warto podkreślić, że dr J. Warszewicz, spośród wszystkich odwiedzonych przez siebie krajów Ameryki Środkowej i Południowej, z których to sprowadzał egzotyczne storczyki, uznał wyżynę Chiriqui za prawdziwy „Storczykowy Raj”. Ze swoich wypraw do Chiriqui Warszewicz wysłał 20 skrzyń do Anglii i 20 skrzyń do Berlina [2].

Podczas swoich podróży po selwach (lasach) Ameryki Środkowej i Południowej dr Warszewicz stale borykał się z różnymi trudnościami, nie tylko ekonomicznymi (pokrycie wysokich kosztów transportu i badań), ale także był narażony na głód, pragnienie, choroby tropikalne (np. żółtą febrę) i inne niebezpieczeństwa, które to zagrożenia udawało mu się pokonywać dzięki mocnej budowie fizycznej.

Pani Margaretta Skinner, żona jednego z jego mecenasów (George’a U. Skinnera), w liście do przyjaciela tak opisuje dr. J. Warszewicza w roku 1850: „W ostatni poniedziałek George przywiózł tu Polaka – wielkiego podróżnika i jednego z pierwszych botaników na świecie. Nazywa się Warszewicz... Mówi mieszkanką języka hiszpańskiego i polskiego i nosi brodę, a właściwie jest cały we włosach od nosa w dół!” [4]. Jeśli chodzi o jego budowę fizyczną, George U. Skinner w 1850 roku napisał do przyjaciela o dr. Warszewiczu następująco: „Jest zbudowany tak silnie jak żelazo, nieustraszony jak lew w obliczu niebezpieczeństwa i entuzjastyczny ponad wszelką miarę” [4].

Dr Warszewicz był prawdopodobnie największym polskim kolekcjonerem roślin XIX wieku i jednym

z czołowych ekspertów swoich czasów dziedzinie amerykańskich storczyków swoich czasów. Uczynił te rośliny znanymi na całym świecie, a wśród wielu odmian storczyków, które odkrył w Panamie, są: *Epidendrum incomptum* Rchb.f. (Warszewicz s.n., Panama), *Epidendrum pseudepidendrum* Rchb.f. (Warszewicz s.n., Panama), *Elleanthus hymenophorus* Rchb.f. (Warszewicz s.n., Panama), *Oerstedella centropetala* Rchb.f. (Warszewicz s.n., Panama), *Oncidium warszewiczii* Rchb.f. (Warszewicz s.n., Kostaryka i Panama), *Prosthechea brassavolae* (Rchb.f.) W.Higgins (Warszewicz W-Rchb. 64, Panama) i *Sobralia warszewiczii* Rchb.f. (Warszewicz s.n., Kostaryka i Panama) czy *Cycnoches warszewiczii* (Warszewicz s.n., Panama) (Ryc. 2) [4].



Ryc. 2. Ten piękny storczyk, epifit o pachnących kwiatach, kwitnący tylko raz w roku, między sierpniem a wrześniem, został odkryty przez dr. Warszewicza w lasach wyżyny w Chiriqui w 1852 roku i nazywa się *Cycnoches warszewiczii* (od łacińskiego *Cycnus* ze względu na formę kwiatu przypominającą łabędzia). Fot. Eric Antonio Ureta.

Po wyprawach do Ameryki i powrocie do Europy dr J. Warszewicz otrzymał propozycję objęcia stanowiska inspektora w głównych ogrodach botanicznych Prus i Anglii, ale ostatecznie postanowił wrócić do ojczyzny, aby się jej przysłużyć i osiadł na stałe w Polsce. Od listopada 1854 r. objął stanowisko inspektora (głównego ogrodnika) Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, które piastował aż do śmierci.

„Za życia w Krakowie Warszewicz był powszechnie poważany, a po jego śmierci postawiono mu pomnik (Popiersie w Ogrodzie Botanicznym w 1899 r.), a jedna z ulic w Krakowie nosi jego imię (w X dzielnicy, Swoszowice)” [4]. W 1966 r. odbyły się uroczystości upamiętniające pierwszą setną rocznicę jego śmierci, a różne stowarzyszenia uczciły go przyjmując jego imię, m.in. Stowarzyszenie Ogrodników Polskich, Polskie Stowarzyszenie Hodowców Storczyków, Liceum Ogrodnicze w Pruszkowie, a w 2012 r. wydano

dwa znaczki z jego wizerunkiem z okazji 200. rocznicy urodzin.

Dr Warszewicz zmarł 29 grudnia 1866 roku w wieku 54 lat, a jego szczątki spoczywają na Cmentarzu Rakowickim w Krakowie. Jego grób wyróżnia się od pozostałych, gdyż został wzniesiony w formie neogotyckiej kolumny zwieńczonej krzyżem, na której znajduje się tablica z następującym napisem:

„Świętej pamięci
Józef
Rawicz
Warszewicz
Inspektor Ogrodu Botanicznego w Krakowie.
Urodził się w 1812 r. w Wilnie.
Żołnierz w 1831 roku.
Potem podróżnik w Ameryce.
Wreszcie, lat 13
Pracując na ziemi ojczystej
Żywot swój nie małej sławy
I pełen zasługi
Około nauki zakończył
W dniu 29 grudnia 1866.”[3]



Ryc. 3. Nagrobek Józefa Warszewicza na Cmentarzu Rakowickim w Krakowie, wzniesiony przez Walerego Gadomskiego. https://pl.wikipedia.org/wiki/J%C3%B3zef_Warszewicz#/media/Plik:Nagrobek_J%C3%B3zefa_Warszewicza.jpg

Bibliografia:

1. Escobar, Novencido. (1987). *El Desarrollo de las Ciencias Naturales y la Medicina en Panamá*. Tom 13, Wydawnictwo Uniwersyteckie, Panama.
2. Heckadon-Moreno, Stanley. (1998). *Naturistas del Istmo de Panamá*. Instytut Badań Tropikalnych im. Smithsonianiana (STRI). Wyd. LIL, S.A. Kostaryka.
3. Köhler, Piotr. (2014). *The Life of Józef Warszewicz (1812–1866): the Kraków Period*. *Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum* Vol. 2, Nr.1. Polska.
4. Ossenabch Sauter, Carlos. (2010). *Josef Ritter von Rawiez Warszewicz 1812–1866*. *Bicenosia*, Volumen 23 (1). Kostaryka.

Eric Antonio Ureta Sánchez, Pierwszy Sekretarz w Ambasadzie Panamy w Kostaryce.

Tłumaczenie: dr Izabela Stachowicz, Katedra Geobotaniki i Ekologii Roślin, Uniwersytet Łódzki, Łódź, Polska; Laboratorio de Biología de Organismos, Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones, Científicas, Caracas, Venezuela. E-mail: izabela.stachowicz@biol.uni.lodz.pl

ORCHIDEE – PERŁY TROPIKÓW

Orchids – pearls of the tropics

Marta Kolanowska (Łódź)

Streszczenie

Storczykowate to jedna z największych rodzin roślin kwiatowych, licząca 24 do 35 tysięcy gatunków. Grupa ta jest niezwykle zróżnicowana, zarówno pod względem morfologicznym, jak i przystosowań do zajmowanych siedlisk. Największa różnorodność orchidei obserwowana jest w regionach tropikalnych i subtropikalnych, chociaż przedstawiciele rodziny występują niemal na całym świecie, z wyłączeniem obszarów polarnych i pustynnych. W niniejszej pracy podsumowano najważniejsze informacje o storczykach i ich przystosowaniach do życia w obszarach okołorównikowych, a także przedstawiono współczesne kierunki badań nad tą grupą roślin.

Abstract

With 24 000–35 000 species Orchidaceae is one of the largest families of flowering plants. This group is extremely diverse, both in terms of morphology and adaptation to the occupied habitats. The greatest diversity of orchids is observed in tropical and subtropical regions, although representatives of the family are found almost all over the world, with the exception of the polar and desert regions. This paper summarizes the most important information about orchids and their adaptation to life in the equatorial areas; furthermore it is complemented with the information about current research trends on these plants.

Czym są i gdzie rosną orchidee?

Storczykowate (Orchidaceae) to jedna z najliczniejszych rodzin roślin kwiatowych. W zależności od ujęcia taksonomicznego do grupy tej zaliczanych jest od 24 000 do 35 000 gatunków [3, 13]. Największa różnorodność orchidei obserwowana jest w regionach tropikalnych i subtropikalnych, chociaż przedstawiciele rodziny występują niemal na całym świecie, z wyłączeniem obszarów polarnych i pustynnych. Storczyki można spotkać przede wszystkim w górskich lasach tropikalnych, chociaż nie brakuje ich również w suchych i sezonowo suchych terenach leśnych. Spora liczba gatunków związana jest z wysokogórkimi formacjami roślinnymi oraz z sawannami i łąkami w klimacie umiarkowanym [11]. Co ciekawe, niektóre orchidee z powodzeniem rosną w siedliskach antropogenicznych, takich jak rowy, pobocza dróg, nasypy kolejowe, wyrobiska i tereny pogórnice [15, 25].

Różnorodność morfologiczna orchidei jest olbrzymia, szczególnie w obrębie kwiatów. Są one najczęściej obupłciowe, zwykle grzbieciste, ale znane są także gatunki o kwiatach symetrycznych. Charakterystycznym elementem występującym u zdecydowanej większości storczyków jest warżka, czyli jeden z listków wewnętrznego okółka okwiatu, zwykle odróżniający się od pozostałych listków kształtem i barwą. Warżka może być płaska, zwinięta lub wydęta na kształt trzewika. Na powierzchni warżki często występują różnego rodzaju wyrostki i włoski. Główną funkcją warżki jest przywabianie zwierząt zapylających kwiaty, a jej wygląd jest istotną cechą taksonomiczną, pozwalającą na odróżnianie spokrewnionych gatunków. Kolejną cechą charakterystyczną dla storczyków jest zrośnięcie pręcików ze słupkiem. U zdecydowanej większości storczyków w obrębie prętosłupa odnajdujemy zaledwie jeden płodny pręcik, jednak u najbardziej prymitywnych gatunków z południowo-wschodniej Azji płodne pozostają 3 pręciki [11].

Storczyki mogą żyć zakorzenione w glebie, ale znacznie częściej są w tej grupie epifity i litofity, rosnące odpowiednio na innych roślinach lub skałach. Warto również wspomnieć o pnączach wanilii (*Vanilla*), które mogą osiągać nawet 20 metrów długości. Zdecydowana większość orchidei to rośliny samożywne, jednak zdarzają się również gatunki holomykoheterotroficzne, których przetrwanie zależy od symbiotycznych grzybów. Takie storczy-

Karły i olbrzymy

Obecnie za najmniejszą orchidę uznawany jest gwatemalski *Lepanthes oscarrodrigo* [1]. Liść tego gatunku ma zaledwie 5 mm długości, a cały kwiat – 1,4 mm długości! Wcześniej za najmniejszą orchidę uznawano *Platystele jungermannioides*, z kwiatami o średnicy ok. 2,5 mm. Tę roślinę można spotkać w Meksyku, Gwatemali, Kostaryce i Panamie. Po drugiej



Ryc. 1. Epifityczny *Psygmorchis pusilla*. Fot. Marta Kolanowska.

ki spotykane są w 33 rodzajach Orchidaceae, a ich największa liczba była dotąd odnotowana w Azji i na wyspach pacyficznych [4]. Nie sposób pominąć w kontekście zróżnicowania form życiowych orchidei australijskiego rodzaju *Rhizantella*, którego przedstawiciele rosną pod ziemią, a kwitną tuż pod powierzchnią gleby [32].

stronie skali można umieścić *Grammatophyllum speciosum*. Ta roślina jest uznawana za największą orchidę i osiąga ponad 7,5 m wysokości. Można ją spotkać m.in. w Tajlandii, Laosie, Wietnamie, Malezji, Borneo, Filipinach, Sumatrze i Papui Nowej Gwinei. Kwiatostan *G. speciosum* może osiągnąć 3 m wysokości i składać się z 80 kwiatów o średnicy ok. 10 cm. Niewątpliwie największe, a w zasadzie

najdłuższe kwiaty posiadają storczyki z rodzaju *Phragmipedium* [12]. Ich boczne listki wewnętrzne okółka okwiatu osiągają ponad 60 cm długości.

Życie w koronach drzew

Gatunki rosnące w tropikach, w odróżnieniu od tych spotykanych w pozostałych strefach klimatycznych, są w znakomitej większości epifitami (Ryc. 1).

nego gatunku gospodarza, co ma związek przede wszystkim z pH kory – niewłaściwy odczyn może hamować rozwój nasion i blokować rozwój młodych roślin. Korzenie storczyków epifitycznych są pokryte welamenem, czyli warstwą komórek pochłaniającą wodę. Część korzeni pełni funkcję mocującą orchidę na gałęzi lub pniu, podczas gdy inne służą wyłącznie do pobierania wody i minerałów. Zadaniem korzeni oddalonych od kory (zwisających lub skiero-



Ryc. 2. Kilkumetrowy kwiatostan *Cyrtorchilum macranthum*, rosnącego w ekwadorskim lesie. Fot. Marta Kolanowska.

W zależności od preferencji dotyczących dostępu do światła oraz substratu, storczyki rosną na pniach, konarach i mniejszych gałęziach drzew (Ryc. 2). Rośliny, które nie muszą być trwale zakorzenione na gospodarzu, zwykle zasiedlają drobne gałązki, podczas gdy inne, potrzebujące stabilniejszego podłoża, wykorzystują humus lub gniazda mrówek. Wiele gatunków orchidei wykazuje preferencje do specyficz-

wanych ku górze) jest pobieranie wody z powietrza, opadów oraz kropeł skapujących z wyżej położonych gałęzi. U niektórych gatunków storczyków korzenie ciasno oplatają gałęzie i pnie gospodarza w celu pobrania wody zgromadzonej na korze. Nie wszystkie orchidee wytwarzają liście, jednak u części z nich chlorofil umożliwiający fotosyntezę znajduje się w korzeniach, zapewniając produkcję związków

organicznych. Wiele storczyków epifitycznych wytwarza zielone pseudobulwy, które służą przede wszystkim do gromadzenia wody [38].

Do rozwoju, a często również do długotrwałego przetrwania orchidei, niezbędna jest specyficzna interakcja z grzybami – mikoryza. Jednym z efektów tej symbiozy jest wspólny organ utworzony z żywych korzeni rośliny skolonizowanych przez mikroskopijne strzępki grzyba. Ponieważ nasiona storczyków pozbawione są substancji odżywczych, ich kiełkowanie jest zupełnie zależne od mikoryzy i pobierania związków organicznych od grzybów, które wnikają do zarodka przez strzępkowe zwoje (pelotony) [8]. Większość orchidei kontynuuje symbiozę również jako rośliny dorosłe. Przeważająca część storczyków jest samożywna, ale korzysta z wody i soli mineralnych od partnerów grzybowych. Istnieje jednak spora grupa orchidei (epifitycznych i naziemnych), które wcale nie prowadzą fotosyntezy, a wszystkie niezbędne substancje odżywcze czerpią od grzybów mikoryzowych.

Do innych adaptacji storczyków epifitycznych należą liście. U wielu gatunków żyjących na drzewach liście są grube, woskowate lub skórzaste. Niektóre są smukłe i zwijają się, zmniejszając powierzchnię, a tym samym ograniczając utratę wody. Inne storczyki wyglądają prawie jak sukulenty, mają „spuchnięte” liście i pseudobulwy, które przechowują wodę w okresach jej niedoboru. Ekstremalnym zjawiskiem jest zupełny brak liści i przejście funkcji fotosyntezy przez korzenie (lub pobieranie substancji odżywczych od grzybów) [38].

Nasiona storczyków są roznoszone przez wiatr. Orchidee produkują ogromne ilości mikroskopijnych nasion (najmniejsze mają 0,05 mm długości). W jednej torebce nasiennej amerykańskiego *Cynoches* znajduje się nawet 4 mln nasion! [2] Minimalizacja rozmiaru i masy nasion, związana z wydajnym przenoszeniem przez wiatr, wymagała redukcji wielkości zarodka oraz ilości substancji odżywczych zawartych w nasionach – stąd do kiełkowania niezbędna jest wyżej opisana symbioza z grzybami.

Zapylenie

Orchidee są wysoce wyspecjalizowane w kontekście zapyłaczy. Oczywiście istnieją gatunki samopylne (autogamiczne), których kwiaty zapylane są własnymi pyłkowinami, jednak zdecydowana większość storczyków do sukcesu reprodukcyjnego wykorzystuje wektory pyłkowin (Ryc. 3). Do najważniejszych zwierząt zapyłających orchidee należą owady, a rośliny wykształciły całą gamę

przystosowań mających je zwabić. Kwiaty wielu storczyków swoim wyglądem sugerują owadom, że warto je odwiedzić ze względu na produkcję nektaru – np. poprzez posiadanie na płatkach charakterystycznych rysunków (tzw. szlaków nektarowych) czy wytwarzanie ostrogi. Jednak nie bez powodu storczyki zwane są największymi oszustami świata roślin. Niektóre orchidee, np. z rodzaju *Dracula*, wytwarzają kwiaty o wyglądzie i zapachu przypominającym gnijące mięso bądź grzyby – te są uwielbiane przez muchówki, które próbując żerować lub składać jaja w takich kwiatkach, zabierając ze sobą pyłkowiny. Najciekawszą grupę stanowią zwodnicze orchidee, których pyłkowiny dostają się na ciało owadów na drodze pseudokopulacji, czyli oszustwa seksualnego. Już na pierwszy rzut oka kwiaty niektórych orchidei przypominają osobniki trzmieli czy pszczoł. Ale sekretem zwabienia owada, który będzie zainteresowany kopulacją z „fałszywą samicą”, są przede wszystkim produkowane przez orchidee substancje przypominające feromony. Storczyki zapylane na drodze pseudokopulacji wyewoluowały niezależnie w Europie, Australii, Azji, Afryce i Ameryce. W Australii ponad 10 rodzajów Orchidaceae wykorzystuje oszustwo seksualne [27], natomiast z Ameryki Południowej i Centralnej znanych jest pięć takich rodzajów [28, 29]. W Afryce zaledwie dwa gatunki *Disa* są zapylane na drodze pseudokopulacji [31]. W Azji zjawisko to obserwowano wyłącznie u *Cymbidium pumilum* [26]. Jedynym Europejskim taksonem zapyłanym na drodze pseudokopulacji jest *Ophrys* (dwulistnik), który w zależności od koncepcji taksonomicznej obejmuje od 30 do 250 gatunków [9, 10].

Połowania na storczyki

Obecnie każdy może uprawiać tropikalne storczyki w swoim domu. Rośliny te są dostępne nie tylko w wyspecjalizowanych sklepach ogrodniczych, ale i w supermarketach. Ich rozmnażaniem często zajmują się wielkopowierzchniowe laboratoria, które „produkują” storczyki metodami *in vitro*, co ogranicza konieczność pozyskiwania okazów z ich naturalnych siedlisk. Jednak nie zawsze tak było. Europejczycy zachwycili się egzotycznymi orchideami w czasach wielkich wypraw, które odbywały się w epoce wiktoriańskiej. Ten okres prawdziwego storczykowego szaleństwa nazywany jest w anglojęzycznej literaturze „orchidelirium”. Wydaje się, że początkiem obsesji było przywiezienie przez Williama Swainsona okazu *Cattleya labiata* z Brazylii. Duże zapotrzebowanie na orchidee, za które płacono tysiące dolarów, skutkowało powstaniem kilku

konkurujących firm zatrudniających „łowców storczyków” (*orchid hunters*), specjalizujących się w przemierzaniu tropikalnej Ameryki w poszukiwaniu najbardziej okazałych kwiatów [5]. Poszukiwacze orchidei nierzadko niszczyli zbiory konkurentów, a brak wiedzy o wymaganiach tych roślin sprawiał, że zale-

do przemieszczania się w gęstych lasach równikowych. Tempo odkrywania nieznanymi gatunków Orchidaceae jest imponujące – tylko w 2021 roku opisano niemal 150 nieznanymi wcześniej gatunków orchidei, głównie z Ameryki Południowej [20], południowo-wschodniej Azji [7] oraz Madagaskaru [17].



Ryc. 3. Motyl z rodzaju *Anthoptus* zapylający *Habenaria monorrhiza*. Fot. Marta Kolanowska.

dwie połowa zdobytych okazów docierała do Europy żywa [5]. Trudno określić, ile populacji rzadkich orchidei zostało nieodwracalnie zniszczonych. Obecnie pozyskiwanie storczyków z naturalnych siedlisk podlega licznym ograniczeniom, a ich transport międzynarodowy jest regulowany przez tzw. Konwencję Waszyngtońską.

Współczesne kierunki badań

Pomimo wielu lat badań nad Orchidaceae, liczba gatunków tych roślin pozostaje nieznana. Ponieważ największe zróżnicowanie storczyków obserwowane jest we wciąż słabo poznanych regionach tropikalnych, nadal dziesiątki przyrodników i naukowców eksplorują trudno dostępne tereny w poszukiwaniu jeszcze nieodkrytych roślin (Ryc. 4). Od czasów „*orchidelirium*” niewiele zmieniło się w kontekście „techniki” poszukiwania orchidei – wciąż kalosze i ostra maczeta to podstawowe narzędzia niezbędne

Obecnie kilka zespołów badawczych z różnych części świata próbuje stworzyć wiarygodne drzewa rodowe rozlicznych grup storczyków. Koncepcje taksonomiczne bazujące na danych morfologicznych są konfrontowane z wynikami analiz molekularnych. Wciąż poszukiwane są odpowiednie markery molekularne, które pozwolą zrekonstruować historię rozwoju tych roślin [18, 21, 22, 36]. Najnowsze wyniki prac wskazują, że orchidee wyewoluowały około 99 milionów lat temu [19]. Wiek najstarszej podrodziny storczykowatych – Apostasioideae – szacowany jest na 79 milionów lat, natomiast najmłodszej – Epidendroideae – na 59 milionów lat.

Kolejnym kierunkiem badań nad orchideami są ich związki z grzybami – zarówno mikoryzowymi, jak i występującymi w liściach czy łodygach. [14, 33]. Naukowcy analizują skład gatunkowy i zmienność symbiotycznej mykobioty, zarówno w celu optymalizacji rozmnażania storczyków i efektywniejszego kiełkowania nasion [6, 16], jak i określenia wpływu



Ryc. 4. Las tropikalny, dolina Sibundoy (Kolumbia). Fot. Marta Kolanowska.

endofitów na przetrwanie populacji orchidei [23, 24] oraz ich roli w produkcji metabolitów wtórnych przez rośliny.

Coraz szerzej prowadzone są również prace mające na celu ewaluację możliwości wykorzystania storczyków jako źródła substancji przeciwnowotworowych, antibakteryjnych czy antywirusowych [30]. Orchidee nadal są wykorzystywane w medycynie ludowej, zarówno w Ameryce Południowej, jak i w Azji i Afryce. Dotychczas przebadano niewielką część znanych gatunków tych roślin, jednak wstępne badania wykazały istnienie wielu potencjalnie przydatnych metabolitów, takich jak dendrobina ($C_{16}H_{25}NO_2$) [37], cypripedina ($C_{16}H_{12}O_5$) [34] czy bletilol ($C_{27}H_{26}O_7$) [35].

Chociaż storczyki były i są obiektem badań wielu naukowców z różnych regionów świata, nadal liczne aspekty życia tych roślin pozostają zagadką. Wciąż nie poznano zapyłaczy większości tropikalnych orchidei ani związków epifitycznych Orchidaceae z forofitami, na których rosną. Z całą pewnością storczyki stanowią ciekawy obiekt badań dla kolejnych pokoleń przyrodników i naukowców, którzy będą kontynuować prace mające na celu pełne poznanie tych fascynujących roślin.

Bibliografia:

1. Archila Morales F., Chiron G. R. (2018) The smallest orchid in the world is now a *Lepanthes*. *Richardiana*, 2: 175–184.
2. Arditti J., Ghani A. K. A. (2000) Tansley Review No. 110. Numerical and physical properties of orchid seeds and their biological implications. *New Phytologist*, 145: 367–421.
3. Atwood J. T. (1986) The size of the Orchidaceae and the systematic distribution of epiphytic orchids. *Selbyana*, 9: 171–186.
4. Campbell F. (2014) A summary of holomycotrophic orchids. *MIOS Journal*, 15: 6–17.
5. Chase M. W., Christenhusz M. J. M., Miranda T. (2017) *Orchidelirium*. W: *The Book of Orchids: A Life-Size Guide to Six Hundred Species from around the World*. M. W. Chase, M. J. M. Christenhusz, T. Miranda (red). University of Chicago Press, Chicago, s. 26–29.
6. Chutima R., Dell B., Lumyong S. (2011) Effects of mycorrhizal fungi on symbiotic seed germination of *Pecteilis susannae* (L.) Rafin (Orchidaceae), a terrestrial orchid in Thailand. *Symbiosis*, 53: 149–156.
7. Dang M., Averyanov L., Dang V. i wsp. (2021) A new miniature species, *Bulbophyllum nghiasonii*, sect. *Brachyantha* (Orchidaceae) from northern Vietnam. *Phytotaxa*, 505: 235–239.
8. Dearnaley J., Perotto S., Selosse M.-A. (2016) Structure and development of orchid mycorrhizas. W: *Molecular Mycorrhizal Symbiosis*. F. Martin (red). John Wiley & Sons, Hoboken, s. 63–86.
9. Delforge P. (2016) *Orchidées d'Europe, d'Afrique du Nord et du Proche Orient*. Lausanne, Delachaux et Niestlé.
10. Devey D. S., Bateman R. M., Fay M. F., Hawkins J. A. (2008) Friends or relatives? Phylogenetics and species delimitation in the controversial European orchid genus *Ophrys*. *Annals of Botany*, 101: 385–402.
11. Dressler R. (1981) *The orchids: natural history and classification*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.
12. Dressler R. L., Pupulin F. (2011) *Phragmipedium* Section *Phragmipedium*. *Lindleyana*, 80: 626–631.
13. Dressler, R. L. (2005) How Many Orchid Species? *Selbyana*, 26: 155–158.
14. Favre-Godal Q., Gourguillon L., Lordel-Madeleine S., Gindro K., Choisy P. (2020) Orchids and their mycorrhizal fungi: an insufficiently explored relationship. *Mycorrhiza*, 30: 5–22.

15. Fekete R., Bodis J., Fulop B. i wsp. (2020) Roadsides provide refuge for orchids: characteristic of the surrounding landscape. *Ecology and Evolution*, 10: 13236–13247.
16. Figura T., Tylová E., Jersáková J., Vohník M., Ponert J. (2021) Fungal symbionts may modulate nitrate inhibitory effect on orchid seed germination. *Mycorrhiza*, 31: 231–241.
17. Hermans J., Gamisch A., Rajaovelona L. i wsp. (2021) New species and nomenclatural changes in *Bulbophyllum* (Orchidaceae) from Madagascar. *Kew Bulletin*, 76: 1–38.
18. Jin W. T., Schuiteman A., Chase M. W. i wsp. (2017) Phylogenetics of subtribe Orchidinae s.l. (Orchidaceae, Orchidoideae) based on seven markers (plastid *matK*, *psaB*, *rbcL*, *trnL-F*, *trnH-psba*, and nuclear *nrITS*, *Xdh*): implications for generic delimitation. *BMC Plant Biology*, 17: 222.
19. Kim Y. K., Jo S., Cheon S. H. i wsp. (2020) Plastome Evolution and Phylogeny of Orchidaceae, with 24 New Sequences. *Frontiers in Plant Science*, 11: 22.
20. Kolanowska M., Baranow P., Nowak S., Fuentes A. (2021) Materials to the revision of the genus *Cranichis* (Orchidaceae) in Bolivia. *PhytoKeys*, 186: 11–41.
21. Li Y. X., Li Z. H., Schuiteman A. i wsp. (2019) Phylogenomics of Orchidaceae based on plastid and mitochondrial genomes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 139: 106540.
22. Micheneau C., Carlswald B. S., Fay M. F. i wsp. (2008) Phylogenetics and biogeography of Mascarene angraecoid orchids (Vandae, Orchidaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 46: 908–22.
23. Phillips R., Barrett M., Dixon K., Hopper, S. (2011) Do mycorrhizal symbioses cause rarity in orchids? *Journal of Ecology*, 99: 858–869.
24. Reiter N., Lawrie A. C., Linde C. C. (2018) Matching symbiotic associations of an endangered orchid to habitat to improve conservation outcomes. *Annals of Botany*, 122: 947–959.
25. Rewicz A., Zielinska K., Kiedrzyński M., Kucharski L. (2015) Orchidaceae in the anthropogenic landscape of central Poland: diversity, extinction and conservation perspectives. *Archives of Biological Sciences*, 67: 119–130.
26. Sasaki M., Ono M., Asada S., Yoshida T. (1991) Oriental orchid (*Cymbidium pumilum*) attracts drones of the Japanese honeybee (*Apis cerana japonica*) as pollinators. *Experientia*, 47: 1229–1231.
27. Schiestl F. P. (2004) Floral evolution and pollinator mate choice in a sexually deceptive orchid. *Journal of Evolutionary Biology*, 17: 67–75.
28. Singer R. B. (2002) The pollination mechanism in *Trigonidium obtusum* Lindl. (Orchidaceae: Maxillariinae): sexual mimicry and trap-flowers. *Annals of Botany*, 89: 157–163.
29. Singer R. B., Flach A., Koehler S., Marsaioli A. J., Amaral M. o. C. (2004) Sexual mimicry in *Mormolyca ringens* (Lindl.) Schltr. (Orchidaceae: Maxillariinae). *Annals of Botany* 93: 755–62.
30. Śliwiński T., Kowalczyk T., Sitarek P., Kolanowska M. (2022) Orchidaceae-Derived Anticancer Agents: A Review. *Cancers*, 14: 754.
31. Steiner K. E., Whitehead V. B., Johnson S. D. (1994) Floral and Pollinator Divergence in Two Sexually Deceptive South African Orchids. *American Journal of Botany*, 81: 185–194.
32. Thorogood C. J., Bougoure J. J., Hiscock S. J. (2019) *Rhizanthella*: Orchids unseen. *Plants, People, Planet*, 1: 153–156.
33. Tsavkelova E., Aleksandrova A., Cherdyntseva T., Kolomeitseva G., Netrusov A. (2005) Fungi associated with the Vietnamese tropical orchids. *Mikologiya i Fitopatologiya*, 39: 46–52.
34. Wattanathamsan O., Treesuwan S., Sritularak B., Pongrakhananon V. (2018) Cypripedin, a phenanthrenequinone from *Dendrobium densiflorum*, sensitizes non-small cell lung cancer H460 cells to cisplatin-mediated apoptosis. *Journal of Natural Medicines*, 72: 503–513.
35. Woo K. W., Park J. E., Choi S. U. i wsp. (2014) Phytochemical Constituents of *Bletilla striata* and Their Cytotoxic Activity. *Natural Product Sciences*, 20: 91–94.
36. Xiang X. G., Jin W. T., Li D. Z. i wsp. (2014) Phylogenetics of tribe Collabieae (Orchidaceae, Epidendroideae) based on four chloroplast genes with morphological appraisal. *PLoS One*, 9: e87625.
37. Zhang M. S., Linghu L., Wang G. i wsp. (2021) Dendrobine-type alkaloids from *Dendrobium nobile*. *Natural product research* 1–7.
38. Zhang S., Yang Y., Li J. i wsp. (2018) Physiological diversity of orchids. *Plant Diversity*, 40: 196–208.

PROFESJONALNE PODGLĄDANIE. HISTORIA FOTOPUŁAPEK

Professional peeping. History of camera traps

Izabela Stachowicz (Łódź)

Streszczenie

Eksplozja badań z użyciem fotopułapek, którą możemy zaobserwować w ostatnim czasie, stanowi zarazem wielki eksperyment, jak i wyzwanie w nowoczesnej metodologii badań dzikiej przyrody. Metoda fotopułapkowa z powodzeniem uzupełnia, a czasami nawet zastępuje różne inne metody badawcze, takie jak obserwacje bezpośrednie, identyfikacje śladów i odchodów, identyfikacje wokalne, zastawianie fizycznych pułapek na zwierzęta i wywiady ze społecznościami lokalnymi. Celem niniejszego przeglądu jest ocena różnorodnych zastosowań tej metody i przegląd wyników badań z wykorzystaniem fotopułapek w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat w skali globalnej, ze szczególnym uwzględnieniem strefy tropikalnej i działań w zakresie ochrony przyrody. Przegląd ten dokumentuje również zalety i wady stosowania fotopułapek na przestrzeni czasu oraz pewne spostrzeżenia dotyczące przyszłości badań z użyciem tej metody.

Abstract

The recent explosion of wildlife camera trap research is at the same time a great experiment and a challenge in modern wildlife research methodology. The camera trap method successfully complements, and sometimes replaces, various other research methods, such as direct observation, track and faecal identification, vocal identification, setting physical traps and interviews with local communities. The purpose of this review is to evaluate the various applications and results of research using camera traps over the past several decades on a global scale, focusing on the tropical zone and wildlife protection and conservation. The review also documents the advantages and disadvantages of using camera traps over time and provides some insights into the future of research using this method.

Nie wszystkie pułapki są niebezpieczne. Choć na pierwszy rzut oka wydaje się, że ktoś lub coś ucierpi, w przypadku fotopułapek biolodzy, ekolodzy czy przyrodniczy amatorzy tylko podglądają. Efektem tego nieinwazyjnego „podglądactwa” jest uzyskanie unikalnych i cennych informacji przyrodniczych, podczas gdy zwierzęta praktycznie nie zauważają obecności samych urządzeń.

„Żyj i pozwól żyć innym” było mottem rezerwatu Barro Colorado, sztucznie utworzonej wyspy w Panamie w 1913 roku, gdzie 14 lat później, tj. w 1927 roku, Frank M. Chapman [4] po raz pierwszy, w kontekście czysto naukowym, udokumentował fotograficznie obecność dziko żyjących zwierząt. Naukowa potrzeba

„spisu życia, a nie spisu zmarłych” i proste pytanie „jak możemy to zrobić?” stoi u podstawy historii fotopułapek.

Jak funkcjonują? Na jakie pytania możemy odpowiedzieć z ich użyciem? To zagadnienia, jakie poruszamy w tym artykule (Ryc. 1).

Od początku

W 1863 r. w Afryce Południowej profesor G. Fritsch, niemiecki odkrywca, jako pierwszy próbował sfotografować dzikie zwierzęta w ich naturalnym środowisku, wykorzystując do tego ciężki i nieporęczny sprzęt z licznymi obiektami. Następnie, w latach

90. XIX wieku, George Shiras opracował metodę opartą na systemie połączonych lamp błyskowych i mechanicznego wyzwalacza, po którego naciśnięciu zwierzęta same wykonywały sobie zdjęcia. Stworzone w ten sposób fotografie zdobyły złoty medal na Światowych Targach w Paryżu w 1900 r. W latach 1903–1904 w Afryce Wschodniej Równikowej Schillings [62] wykonał spektakularne zdjęcia wielu gatunków dzikich zwierząt, w tym lwów afrykańskich (*Panthera leo*), lampartów (*Panthera pardus*), hien cętkowanych (*Crocuta crocuta*) i szakali (*Canis sp.*).



Ryc. 1. Przygotowania do wyjścia w teren, aby rozmieścić fotopułapki. Gran Sabana, Wenezuela. Fot. Izabela Stachowicz.

Kilkadziesiąt lat później, kiedy cyfrowe i bezgłośne aparaty już nie oślepiają i nie ogłuszają zwierząt podmuchem sproszkowanego magnezu, stają się potężnym i wielofunkcyjnym narzędziem badawczym w metodologicznym arsenale ekologów.

Pierwsze śledztwa

W latach 60. XX w. fotografia zdalna była używana przede wszystkim do badania drapieżnictwa w gniazdach, ekologii żerowania i zachowania lęgowego ptaków. Dodatkowe zastosowania obejmowały określanie wzorców aktywności dobowej i sezonowej, monitorowanie obecności oraz szacowanie podstawowych parametrów populacyjnych [5]. Fotografowanie zdalne zdefiniowano jako fotografię lub filmowanie dzikich zwierząt pod nieobecność badacza, w tym fotografię poklatkową (serie setek lub nawet tysięcy zdjęć, które są powtarzane w sekwencji) lub wyzwalaną przez zwierzę, zarówno światłem, jak i w sposób mechaniczny (po nastąpieniu na czujnik). Nowoczesne fotopułapki, z których obecnie korzystamy, pojawiły się na rynku pod koniec lat 80. XX w., kiedy Savidge i Seibert [31] zaproponowali mechanizm nadajnika podczerwieni, który może uruchomić

automatyczny system kamer, gdy tylko wiązka światła zostanie przerwana przez przemieszczające się zwierzę. W 1993 r. na Sumatrze fotopułapki zostały wykorzystane do oceny zmian wzorców aktywności różnych większych ssaków i unikania przez nie obszarów intensywnie wykorzystywanych przez ludzi, a w 1994 r. w Montanie (USA) opracowano zdalny system fotograficzny do wykorzystania w systematycznych badaniach niedźwiedzi grizzly (*Ursus arctos horribilis*).

Epoka wielkich kotów

Początkowy okres badań z użyciem fotopułapek wykazał wiele korzyści płynących z tej techniki, w tym możliwość zarejestrowania trudnych do obserwacji lub nieuchwytnych zwierząt żyjących w niedostępnych siedliskach, takich jak gęste lasy tropikalne (Ryc. 2, 3). Zastosowanie fotopułapek było rewolucyjne w badaniu obecności i zachowania drapieżników ze względu na ich samotny i nocny tryb życia, który utrudnia bezpośrednią obserwację. W latach 90. XX w. Karanth [16] zainicjował serię badań z wyko-



Ryc. 2. Jaguar (*Panthera onca*) na obszarze rezerwatu Imataca, Wenezuela. Fot. Fotopułapka wg projektu Izabeli Stachowicz.

rzysaniem fotopułapek w celu obserwacji i ochrony dużych ssaków. Jego grupa badawcza skupiła się na tygrysach (*Panthera tigris*), a początkowym celem było oszacowanie zasięgu i wielkości ich populacji w Indiach. Wielkie koty są uważane za tzw. „gatunki parasolowe” w odpowiadającym im regionie geograficznym, dlatego oczekuje się, że wysiłki na rzecz ich ochrony będą miały pozytywny wpływ na poziomie całego ekosystemu, a w szczególności na ściśle powiązane z nimi zespoły innych gatunków zwierząt. Tak więc ponad jedna trzecia badań z wykorzystaniem fotopułapek od późnych lat dziewięćdziesiątych do wczesnych dwutysięcznych była poświęcona dużym kotom. „Epoka wielkich kotów” była szczególnie

zauważalna w Azji, gdzie wspomniany już Karanth zainicjował szacowanie liczebności populacji tygrysów (*Panthera tigris*) i innych dużych kotów stosując nowatorską metodę statystyczną opartą na indywidualnej identyfikacji osobników wielokrotnie rejestrowanych przez fotopułapki. Układ prążków na ciele tygrysa tworzy unikatowy wzór, który pozwala na identyfikację osobnika. To także sposób identyfikacji innych dużych kotów, jak jaguary, gepardy

ssaków (Ryc. 4). Badanie rozmieszczenia i separacji nisz (np. w przestrzeni, czasie i/lub diecie) jest podstawą wiedzy ekologicznej o wielu gatunkach: od stosunkowo dobrze znanych gatunków, takich jak ryś (*Lynx lynx*) w Alpach Szwajcarskich [2], do wstępnych badań nt. małych drapieżników w Ar-Rab al-Chali, pustyni piaszczystej w Arabii Saudyjskiej [38]. W suchych lasach Parku Narodowego Kaa-Iya del Gran Chaco w Boliwii udokumentowano



Ryc. 3. Puma (*Puma concolor*) na obszarze Cordillera de la Costa w prywatnym rezerwacie Oricao, Wenezuela. Fot. Fotopułapka wg projektu Izabeli Stachowicz.

czy lamparty. Praca jego grupy badawczej została powtórzona w kilku innych miejscach w Indiach [3, 17]. Długoterminowe monitorowanie tych populacji pozwoliło autorom oszacować m.in. takie parametry (meta)populacji tygrysów, jak przeżywalność, rekrutacja czy tymczasowa emigracja [18]. Podobne analizy przeprowadzono w Azji w odniesieniu do innych kotowatych, takich jak tygrysy w Malezji i Indonezji oraz pantery śnieżne (*Panthera unica*) w Chinach [12].

Fotopułapki w XXI wieku

Aktualnie większość badań podstawowych wykorzystujących fotopułapki poświęcona jest szacowaniu parametrów populacyjnych, określaniu wzorców zachowań i aktywności preferencji siedliskowych oraz rekonstrukcji nisz ekologicznych dużych i średnich



Ryc. 4. Gran Sabana, Wenezuela. Fot. Izabela Stachowicz.

z użyciem fotopułapek liczącą ponad 1000 dorosłych i młodych osobników populację jaguarów (*Panthera onca*), największą pojedynczą populację jaguara, jaką do tej pory zidentyfikowano. Natomiast w rezerwacie leśnym na malezyjskim Borneo wykorzystano fotopułapki do monitorowania fizycznej kondycji zwierząt. Udokumentowano w ten sposób niedobory pokarmowe niedźwiedzi malajskich (*Helarctos malayanus*) i brodatych świń (*Sus barbatus*), które wystąpiły z powodu przedłużającego się niedoboru owoców w okresie między monsunami [39]. Przykład separacji nisz badano w środkowej Brazylii, gdzie wykazano, że wilk grzywiasty (*Chrysocyon brachyurus*), lis krabożerny (*Cerdocyon thous*) i nibylis siwy (*Lycalopex vetulus*) istotnie różnią się pod względem diety, preferowanych siedlisk i wzorców aktywności [13].

Ochrona przyrody

Za pomocą fotopułapek badano także tematy kluczowe dla ochrony dzikiej przyrody, prowadząc multidyscyplinarne badania, gdzie fotopułapki są jedną ze stosowanych metod badawczych [37]. Wiodące zastosowania tej metody w zakresie ochrony przyrody obejmują ocenę fragmentacji siedlisk i łączności krajobrazowej, generowanie danych populacyjnych oraz monitoring zagrożonych i nieuchwytnych gatunków, a także opartą na twardych danych ocenę praktyk czynnego zarządzania populacjami dzikich zwierząt, takich jak: polowania, strategie reintrodukcji gatunków, usuwanie szkodników czy kontrola użycia szczepionek.

W Parku Narodowym w Myanmarze oceniono za pomocą fotopułapek narastający problem polowań, mierząc wpływ polowań na rozmieszczenie i względną liczebność dzikiej fauny i flory [27].

Innym aktualnym i gorącym tematem jest reakcja dzikich zwierząt na fragmentację siedlisk. W bardzo rozdrobnionym amazońskim krajobrazie leśnym, Michalski i Peres [22] badali korelacje między wskaźnikami fragmentów leśnych a zaburzeniami lasów, szacując bogactwo gatunkowe i liczebność ssaków o średniej i dużej masie ciała. Wyniki pokazały, że 90% zmienności w bogactwie gatunkowym można wyjaśnić zmianami wielkości fragmentów lasu. Lomolino i Perault [20] rozszerzyli paradygmat biogeografii wysp, aby sprawdzić, czy na zbiorowiska ssaków w silnie antropogenicznie rozdrobnionych lasach deszczowych strefy umiarkowanej Półwyspu Olimpijskiego miały wpływ lokalne warunki środowiskowe, czynniki biogeograficzne (wielkość fragmentacji i izolacja) oraz cechy otaczającego krajobrazu.

W Zurychu, w Szwajcarii, opracowano innowacyjne zastosowanie fotopułapek do monitoringu pobierania przynęty zmieszanej ze szczepionką przeciwko wścieklicznie przez lisy rude (*Vulpes vulpes*). Dane te zostały wykorzystane do zaprojektowania stacji z przynętami, które zwiększały skuteczność szczepień i zmniejszały straty przynęty konsumowanej przez inne gatunki [9]. Natomiast populacja gronostaja (*Mustela erminea*), szkodliwego dla lokalnej fauny gatunku, zawleczonego z Europy i będącego głównym drapieżnikiem wielu gatunków ptaków leśnych w Nowej Zelandii, była kontrolowana w skuteczny, choć kontrowersyjny sposób, poprzez podawanie trucizny w jajach i systematyczny monitoring takich miejsc eksterminacji przez fotopułapki [6].

Co ciekawe, turystyka i sport były również obszarami, gdzie stosowano metodę fotopułapek, ponieważ presja ludzka związana z aktywnością na świeżym powietrzu w naturalnych krajobrazach dramatycznie wzrosła w ostatnich dwóch dekadach. W Alpach oceniono czasowo-przestrzenny wzorzec uprawiania sportów zimowych, aby zminimalizować zakłócenia dla siedlisk głuszca (*Tetrao urogallus*) [30]. Główne zimowe trasy narciarskie przecinają duże siedlisko ptaka, dzieląc je na fragmenty, co sugeruje, że ten konflikt interesów można rozwiązać poprzez odpowiednie zarządzanie obszarami przeznaczonymi dla narciarstwa. W innym przypadku, w Malezji, oceniono możliwości prowadzenia turystyki związanej z oglądaniem dzikich ssaków w lasach tropikalnych Parku Narodowego Endau Rompin, szacując różnorodność i zagęszczenie gatunków i wyznaczając fragmenty parku o największej szansie na bezpośredni kontakt z dzikimi zwierzętami [1]. To możliwość, którą z powodzeniem można wykorzystać w wielu rozwijających się krajach tropikalnych w celu zwiększenia ich potencjału turystycznego.

Nowe gatunki również zostały zarejestrowane przez fotopułapki, jak w przypadku sengi olbrzymiej czy ryjówki słoniowej (rodzaj *Rhynchocyon*) w górach Udzungwa w Tanzanii [28]. Jednak szczególnie ważnym, cennym i niedawnym zastosowaniem fotopułapek jest dokumentowanie obecności rzadkich, nieuchwytnych lub przypuszczalnie wymarłych zwierząt. Zarejestrowano obecność zagrożonego tapira azjatyckiego (*Tapirus indicus*) w parku narodowym na Sumatrze, gdzie strażnicy parku nigdy wcześniej nie widzieli tego zwierzęcia [10]. Gonzalez-Esteban i in. [8] ocenili rozmieszczenie norki europejskiej (*Mustela lutreola*) w północnej Hiszpanii i stwierdzili, że fotopułapki są bardziej skuteczne niż odłów.



Ryc. 5. Prace terenowe podczas realizacji projektu dotyczącego zaburzeń środowiska i ich wpływu na średnie i duże ssaki na obszarze Gran Sabana, Wenezuela. Fot. Lisandro Moran.

krajów na świecie. Większość projektów dotyczy wielkości populacji, zagęszczenia lub wykorzystania siedlisk jaguarów w różnych regionach Wenezueli, takich jak Llanos [23, 14, 15], Sur de Lago [26] i Cordillera de la Costa [11]. Inwentaryzacje ssaków przeprowadzono w Sierra de Aroa [7], na Gran Sabanie [35] czy w dorzeczu rzeki Caura [25]. Metodę fotopułapkową stosować można szukając odpowiedzi na bardziej precyzyjne pytania. Do najpoważniejszych zaburzeń antropogenicznych, które są bezpośrednim zagrożeniem dla dzikiej przyrody i jej ochrony, należą utrata i fragmentacja środowiska, pożary i polowania. Mają one trwałe i negatywny wpływ na krótkoterminową dynamikę populacji ssaków, ich rozmieszczenie i liczebność oraz przyczyniają się



Ryc. 6. Tapir amerykański (*Tapirus terrestris*) na Gran Sabana, Wenezuela. Fot. Fotopułapka wg projektu Izabeli Stachowicz.

Przypadek Wenezueli

Jedno z pierwszych badań z użyciem tej metody w Ameryce Łacińskiej przeprowadzono w Wenezueli, badając inwestycję czasu rodziców w inkubację sieweczki Wilsona [36]. Wenezuela jest krajem, gdzie autorka artykułu realizuje badania z użyciem fotopułapek już od dziesięciu lat, co daje możliwość wglądu w aktualną sytuację zastosowania tej metody w jednym z dziesięciu najbardziej bioróżnorodnych

do obniżenia różnorodności biologicznej i zasobów naturalnych.

To właśnie wpływ tych trzech zaburzeń antropogenicznych na zbiorowiska dużych i średnich ssaków, takich jak jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*), tapir (*Tapirus terrestris*) czy mrówkojad (*Myrmecophaga tridactyla*) (Ryc 5, 6, 7, 8, 9, 10), miałam okazję badać na obszarze la Gran Sabana w Wenezueli. Do najważniejszych rezultatów badań można zaliczyć



Ryc. 7. Praca w terenie, przeglądanie materiału fotograficznego z fotopułapek. Fot. Marcial Quiroga.

Pemón (lokalna społeczność), a ich ulubioną ofiarą jest mulak białoogonowy (*Odocoileus virginianus*, rodzaj jelenia) [34]. Jego niskie zagęszczenie obserwowane podczas badań może być konsekwencją nadmiernych polowań, spowodowanych radykalnym wzrostem populacji ludzkiej na Gran Sabana w ciągu ostatnich 50 lat. Wyniki tych badań będą uwzględnione w nowym, zaktualizowanym i kompleksowym planie zarządzania dla Parku Narodowego Canaima, który aktualnie ulega silnej presji nielegalnych kopalni złota. Jednak liczba badań przeprowadzonych w Wenezueli jest znacznie mniejsza niż w innych krajach Ameryki Łacińskiej, na co wpływ ma niestabilna sytuacja ekonomiczna i społeczna kraju w ciągu ostatnich dwudziestu lat.



Ryc. 8. Pancernik olbrzymi (*Pseudonotus maximus*) na Gran Sabana, Wenezuela. Gatunek narażony na wyginięcie. Fot. Fotopułapka wg projektu Izabeli Stachowicz.

potwierdzenie negatywnego wpływu deforestacji na bogactwo gatunkowe ssaków, zwłaszcza drapieżników i owadożerców. To grupy, które jako pierwsze znikają z danego obszaru [34], podczas gdy roślinożercy są bardziej odporni na utratę powierzchni leśnej. Po deforestacji to rozprzestrzenianie się pożarów stanowi kolejne ważne zaburzenie i przez to kształtuje skład gatunkowy na Gran Sabana. Gatunki takie jak mrówkojad czy pancernik nie są w stanie uciec przed płomieniami i często w nich giną. Pomimo ostatnich zmian demograficznych i kulturowych, polowanie na własne potrzeby praktykują Indianie

Zalety i wady

Po pierwsze, zdalne fotografowanie może być mniej inwazyjne, szybsze i tańsze w wykonaniu niż długoterminowa bezpośrednia obserwacja zwierząt. Po drugie, fotografia zdalna jest idealna do rejestrowania gatunków w nocy, w złych warunkach pogodowych, w niedostępnych miejscach, takich jak gęste lasy i wnętrza gniazd, lub w trudno dostępnym, nierównym terenie. Fotografia może zmniejszać problemy związane ze stronniczością obserwatora, ponieważ zdjęcia mogą być przeglądane przez innych

i przechowywane do przyszłych analiz (Ryc. 7). Istotną zaletą korzystania ze zdalnej fotografii jest oszczędność czasu i pieniędzy dzięki rezygnacji z pracochłonnej bezpośredniej obserwacji.

Aktualnie problemy mechaniczne nie powodują większych problemów, jak w okresie lat 1960–1990. Jednak wykorzystanie fotopułapek do badań behawioralnych wciąż jest dyskutowane, ponieważ emisja światła i dźwięku z fotopułapek może zmienić zacho-

Badania z użyciem fotopułapek z powodzeniem uzupełniają, a czasem zastępują różne metody badawcze, takie jak transekty liniowe, obserwacje bezpośrednie, identyfikacja ścieżek i śladów, identyfikacja wokalna czy wywiady ze społecznością lokalną. Wykorzystanie tego sprzętu do inwentaryzacji dużych ssaków w Parku Narodowym Emas w Brazylii było najbardziej odpowiednie i precyzyjne w porównaniu z transektami liniowymi i liczeniem śladów [33].



Ryc. 9. Mrówkojad olbrzymi (*Myrmecophaga tridactyla*) na Gran Sabana, Wenezuela. Gatunek narażony na wyginiecie. Fot. Fotopułapka wg projektu Izabeli Stachowicz.

wanie. Wreszcie istotną wadą jest również ryzyko kradzieży sprzętu, a zatem utraty unikatowych danych i drogich urządzeń do rejestracji, dlatego należy zawsze brać pod uwagę inne nieinwazyjne techniki, takie jak znakowanie genetyczne czy też stacje monitorowania i rejestrowania śladów, aby zwiększać prawdopodobieństwo zarejestrowania gatunku.

Patrząc w przyszłość

Od wczesnych prac Shirasa i Chapmana metoda fotopułapek rozwinęła się w skuteczną, rewolucyjną, zaawansowaną technologicznie dyscyplinę, która może odpowiadać na ogromną różnorodność zagadnień naukowych i ochronnych [29].



Ryc. 10. Tamandua południowa (*Tamandua tetradactyla*) na Gran Sabana, Wenezuela. Młody osobnik przemieszcza się na grzbiecie matki. Fot. Fotopułapka wg projektu Izabeli Stachowicz.

W porównaniu do liczeń uzyskanych z badań helikopterowych w celu oszacowania populacji jelenia wirginijskiego w Teksasie, kamery działały równie dobrze lub lepiej [19]. Wykorzystanie fotorułek w ekologicznych badaniach terenowych oferuje niezawodną, dokładną i opłacalną strategię w porównaniu do większości tradycyjnych metod i może mieć duży wpływ na przyszłe kierunki badań [24].

Użycie dronów lub bezzałogowych statków powietrznych (UAV) jest aktualnie coraz częściej stosowane, a postępy w rozwoju sztucznej inteligencji, zminiaturyzowanych systemach obrazowania termicznego i bioakustyce wyznaczają nowe kierunki i możliwości dla ekspertów zajmujących się dziką



Ryc. 11. Salto Angel, najwyższy wodospad na świecie, znajdujący się na obszarze Parku Narodowego Canaima, którego znaczna część pokrywa się z obszarem Gran Sabana. Fot. Izabela Stachowicz.

fauną i florą do badania stosunkowo dużych obszarów w krótkim czasie.

Ostatnie słowa...

W ciągu ostatnich dwóch dekad liczba badań nad fotorułkami gwałtownie wzrosła i trend ten się utrzymuje. Od lat 90. XX w. 90% badań z użyciem tego sprzętu dotyczyło ssaków, szczególnie dużych drapieżników, ale badania nad innymi taksonami są coraz częstsze. Obecnie większość badań z użyciem fotorułek prowadzi się w Azji, Ameryce Południowej i Ameryce Środkowej, z Brazylią, Meksykiem i Indiami na czele, podczas gdy wcześniej więcej badań prowadzono w Ameryce Północnej. Co ciekawe, zmianę położenia geograficznego można wytłumaczyć rosnącą potrzebą badań ekologicznych i ochronnych w tropikach. Utrata bioróżnorodności i najbardziej palące problemy związane z ochroną przyrody, takie jak fragmentacja siedlisk, wylesianie, polowania, konflikty dzikiej przyrody z ludźmi, koncentrują się w regionach tropikalnych. Ponad połowa badań z użyciem fotorułek poświęconych ochronie przyrody w ciągu ostatnich dwóch dekad miała miejsce w krajach tropikalnych: w Azji, Afryce oraz Ameryce Południowej i Środkowej. Wysiłki na rzecz ochrony przyrody muszą być rozłożone proporcjonalnie w tropikach, które są domem dla połowy gatunków na świecie i obecnie doświadczają większego wyginienia niż reszta świata.



Ryc. 12. Wiecznie zielony las wenezuelskiej Amazonii. Fot. Izabela Stachowicz.

Bibliografia:

1. Aihara, Y., T. Hosaka, M. Yasuda, M. Hashim, and S. Numata. (2016). Mammalian wildlife tourism in south-east asian tropical rainforests: the case of Endau Rompin national park, malaysia. *Journal of Tropical Forest Science*, 28:167–181.
 2. Capt, S. (2007). Monitoring and distribution of the lynx *Lynx lynx* in the Swiss Jura Mountains. *Wildlife Biology*, 13:356–364.
 3. Carbone, C., S. Christie, K. Conforti, T. Coulson, N. Franklin, J. R. Ginsberg, M. I współpracownicy. (2001). The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal Conservation*, 4:75–79.
 4. Chapman, F. M. (1927). Who treads our trails. *The National Geographic Magazine*, 52:330–345.
 5. Cutler, T. L. and D. E. Swann. (1999). Using remote photography in wildlife ecology: a review. *Wildlife Society Bulletin* 56:571–581.
 6. Dilks, P. and B. Lawrence. (2000). The use of poison eggs for the control of stoats. *New Zealand Journal of Zoology*, 27:173–182.
 7. Franger J. García, Mariana Isabel Delgado-Jaramillo, Marjorie Machado, Luis Aular.(2013) Mamíferos de la Sierra de Aroa, estado Yaracuy, Venezuela: listado taxonómico y la importancia de su conservación. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 73 (179)
 8. Gonzalez-Esteban, J., I. Villate, and I. Irizar. (2004). Assessing camera traps for surveying the European mink, *Mustela lutreola* (Linnaeus, 1761), distribution. *European Journal of Wildlife Research*, 50:33–36.
 9. Hegglin, D., F. Bontadina, S. Gloor, J. Romer, U. Muller, U. Breitenmoser, and P. Deplazes. (2004). Baiting red foxes in an urban area: A camera trap study. *Journal of Wildlife Management*, 68:1010–1017.
 10. Holden, J., A. Yanuar, and D. J. Martyr. (2003). The Asian tapir in Kerinci Seblat National Park, Sumatra: evidence collected through photo-trapping. *Oryx*, 37:34–40.
 11. Isasi-Catalá, E. (2013). Estado de conservación del jaguar (*Panthera onca*) en el Parque Nacional Guatopo, Venezuela: unidad prioritaria para su conservación. Páginas 95–102 en: Payán Garrido E. & C. Castaño-Urbe. *Grandes Felinos de Colombia*, Vol. I. *Panthera Colombia*, Fundación Herencia Ambiental Caribe, Conservación Internacional & Cat Specialist Group UICN/SSC.
 12. Jackson, R. M., J. D. Roe, R. Wangchuk, and D. O. Hunter. (2006). Estimating snow leopard population abundance using photography and capture-recapture techniques. *Wildlife Society Bulletin*, 34:772–781.
 13. Jacomo, A., L. Silveira, and J. A. F. Diniz. (2004). Niche separation between the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*), the crab-eating fox (*Dusicyon thous*) and the hoary fox (*Dusicyon vetulus*) in central Brazil. *Journal of Zoology*, 262:99–106.
 14. Jędrzejewski, W., Cerda, H., Vilorio, A., Gamarra, J. G., & Schmidt, K. (2014). Predatory behavior and kill rate of a female jaguar (*Panthera onca*) on cattle. *Mammalia*, 78(2), 235–238.
 15. Jędrzejewski, W., Puerto, M. F., Goldberg, J. F., Hebblewhite, M., Abarca, M., Gamarra, G., Stachowicz, I., & Robinson, H. S. (2017). Density and population structure of the jaguar (*Panthera onca*) in a protected area of Los Llanos, Venezuela, from 1 year of camera trap monitoring. *Mammal Research*, 62(1), 9–19.
 16. Karanth, K. U. (1995). Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture—recapture models. *Biological conservation*, 71:333–338.
 17. Karanth, K. U. and J. D. Nichols. (1998). Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology*, 79:2852–2862.
 18. Karanth, K. U., J. D. Nichols, N. S. Kumar, and J. E. Hines. (2006). Assessing tiger population dynamics using photographic capture-recapture sampling. *Ecology*, 87:2925–2937.
 19. Koerth, B. H., C. D. McKown, and J. C. Kroll. (1997). Infrared-triggered camera versus helicopter counts of white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin*, 557–562.
 20. Lomolino, M. V. and D. R. Perault. (2001). Island biogeography and landscape ecology of mammals inhabiting fragmented, temperate rain forests. *Global Ecology and Biogeography*, 10:113–132.
 21. Maffei, L., E. Cuellar, and A. Noss. (2004). One thousand jaguars (*Panthera onca*) in Bolivia's Chaco? Camera trapping in the Kaa-Iya National Park. *Journal of Zoology*, 262:295–304.
-

22. Michalski, F. and C. A. Peres. (2007). Disturbance-mediated mammal persistence and abundance-area relationships in Amazonian forest fragments. *Conservation Biology*, 21:1626–1640.
23. Noss, A., Polisar, J., Maffei, L. Garcia, R., Silver, S. (2013) Evaluating jaguar densities with camera traps. Jaguar Conservation Program & Latin America and Caribbean Program Wildlife Conservation Society Bronx, New York, 10460
24. O’Connell, A. F., J. D. Nichols, and K. U. Karanth. (2010). Camera traps in animal ecology: methods and analyses. Springer Science & Business Media.
25. Perera-Romero, L., Polisar j., Maffei L. (2015). Grandes vertebrados terrestres en tierras ancestrales indígenas del alto Caura: importancia de los acuerdos comunitarios para la conservación del Escudo Guayanes venezolano. Capítulo 10. Pp. 185-204. En: Payan, E., C. A. Lasso y C. Castano-Urbe (Editores). 2015. I. Conservación de grandes vertebrados en áreas no protegidas de Colombia, Venezuela y Brasil. Serie Editorial Fauna Silvestre Neo tropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Bogota, D. C., Colombia.
26. Puerto Carrillo M. F. (2012). Distribución actual y uso de hábitat del jaguar *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) en el sur-oeste de la cuenca del lago de Maracaibo, estado Zulia. Licencjat, Universidad Zulia
27. Rao, M. H., T. Myint, T. Zaw, and S. Htun. (2005). Hunting patterns in tropical forests adjoining the Hkakaborazi National Park, north Myanmar. *Oryx* 39:292–300.
28. Rovero, F., G. Rathbun, A. Perkin, T. Jones, D. O. Ribble, C. Leonard, R. Mwakisoma, and N. Doggart. (2008). A new species of giant sengi or elephant-shrew (genus *Rhynchocyon*) highlights the exceptional biodiversity of the Udzungwa Mountains of Tanzania. *Journal of Zoology*, 274:126–133.
29. Rowcliffe, J. M. and C. Carbone. (2008). Surveys using camera traps: are we looking to a brighter future? *Animal Conservation*, 11:185–186.
30. Rupf, R., M. Wyttenbach, D. Kochli, M. Hediger, S. Lauber, P. Ochsner, and R. Graf. (2011). Assessing the spatio-temporal pattern of winter sports activities to minimize disturbance in capercaillie habitats. *Eco Mont-Journal on Protected Mountain Areas Research*, 3:23–32.
31. Savidge, J. A. and T. F. Seibert. (1988). An infrared trigger and camera to identify predators at artificial nests. *The Journal of Wildlife Management*, 291–294.
32. Schillings, K. G. (1906). *With Flashlight and Rifle: A Record of Hunting Adventures and of Studies in Wild Life in Equatorial East Africa*. Hutchinson and Company.
33. Silveira, L., A. T. Jacomo, and J. A. F. Diniz-Filho. (2003). Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation*, 114:351–355.
34. Stachowicz I, Ferrer-Paris JR, Sanchez-Mercado A.(2021). Shifting cultivation and hunting across the savanna-forest mosaic in the Gran Sabana, Venezuela: facing changes. *PeerJ*. 2021;9:e11612.
35. Stachowicz I, Paris JRF, Quiroga-Carmona M, Moran L, Lozano C. (2020). Baseline for monitoring and habitat use of medium to large non-volant mammals in Gran Sabana, Venezuela. *Therya*. 2020;11(2).
36. Thibault, M., & McNeil, R. (1995). Day-and night-time parental investment by incubating Wilson’s Plovers in a tropical environment. *Canadian Journal of Zoology*, 73(5), 879–886.
37. Trolliet, F., M.-C. Huynen, C. Vermeulen, and A. Hambuckers. (2014). Use of camera traps for wildlife studies. A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 18:446.
38. Wachter, T. and O. Attum. (2005). Preliminary investigation into the presence and distribution of small carnivores in the Empty Quarter of Saudi Arabia through the use of a camera trap. *Mammalia* 69:81–84.
39. Wong, S. T., C. Servheen, L. Ambu, and A. Norhayati. (2005). Impacts of fruit production cycles on Malayan sun bears and bearded pigs in lowland tropical forest of Sabah, Malaysian Borneo. *Journal of Tropical Ecology*, 21:627–639.

WCIĄŻ NIE MA CISZY W TROPIKACH

Still not quiet in the tropics

Tomasz S. Osiejuk (Poznań)

Streszczenie

Strefa tropikalna Ziemi jest wciąż znacząco słabiej poznana niż obszary klimatu umiarkowanego. Sygnały dźwiękowe wydawane przez znakomitą większość zwierząt z bardzo wielu taksonów stanowią swego rodzaju interfejs do poznania zarówno samej ewolucji komunikacji, jak również do sprawniejszego przyjrzenia się bioróżnorodności organizmów tropikalnych i wielu procesów ekologicznych, które zachodzą między zwrotnikami. U tropikalnych ptaków i innych wokalnych zwierząt występują zachowania, które, choć słabo poznane, wydają się mieć fundamentalne znaczenie dla zrozumienia ewolucji komunikacji. Jednym z nich są duety, czyli wspólny śpiew samic i samców ptaków, bardzo rzadko spotykany w strefie umiarkowanej. Takich fenomenów bioakustycznych jest w tropikach więcej. Sygnały dźwiękowe wydawane przez zwierzęta mogą być też z powodzeniem wykorzystywane do wykrywania gatunków i określania bioróżnorodności i jej zmian. Niedawno powstałe podejście ekoakustyczne pozwala na szybkie określanie wielu procesów zachodzących w środowisku w sposób optymalizujący koszty i pracochłonność badań. Postęp ten stał się możliwy również dzięki nauce obywatelskiej, za sprawą której powstały jedne z najlepszych baz zawierających ogólnodostępne nagrania prawie wszystkich współcześnie żyjących ptaków. Żyjemy w czasach, kiedy dosłownie każdy może przyczynić się do wzbogacania wiedzy, korzystając nawet z tak ogólnodostępnych narzędzi jak smartfon.

Abstract

The tropical zone of the Earth is still significantly understudied in comparison to temperate areas. The acoustic signals produced by the vast majority of animals from a very large number of taxa provide a fascinating interface for understanding both the evolution of communication itself and for exploring more efficiently the biodiversity of tropical organisms and studying many ecological processes that occur between the Tropic of Cancer and the Tropic of Capricorn. In tropical birds and other vocal animals there are behaviours that, although poorly understood, appear to be fundamental for understanding the evolution of communication. One of them is female song and duets, i.e. joint singing of female and male, in birds, which are very rare in the temperate zone. There are more such bioacoustics phenomena in the tropics. The sound signals produced by animals can also be used successfully for species detection and the determination of biodiversity and its changes. The recent emergence of the ecoacoustic approach allows the rapid determination of many environmental processes in a way that optimises the cost and labour intensity of research. This progress has also been made possible thanks to the citizen science, which has produced some of the best databases containing publicly available recordings of almost all modern birds. We live in a time when literally anyone can contribute to our knowledge, even using tools as accessible as a smartphone.

Wstęp

Prowadzenie badań w tropikach często stanowi duże wyzwanie. Nie chodzi tylko o temperaturę i wilgotność, a nawet o połączenie obu tych czynników w zadziwiający efekt koszulki mokrej już w minutę po założeniu. Pomińmy też spektakularne możliwości zostania zjedzonym czy zdeptanym, które, choć rzadkie, sprawiają, iż obecność w terenie lwów czy słońi zawsze podnosi poziom adrenaliny. Dziś chciałbym się zająć jedynie kwestią obserwacji zwierząt zwykle mniej groźnych w terenie, a konkretnie tych, które zobaczyć jest trudno, ale można w badaniach wykorzystać fakt, iż komunikują się ze sobą za pomocą wydawanych dźwięków. Prawdopodobnie ptaki będą tą grupą, o której pomyślicie

czy kraby [1]. Bezkręgowce są zresztą niezwykle hałaśliwe również na lądzie; trudno wymienić wszystkie grupy, ale w niektórych środowiskach nie sposób nagrać czegokolwiek bez intensywnego tła dźwiękowego cykad czy prostoskrzydłych. Gdy wejdziemy do tropikalnego lasu o świcie lub przed zmierzchem, można doznać swoistego szoku. Z każdej strony dobiegają nas bardzo różnorodne dźwięki, coś – pewnie ptak – gwizdże, z daleka niesie się przerażający głos gerezanki rudej (*Ptilocolobus badius*), której nie udało się uciec przed stadem szympanсів (*Pan troglodytes*), co umyśliły sobie nieco zmodyfikować roślinną dietę... małpiną (Ryc. 1, 2). W tle dominują cykady, cyklicznie „piłując drewno” tak głośno, że stojąc zbyt blisko można naprawdę obawiać się o swoje uszy (Ryc. 3). Taki akustyczny obrazek,



Ryc. 1. Gerezanki rude (*Ptilocolobus badius*) w lesie Parku Narodowego Kibale w Ugandzie nie mają łatwego życia i stale muszą zachować czujność. Niebezpieczeństwo czai się zarówno od góry, w postaci dużego orła – wojownika zbrojnego (*Polematius belicosus*), ale również od dołu ze strony spokrewnionych szympanсів (*Pan troglodytes*); Uganda. Fot. Tomasz S. Osiejuk.

w pierwszym momencie, i tak, jest to prawda. To jedna z najbardziej wokalnych (to jest wydających sygnały dźwiękowe) grup zwierząt, ale w strefie tropikalnej odzywa się mnóstwo innych kręgowców – można usłyszeć chichot hieny, głębokie pomruki słońi, rechot żab, syczenie węży. Gdybyśmy zanurkowali, okazałoby się, że odzywa się – niezbyt wyrafinowanie co prawda – wiele gatunków ryb, krokodyle, a do tego i zwierzęta bez kręgosłupa, jak krewetki

którego doświadczyć mogli studenci Wydziału Biologii UAM w trakcie Kursu Biologii Tropikalnej w Kibale National Park w Ugandzie, zostawia wrażenie na całe życie. Bardzo częstym kolejnym odczuciem, którego doznajemy wchodząc do lasu tropikalnego, jest to, że mimo wręcz przytłaczającego natłoku dźwięków... nic nie widzimy. To znaczy są drzewa, liście, krzaki, ziemia... można powiedzieć las, tylko jakoś żadnych zwierząt nie widać (Ryc. 4). I tu dochodzimy

do sedna sprawy. Prowadzenie badań na zwierzętach w oparciu o ich wizualne obserwacje jest w tropikach niekiedy szczególnie trudne. Natomiast to, że są one często bardzo wokalne i głośne, umożliwia zastosowanie metod, które bazują na nagrywaniu i analizie dźwięków – metod bioakustycznych, a od stosunkowo niedawna także ekoakustycznych [5]. W niniejszym artykule chciałbym krótko przedstawić najistotniejsze zalety tych metod oraz uświadomić, iż dzięki nim oraz nauce obywatelskiej (*citizen science*) można dziś pomagać bądź uczestniczyć w badaniach zwierząt prowadzonych w tropikach, nie będąc zawodowym biologiem; ba, nie będąc nawet w tropikach.



Ryc. 2. Szympany (*Pan troglodytes*) jest dość łatwy do spotkania w lesie Parku Narodowego Kibale w Ugandzie, a przynajmniej w tej części parku, gdzie od lat prowadzone są na nich badania. Zdjęcie zostało wykonane telefonem komórkowym, kiedy starszy samiec przysiadł około 1 metr od autora nagrywającego w tym czasie ptaki. Wg opinii miejscowych oddzielił się od grupy, aby znaleźć rosnącą w oczkach wodnych znajdujących się w zagłębieniach terenu roślinę, którą szympansy używają... w celach leczniczych; Uganda. Fot. Tomasz S. Osiejuk.

Dlaczego warto badać tropiki... bioakustycznie?

Wspomniana we wstępie trudność wizualnej obserwacji zwierząt jest oczywiście tylko jedną z przyczyn, dla których warto w strefie tropikalnej badać wokalizacje zwierząt. Po pierwsze, komunikacja dźwiękowa jest jednym z kanałów komunikacji wykorzystywanych przez zwierzęta, a samo zjawisko

komunikacji jest fundamentem większości procesów życiowych wszystkich organizmów [1]. Nie ulega więc wątpliwości, iż badania skoncentrowane na ewolucji komunikacji mają dla człowieka ogromne znaczenie i pozwalają chociażby zrozumieć, jak doszło do powstania mowy. Poza tym pewne reguły komunikacji wydają się być wspólne dla wszystkich organizmów. Istotą komunikacji jest powstanie w trakcie ewolucji takich cech organizmów (zwanymi sygnałami), których podstawowym zadaniem jest wpływanie na zachowania innych osobników. Charakter procesu komunikacji zależy od tego, czy nadawca sygnałów ma interes zbieżny z odbiorcą. Na przykład robotnice



Ryc. 3. Afrykańskie cykady nie są niestety łatwe do oznaczenia dla niespecjalisty, nawet kiedy uda się je złapać. Choć jak na owada mogą mieć duże rozmiary, to jednak imponują przede wszystkim donośnością wydawanych dźwięków, często przekraczających 120 dB w odległości 1 m od zwierzęcia. Na zdjęciu owad wyplątany z sieci dla ptaków podczas odłowów prowadzonych w Kakum NP, Ghana. Fot. Tomasz S. Osiejuk.

pszczół w ulu są ze sobą blisko spokrewnione i w ich wspólnym interesie jest możliwe precyzyjne i tanie przekazanie siostrze informacji o tym, gdzie znajduje się źródło pokarmu. Robią to za pomocą specjalnego tańca [1]. W innej sytuacji jest już samiec ptaka wabiący samicę za pomocą śpiewu, ponieważ samica może poszukiwać na partnera osobnika z dobrymi genami, w dobrej kondycji fizycznej, czy też posiadającego dostatek pokarmu terytorium. A przecież nie każdy samiec takie cechy posiada. Uczciwe zasygnalizowanie takich cech może nie być łatwe, mówiąc kolokwialnie... trzeba się wykosztować. Na przykład wiemy, że uczciwym sygnałem jakości samca może być u niektórych gatunków bogactwo repertuaru śpiewu, gdzie jedynie samce z dobrymi genami i wychowywane w warunkach dużej dostępności pokarmu są w stanie wykształcić w mózgu ośrodki odpowiedzialne za zapamiętywanie dużego repertuaru [8]. To już wiemy z badań nad ptakami żyjącymi w Europie czy Ameryce Północnej, ale jednocześnie dochodzimy do momentu, w którym można pokazać, dlaczego tropiki

są tak ważne. To w tropikach dochodziło do radiacji adaptacyjnej wielu grup organizmów i wydaje się, że to właśnie tam powinniśmy szukać początków pewnych zjawisk biologicznych. Śpiew ptaków jest tutaj

– warunki nie zachęcają do przebywania na zewnątrz. Ale trochę tak to wygląda. Kiedy na zimę trzeba odlatywać, potem wracać jedynie po to, aby znaleźć samicę i zabezpieczyć terytorium z zasobami wy-



Ryc. 4. Mgielny las górski w Bamenda Highlands, typowe środowisko życia endemicznego dzierzyka żółtobrzuchego (*Laniarius atroflavus*). Zdjęcie zostało wykonane w jednym z ostatnich ocalałych większych fragmentów lasu na wschód od wioski Big Babanki, Kamerun. Fot. Tomasz S. Osiejuk.

świetnym przykładem. Można z dużym prawdopodobieństwem założyć, iż jeśli przeciętny Europejczyk wie cokolwiek o śpiewie ptaków, to zapewne będzie to wiedza o tym, że śpiewają samce i że śpiewają po to, aby wabić samice i odpędzać rywali. I choć jest to oczywiście prawda, to nie cała, a zawężona. W tropikach śpiewają bowiem bardzo często również samice ptaków, często śpiewają nawet razem z samcami, tworząc tak zwane duety [14]. Okazuje się, że te niekiedy niezwykle piękne i skoordynowane do milisekund wokalizacje pary ptaków wyewoluowały w tropikach wszystkich kontynentów wielokrotnie. Właśnie w tropikach dobrze sprawdzały się strategie życiowe polegające na łączeniu się w pary na całe życie i wspólnej obronie zasobów, takich jak terytorium [11]. To ma sens tylko wtedy, gdy warunki do życia są stabilne w ciągu roku, a przeżywalność ptaków dorosłych jest wysoka w porównaniu do gatunków z klimatu umiarkowanego [15]. Nie chcę tu twierdzić, że „rozwoły” zwierząt zdarzają się tylko tam, gdzie pada śnieg i ogólnie – przez połowę roku

starczającymi do odchowania potomstwa, to związek z jednym partnerem na całe życie zwykle traci ewolucyjny sens (choć zdarzają się wyjątki, jak bocian biały [23]).

Właśnie dzięki badaniom prowadzonym w tropikach dało się zauważyć, że śpiew samic nie jest wcale tak rzadki, zaś rozszerzenie tych badań prowadzi do wniosku, że śpiew był pierwotnie cechą wspólną obu płci ptaków, a to można już nazwać pewną rewolucją w naszym pojmowaniu tego zachowania [14]. Śpiewanie przez ptaki w duetach opisano już dziś u ponad 360 gatunków z 50 rodzin i rzeczywiście w tropikach występuje najczęściej. Nagle więc, jako badacze komunikacji tej grupy zwierząt, musieliśmy przestawić się z ograniczonej perspektywy myślenia, że to samiec śpiewa dla samicy albo samiec przegania śpiewem innego samca, swojego rywala. Teraz to samice wraz z samcami z pomocą śpiewu współpracują bądź rozwiązują konflikty, adresują swoje sygnały wzajemnie do siebie, bądź też śpiewając razem wspólnie bronią terytorium, demonstrując innym

parom „niezlomną chęć” do tej obrony, pokazaną przez wysoce precyzyjne skoordynowanie swoich piosek. Czasem, nawet gdy śpiew gatunku śpiewającego w duecie nie jest imponująco skomplikowany,

rolę bezpośredniego adresowania sygnału do konkretnego nadawcy. Nie pozostawia więc złudzeń, iż wkroczenie w terytorium jest intencjonalne, a zamiar raczej odmienny od interesów gospodarza [22].



Ryc. 5. Jeden ze śpiewających w duetach gatunków ptaków, dzierzak żółtobrzuchy (*Laniarius atroflavus*), żyjący tylko w tropikalnych górskich lasach Zachodniego Kamerunu i Wschodniej Nigerii; Kamerun. Fot. Tomasz S. Osiejuk.

tomożebyć używany w wyrafinowany sposób. Naprzykład dzierzaki żółtobrzuche (*Laniarius atroflavus*) z lasów górskich Kamerunu i Nigerii (Ryc. 5) wykształciły taki system komunikacji, w którym wszystkie samce współdzielą w swoich repertuarach zaledwie trzy typy charakterystycznych gwizdów [21]. Najczęściej używane gwizdy typu „High wee-oo” (dźwiękonaśladowczy zapis brzmienia w języku angielskim) wydawane są przez same samce (albo wraz z odpowiadającymi im partnerkami) do informowania o swojej obecności w terytorium. Jednak zaraz po nocy samce, częściej niż przypadkowo, używają innego gwizdu, brzmiącego jak „Hwee-hwee”. Noc jest dla ptaków zwykle okresem dość krytycznym i głosowe zademonstrowanie od rana, że wciąż się jest wśród żywych, a terytorium dalej jest zajęte, ma tu niebagatelne znaczenie. I właśnie te rzadko używane gwizdy „Hwee-hwee”, o zdecydowanie bardziej agresywnym charakterze, mają odstraszać rano intruzów. Są też używane częściej w sytuacji wkroczenia innych ptaków w terytorium właściciela, a już szczególnie, gdy ten wkraczający osobnik używa podczas inwazji tego samego typu sygnału co właściciel, demonstrując, iż to wkroczenie to nie przypadkowa pomyłka [22]. Takie zachowanie, zwane *song matching*, pełni



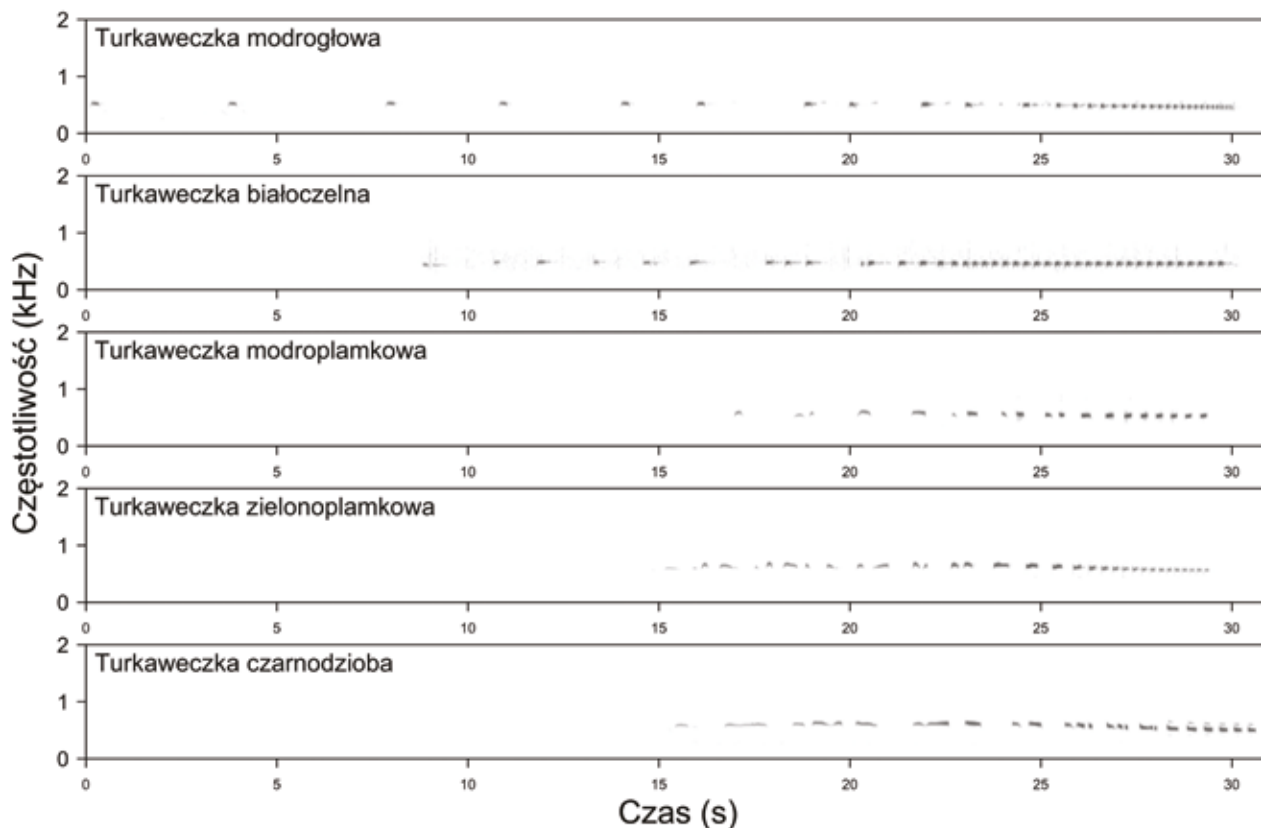
Ryc. 6. Złapany osobnik turkaweczki modrogłowej (*Turtur brehmeri*) w lesie nizinnym Kakum NP. Ptaki śpiewają tam z czubków drzew, które sięgają 40–60 m. Sprowadzenie ich na dół w celu złapania w sieci i założenia obrączek oraz nadajnika jest niezwykle trudne; Ghana. Fot. Tomasz S. Osiejuk.

Niezbyt często spotykamy taki konwencjonalny charakter komunikacji u ptaków, a przypomina on do pewnego stopnia komunikację człowieka. Tutaj też każdy osobnik znający swój lokalny język może powiedzieć drugiemu wszystko, co chce. Problemem jednak jest oczywiście przekonanie odbiorcy do tego, że się nie blefuje. Jak wspomniałem, w komunikacji istotą rzeczy jest wpływ na zachowanie innych osobników

poprzez sygnały, a do tego niezbędne jest, by odbiorca zareagował tak, jak chce nadawca [1].

Takich ciekawych cech komunikacji, jak duety ptaków, jest w tropikach oczywiście więcej. Na przykład specyfika struktury lasów tropikalnych sprawia, że wiele gatunków ptaków odzywa się tam w dość szczególny sposób. Śpiewają na niskich częstotliwościach, prostymi gwizdami bez większych modulacji, bo właśnie takie dźwięki niosą się najdalej bez degra-

jak gatunek, tożsamość osobnika, motywacja i wiele innych. Jak to wszystko zmieścić w pojedynczej piosence? Od jakiegoś czasu badamy w projekcie finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki wszystkie pięć gatunków gołębi z rodzaju *Turtur*, które występują jedynie w subsaharyjskiej Afryce (Ryc. 6). Gnieźdzą się one od najmroczniejszych nizinnych lasów deszczowych, przez wszelkiego typu lasy górskie, po choć nieco zadrzewione sawanny. Niekiedy na tym



Ryc. 7. Spektrogramy Afrykańskich gołębi z rodzaju *Turtur*. Śpiew wszystkich turkaweczek jest bardzo podobny, składa się z krótkich i niskich w częstotliwości gwizdów, które tworzą trwającą 15–30 sekund piosenkę. Mimo dużego podobieństwa, gatunki różnią się między sobą głównie dzięki drobnym różnicom w składni, długości i częstotliwości, które również człowiek może nauczyć się wykrywać „na ucho”. Na przykład turkaweczka zielonoplamkowa (*Turtur chalcospilos*) rozpoczyna śpiew serią powtarzających się par krótkiej i dłuższej sylaby, podczas gdy najbardziej leśny gatunek turkaweczki modrogłowej (*Turtur brehmeri*) produkuje na początku takiej samej długości sylaby w dużych odstępach, a dopiero na końcu je skraca i produkuje coraz pręcej, co przypomina trochę odbijającą się coraz szybciej piłeczkę pingpongową rzuconą na blat stołu. (źródło: Tomasz S. Osiejuk)

dacji swojej struktury w gęstym, pełnym fizycznych przeszkód (liście, gałęzie) środowisku [2]. Kiedy porównuje się śpiew niektórych ptaków tropikalnych z Amazonii, dorzecza Konga czy tropikalnej Azji Południowo-Wschodniej, to czasami wydaje się on bliźniaczo podobny, mimo że porównywane gatunki nie są ze sobą spokrewnione. Pamiętać trzeba, że śpiew ptaków, mający za zadanie dotrzeć do wielu odbiorców, wyewoluował zwykle do takiej postaci, która pozwala na jego możliwie dalekie przedarcie się przez środowisko, przy zachowaniu możliwych do odczytania podstawowych informacji, takich

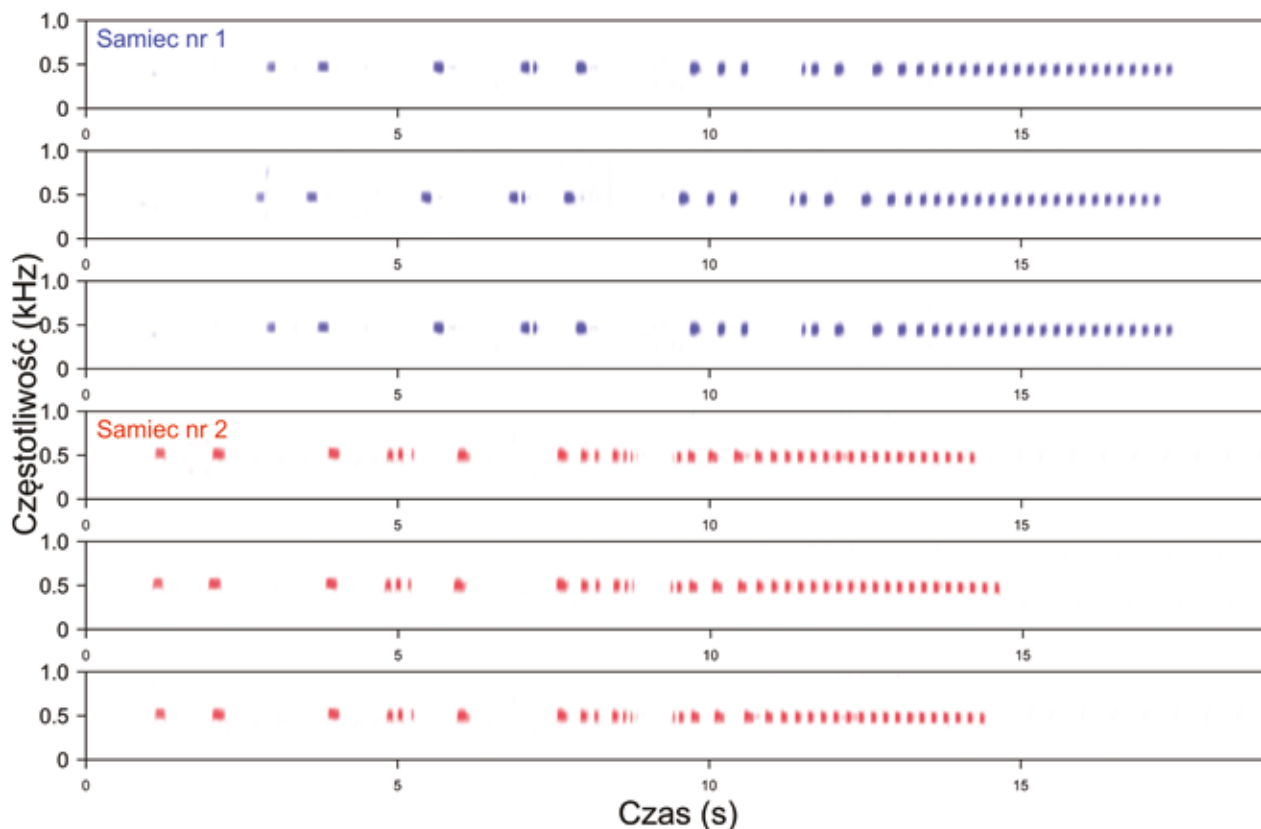
samym terenie można spotkać aż do czterech z pięciu gatunków, a czasem występuje tylko jeden. Spójrzmy teraz na spektrogramy śpiewu wszystkich pięciu gatunków (Ryc. 7), aby zrozumieć, jak stosunkowo niewielkie modyfikacje sygnału, będącego serią niskich i króciutkich gwizdów, pozwalają tym ptakom realizować wszystkie cele związane z rozrodem i terytorializmem. Dzisiaj już wiemy, że detalami struktury piosenki różnią się między sobą nie tylko gatunki, ale także poszczególne osobniki w obrębie gatunku. U najlepiej zbadanej turkaweczki białoczelnej osobniki różnią się pauzami między początkowymi

sylabami piosenki (Ryc. 8), dzięki czemu możemy rozpoznawać je na podstawie nagrania z około 95% pewnością [12].

Bioróżnorodność i dźwięki

W strefie tropikalnej mamy zazwyczaj znacznie więcej gatunków niż na obszarach klimatu chłodniejszego. Na przykład w Polsce stwierdzono jak do tej pory około 460 gatunków ptaków, z czego 232

intensywność śpiewu wybranych gatunków we wszystkich porach roku [17]. Okazało się na przykład, iż niektóre gatunki śpiewają nawet w porze deszczowej, wykorzystując krótkie momenty, kiedy nie pada, aby zasygnalizować swoją obecność w terytorium. Z tego typu nagrań można oznaczać skład gatunkowy w danym miejscu z wydajnością znacznie przekraczającą stosowane do tej pory standardowe metody zliczeń. Pomysł jest zasadniczo prosty, zamiast dokonywać klasycznych obserwacji na wyznaczonych



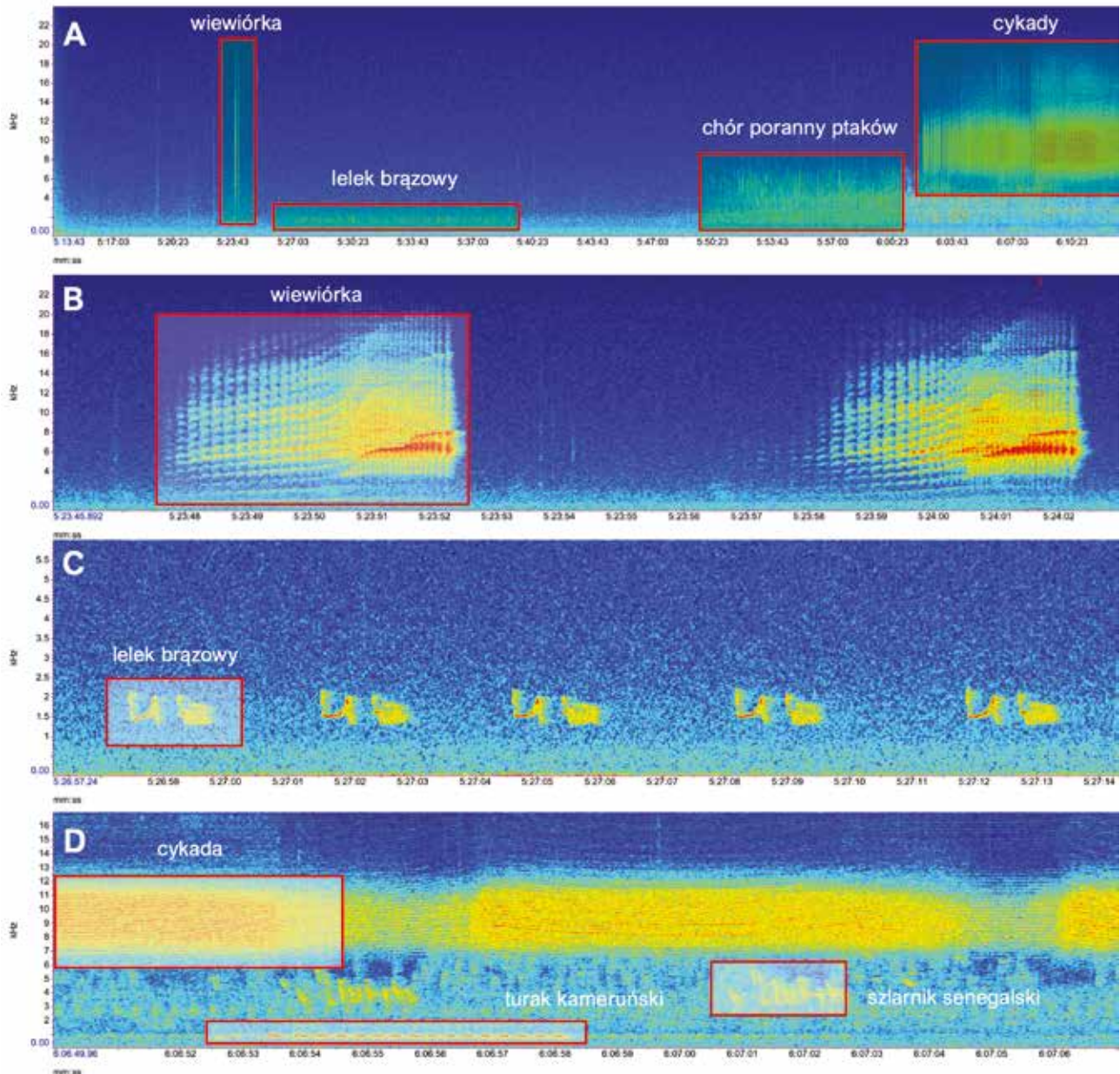
Ryc. 8. Spektrogramy przykładowych piosenek dwóch różnych samców turkaweczki białoczelnej (*Turtur tympanistris*) z gór Bamenda Highlands w Kamerunie. Badania pokazały, że odstępy między kilkoma pierwszymi sylabami są dla osobnika stałe, stąd też można je po tym rozpoznawać indywidualnie [13]. (źródło: Tomasz S. Osiejuk)

to ptaki współcześnie (po 1950 roku) lęgowe. W ponad sześciokrotnie mniejszej Kostaryce występuje aż 857 gatunków ptaków. Jak można sobie łatwo wyobrazić, sporządzenie listy gatunkowej dla danego miejsca w tropikach nie jest łatwe i wymaga czasu. I tu właśnie wkraczają metody bioakustyczne. Od około 20 lat coraz szerzej i z coraz lepszym skutkiem używane są automatyczne rekordery, które umożliwiają nagrywanie ptaków i innych zwierząt w wybranych punktach. Rekorder można zaprogramować w taki sposób, że nagrywa on w określony sposób przez długi czas. Na przykład w naszych badaniach w górach Kamerunu nagrywaliśmy przez cały rok, raz w tygodniu przez cały jeden dzień, by móc określić

punktach, umieszcza się automatyczne rekordery, które włączają się i nagrywają tzw. soundscape, a więc wszystkie obecne w okolicy dźwięki, czyli coś, co można by nazwać krajobrazem akustycznym danego miejsca (Ryc. 9). Dzięki temu możemy zebrać informację bez przebywania ciągle w tych punktach; są już nawet rekordery, które mogą przesyłać nagrania drogą radiową dzięki zainstalowanej w środku karcie SIM. Oczywiście takie rozwiązanie jest wciąż drogie i ograniczone zasięgiem telefonii komórkowej. Warto w tym miejscu jednak wspomnieć, że telefoniczne sieci komórkowe w wielu krajach tropików zaczęły powstawać wcześniej niż w Polsce i są bardzo dobrze rozwinięte. Na zebranych nagraniach

możemy oznaczać wokalizacje poszczególnych gatunków i w ten sposób uzyskiwać informację o bioróżnorodności w poszczególnych punktach. Metody takie są wciąż dość czasochłonne, rozpoznawanie bezpośrednio gatunków wciąż używane jest bardziej do tych wyjątkowych, rzadkich bądź trudnych do uchwycenia innymi metodami. Pomocą służą jednak inne koncepcje, których podstawowym założeniem jest to, że aby stwierdzić jaka jest bioróżnorodność w danym miejscu, wcale nie musimy oznaczyć

wszystkich gatunków na nagraniach [16]. Założenie jest takie, że im więcej wokalizujących gatunków wokół rekordera, tym więcej różnego typu sygnałów zaburza środowisko, a tym samym tzw. przestrzeń akustyczna jest bardziej nieuporządkowana. Dla standardowych nagrań o określonej długości i częstotliwości próbkowania oblicza się więc różne wskaźniki akustyczne, które określają akustyczną złożoność, różnorodność, równomierność czy entropię. Ten ostatni termin w teorii informacji używany



Ryc. 9. Soundscape, czyli krajobraz dźwiękowy. Przykładowe nagranie z automatycznego rekordera wykonane 25 listopada 2011 r. w lesie górskim w Bamenda Highlands w Kamerunie na wysokości ok. 2100 m n.p.m. (źródło: Tomasz S. Osiejuk) A. Zgrubny spektrogram pokazuje, co dzieje się na jedną godzinę przed świtem, który miał miejsce około godz. 6:11. Jeszcze w zupełnej ciemności, około 5:23, coś najwyraźniej spłoszyło wiewiórkę z gatunku *Paraxerus cooperi* (przybliżone głosy na panelu B). Nieco później, ale wciąż w kompletnych ciemnościach, zaczął odzywać się lelek brązowy (*Caprimulgus nigriscapularis*), przybliżony na panelu C). Przejśniać zaczęło się około 5:50 i wtedy zaczyna się tak zwany chór poranny ptaków, tuż po 6:00 ruszają też do śpiewu cykady. Panel D pokazuje powiększony fragment z głosem endemicznego i skrajnie zagrożonego turaka kameruńskiego (*Tauraco bannermani*) i śpiewem dość pospolitego szlarnika senegalskiego (*Zosterops senegalensis*). Obu gatunkom ptaków udaje się skutecznie omijać hałaśliwe pasmo zajęte przez cykady.

jest do określania średniej ilości informacji zawartej w sygnale. Wskaźniki te pozwalają na bardzo szybkie oszacowanie bioróżnorodności i jej zmian w czasie [20]. Na przykład ostatnio użyto ich dla pokazania, jak zmienia się bioróżnorodność ptaków w północnym Madagaskarze w zależności od tego, czy i jak prowadzona jest gospodarka człowieka [4]. Wskaźniki mają oczywiście pewne wady, zajmują się bowiem wszystkim, co na nagraniu się znajduje, nie tylko śpiewającymi ptakami, ale np. padającym deszczem czy szumiącymi drzewami. Dla ich właściwej interpretacji niezbędne jest więc odpowiednie, odmienne podejście do dźwięków wydawanych przez zwierzęta (tzw. *biophonies*) oraz tych naturalnych, wytwarzanych dzięki naturalnym procesom jak deszcz, wiatr czy wybuch wulkanu (tzw. *geophonies*) i wreszcie tych wytwarzanych w wyniku działalności człowieka (a więc *antropophonies*). Aktualnie trwa wciąż dyskusja o tym, czy i w jaki sposób stosować wskaźniki akustyczne, niemniej wydaje się, że metody analizy z czasem będą coraz bardziej udoskonalane, a wybieranie na nagraniach odpowiednich fragmentów czy pasm o określonej częstotliwości nie jest wielkim problemem. Ponadto porównanie naturalnych i zaburzonych *biophonies* i wzrost intensywności *antropophonies* jest bardzo dobrym wskaźnikiem wpływu człowieka na środowisku [5, 20].

Tak jak napisałem wcześniej, wiele tropikalnych gatunków charakteryzuje się stosunkowo prostymi sygnałami, które łatwo rozpoznać na nagraniach w sposób zautomatyzowany. Dostępne metody mogą wyszukiwać fragmenty na długotrwałych nagraniach, które są najbardziej podobne do jakiegoś wzorcowego sygnału, albo tworzyć coś w rodzaju uogólnionego wzorca dzięki algorytmom uczącym. W tym przypadku najpierw uczymy algorytm rozpoznawania danego gatunku na bazie setek czy tysięcy przykładów nagrań, a następnie przeszukujemy długotrwałe nagrania w poszukiwaniu fragmentów spełniających określone kryteria podobieństwa do uogólnionego wzorca. Efekty są na tyle zadowalające, iż w ostatnim czasie mamy do czynienia z wysypem prac o takiej tematyce, dzięki czemu można spodziewać się istotnego wzrostu informacji o aktywności głosowej, a więc i biologii niezbadanych do tej pory gatunków. Przykładem mogą być badania nad występującymi w Ameryce Południowej lelkami z rodzaju *Nyctibius*: nocolotem wielkim (*N. grandis*) i nocolotem szarym (*N. griseus*) [13]. Co prawda ptaki te nie są rzadkie, ale w czasie dnia siedzą na drzewach udając ich konary i nie sposób ich wypatrzeć, a odzywają się dość sporadycznie i głównie nocą. Dzięki całorocznemu monitoringowi akustycznemu udało

się określić roczny i dobowy wzorzec ich aktywności, który związany jest – jak się okazuje – również z fazami księżyca [13]. Dzięki temu teraz wiadomo już, kiedy prowadzić ich monitoring, aby maksymalizować skuteczność wykrycia tych kosmicznie wyglądających ptaków. Warto tu wspomnieć, że życie czasem pisze nieoczekiwane historie. Otóż jednymi z pierwszych bardziej zaawansowanych badań bioakustycznych w Afryce, prowadzonych przez badaczki ze słynnego *Cornell Lab of Ornithology* (Ithaca, USA), były badania nad słoniami leśnymi (*Loxodonta*



Ryc. 10. Samiec dzioborożca (*Bucorvus abyssinicus*). Ptaki te wydają bardzo niskie i słyszalne z daleka dźwięki przypominające buczenie. To strategia komunikacji na duże odległości, analogiczna do tej stosowanej przez słonie; Ghana. Fot. Tomasz S. Osiejuk.

cyclotis). Kathy Payne i Mya Thompson wraz ze współpracownikami prowadziły pionierskie badania umożliwiające nie tylko policzenie odzywających się osobników, ale również określenie ich pozycji w przestrzeni. Równoczesne nagrywanie tzw. macierzą mikrofonową pozwoliło na poznanie składu i wielkości grup oraz zbadanie szeregu aspektów ekologii tych leśnych olbrzymów bez żadnej bezpośredniej ingerencji w ich życie [18, 19]. Wspomniane macierze mikrofonowe to układ wielu mikrofonów i rekorderów zlokalizowanych precyzyjnie w terenie, które nagrywają synchronicznie. Mogą być oddalone od siebie o setki metrów czy nawet kilometry. Dzięki temu na wielu kanałach takiego nagrania można

zlokalizować głosy tych samych zwierząt i obliczyć ich lokalizację w przestrzeni na podstawie opóźnień, z jakimi ich głosy dotarły do poszczególnych mikrofonów. Dla słoni działa to świetnie, a wszystko dzięki temu, iż przystosowały się one do komunikowania bardzo niskimi dźwiękami, w tym również niesłyszalnymi dla nas bezpośrednio infradźwiękami. Takie niskie dźwięki umożliwiają zasięg komunikacji rzędu kilku kilometrów i są charakterystyczne dla wielu większych w swojej klasie zwierząt, np. dla dzioborożców z gatunku *Bucorvus abyssinicus* (Ryc. 10). Kiedy słyszy się głos tego gatunku leżąc w namiocie, to ma się wrażenie, że odbiera się go nie tyle uszami, co całym ciałem. W przypadku słoni sawannowych (*Loxodonta africana*) badania eksperymentalne Karen McComb pokazały, że zwierzęta te rozpoznają po głosie znane sobie osobniki regularnie z odległości 1–1,5 km, a czasami nawet aż z 2,5 km. W dobrych warunkach na podstawie odgłosów wiedzą o obecności innych słoni w odległości do około 10 km [8, 9]. To najprawdopodobniej najdalsze aktywne zasięgi komunikacji zwierząt lądowych i choć imponują, to wyglądają skromnie przy możliwościach niektórych waleń, które komunikują się w wodzie na odległości rzędu setek kilometrów [1].

Wracając do problematyki rozpoznawania na nagramiach określonych organizmów, możemy zadać sobie pytanie, skąd wziąć przykłady nagrań dla danego gatunku? Skoro jest on rzadki i trudno dostępny, to stanowić to może duże wyzwanie i zabrać wiele czasu. To prawda, ale z pomocą przychodzi nam właśnie nauka obywatelska. Nagrywanie zwierząt, a zwłaszcza ptaków, nie jest już wyłącznie domeną naukowców. Stało się hobby wielu ludzi na całym świecie, a sprzęt jest dostępny w cenach znacząco niższych niż dobry aparat fotograficzny z teleobiektywem. Ba, czasami do nagrania i uczestniczenia w projekcie badawczym wystarczy zwykły smartfon [6]. Swoje nagrania można deponować w ogólnodostępnej bazie danych, jaką jest Xeno-Canto [24]. W chwili, gdy kończyłem pisać artykuł, serwis Xeno-Canto zawierał już nagrania 10 315 spośród około 10 928 żyjących współcześnie gatunków ptaków, a liczba nagrań przekraczała 687 tysięcy. Przyczyniło się do tego 8497 osób z całego świata, a nie jest to jedyna taka baza, choć ta od samego początku była najbardziej otwarta i obywatelska.

Istnienie takich baz jako źródeł informacji zrewolucjonizowało badania bioakustyczne. Dzięki nim możemy dziś łatwiej uczyć się rozpoznawania gatunków i zbierać odpowiednie ilości danych do uczenia rozpoznawania przez zautomatyzowane algorytmy *machine learning*, mamy próbki do przygotowywania playbacków używanych w eksperymentach

badających funkcje różnych wokalizacji, wreszcie możemy badać zmienność sygnałów w przestrzeni i czasie. Aż trzy grupy ptaków: śpiewające (podrzęd Oscines), papugi i kolibry, uczą się śpiewu w procesie bardzo podobnym i analogicznym do uczenia się mowy u człowieka [2]. W efekcie uczenia się i dyspersji osobników obserwujemy niezwykle ciekawe zjawiska, jak chociażby występowanie tzw. dialektów w śpiewie, podobnie jak dialektów w obrębie języków u człowieka. Świetnym przykładem są np. badania nad australijskim trzaskaczem czarnoczubym (*Psophodes olivaceus*). Badania w skali całego kontynentu pokazały, że proces uczenia się śpiewu samców i samic tego gatunku jest odmienny. Samice tworzą lokalne dialekty, w obrębie których śpiewają tym samym „językiem”, podczas gdy samce praktycznie nie wykazują żadnej zmienności geograficznej i wszędzie wydają śpiew zakończony charakterystycznym gwizdem o bardzo szerokim paśmie częstotliwości, które preferowane jest przez samice, najpewniej w związku z tym, że jest trudne do wykonania i może wskazywać na jakość potencjalnego partnera do rozrodu [10]. Słynne słowa Mikołaja Reja, iż „Polacy nie gęsi, iż swój język mają” nie doceniają więc możliwości ptaków, ale dziś możemy też śmiało powiedzieć, że wniknięcie w szczegóły ptasich dialektów może być niezwykle wartościowe nie tylko poznawczo. Pokazują to na przykład opublikowane niedawno badania dotyczące krytycznie zagrożonego gatunku miodojada z Australii – koralicowca królewskiego (*Anthochaera phrygia*). Utrata kultury wokalne (upraszczanie wokalizacji) może być traktowana jako zwiastun wymierania w zanikających populacjach, gdzie zachowania takie jak śpiew są wyuczane przez naśladownictwo innych osobników. Monitoring bioakustyczny takich gatunków możemy więc traktować nie tylko jako prosty system, pozwalający na potwierdzenie występowania gatunku na podstawie wykrycia go na nagraniu. Wyłapanie zmian pewnych parametrów nagranych sygnałów pozwala na wczesne dostrzeżenie zachodzenia negatywnych procesów w populacjach i ostrzega przed ich wymarciem [3]. Oczywiście metody takie można stosować również poza tropikami, ale właśnie tam mogą być najtańszą opcją długoterminowego monitoringu.

Z punktu widzenia badań bioakustycznych ogromna zmienność indywidualna śpiewu u gatunków z grup, które się go uczą, poza tym, że jest niezmiernie ciekawa, stanowi też problem w procesie automatycznego rozpoznawania. Niestety znajomość podstawowych parametrów śpiewu, jak jego długość czy zakres częstotliwości, to za mało. Skuteczne algorytmy rozpoznawania bazują dzisiaj na procedurach

naśladowujących uczenie się i nawet jeśli część procesu odbywa się w sposób automatyczny (np. rozdzielenie *biophonies* od *antropophonies*), to jednak kluczowe jest włączenie do ich uczenia przykładów, a więc prawdziwych i rozpoznawanych próbek wokalizacji. Największym wkładem do ulepszenia działania wspomnianych algorytmów jest więc

rozpoznawania gatunków. Jest to zresztą tylko jeden z wielu sposobów, w jaki dzisiaj każdy może włączyć się badania i ochrony ptaków oraz innych organizmów. Wystarczy zajrzeć na takie strony, jak eBird [26] czy Cybertracker [26], żeby znaleźć tam coś dla siebie, bądź zacząć szukać dalej. Dla ludzi zafascynowanych przyrodą i chcących pogłębiać swoją



Ryc. 11. Słoń sawanny (*Loxodonta africana*) w Queen Elisabeth NP. Nie sposób ich nie zobaczyć odwiedzając ten park. Najbliższe bezpieczne spotkanie możliwe jest z łodzi bądź z samochodu. Niemniej w Afryce są miejsca, gdzie dość bezpiecznie można poruszać się pieszo wśród słoń. Warunkiem podstawowym jest to, aby nie miały wcześniejszych przykrych doświadczeń z ludźmi. Bo pamięć to one mają dobrą; Uganda. Fot. Tomasz S. Osiejuk.

dostarczanie im tego „mięsa” w postaci tzw. adnotowanych nagrań. Jeśli na bazie doświadczenia zdobytego w terenie czy też próbek uzyskanych z dostępnych baz, jak np. Xeno-Canto, nauczymy się bezbłędnie rozpoznawać jakiś gatunek bądź gatunki ptaków, to możemy przeglądać długotrwałe nagrania, na których zaznaczamy poprawnie rozpoznane wokalizacje. Takie adnotowane nagrania mogą następnie służyć do uczenia algorytmów i sprawdzania ich skuteczności. Zapewne pojedynczemu człowiekowi trudno byłoby się nauczyć śpiewu wszystkich ptaków, ale nauczenie się kilku gatunków zazwyczaj nikomu nie sprawia trudności. Można więc brać udział jako wolontariusz w procesie adnotacji, przyczyniając się do zwiększenia skuteczności działania algorytmów

wiedzę dobrym wyborem jest też wzięcie udziału w wolontariatach, które wbrew pozorom są dość często oferowane przez różne grupy badawcze prowadzące obserwacje w tropikach [6]. Czasami jest to jedyna sposobność, aby zobaczyć jak wygląda życie w tropikach nie z perspektywy turysty, tylko takim, jakie jest na co dzień. Możliwości takie są też coraz bardziej osiągalne dla studentów biologii w Polsce, na różnych uczelniach coraz częściej dostępne są specjalistyczne kursy. Jednym z nich jest Kurs Biologii Tropikalnej w Ugandzie, znajdujący się w programie studiów biologicznych Wydziału Biologii UAM w Poznaniu; Uniwersytet Jagielloński organizuje naprzemiennie w Kostaryce i w Sabah na Borneo „*Tropical ecology field course*”, a Wydział

Leśny Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu oferuje zajęcia terenowe poświęcone różnym lasom tropikalnym. Dzięki kursowi z UAM studenci mogą spędzić około dwóch tygodni w parkach narodowych Kibale i Queen Elizabeth. W tym pierwszym, o charakterze typowo leśnym, prowadzą miniprojekty badawcze, w trakcie których odławiają i nagrywają ptaki, obserwują zachowania naczelnych (obecnych jest tam aż 13 gatunków), robią eksperymenty dotyczące preferencji środowiskowych i pokarmowych motyli czy analizują faunę żyjącą w ściółce lasu o różnym stopniu przekształcenia. Niewątpliwie to naczelne, a zwłaszcza szympanse z tego lasu, robią na naszych studentach największe wrażenie, ponieważ nie za bardzo boją się ludzi. Już przy pierwszym wejściu do lasu z moją grupą mieliśmy spotkanie z trójką osobników, które przeszły tuż koło nas, a jeden nawet otarł się o nogę studentki, jakby pokazując, kto tu jest tak naprawdę u siebie. Krótki 2–3-dniowy wyjazd do sawannowego parku Queen Elizabeth to swego rodzaju terapia szokowa, bo w terenie otwartym można zobaczyć na własne oczy te wszystkie lwy, słonie (Ryc. 11), stada antylop, przy odrobinie szczęścia również lamparta; wszystko to w komfortowych warunkach, bo z samochodu bądź

łodzi. Trzeba jednak pamiętać, że tropiki rządzą się swoimi prawami i pełnej gwarancji ani na zobaczenie, ani na bezpieczeństwo nigdy nie ma – nasz samochód utknął pewnego razu dokładnie w środku grupy kilkudziesięciu słoni i cóż... trzeba było wyjść i całą grupą wypchnąć pojazd z pomocą drugiego pojazdu, który szczęśliwie się pojawił i miał hak holowniczy.

Podsumowując, sygnały dźwiękowe ptaków i innych tropikalnych zwierząt stanowią nieodłączną cechę tych ekosystemów, która sprawia, że dla przyrodnika (i nie tylko) są one tak bardzo atrakcyjne. Jadąc w tropiki z grupą czy też samodzielnie warto pomyśleć, żeby zawczasu zaopatrzyć się w jedną z wielu dostępnych aplikacji na telefon, dzięki którym szybko możemy znaleźć ryciny czy zdjęcia zwierząt i nagrania głosów przez nie wydawanych. Warto wybierać takie parki i rezerwy, gdzie jedną z opcji jest piesza wędrówka z przewodnikiem. Dzięki temu możemy z takiego wyjazdu czerpać o wiele więcej przyjemności i wiedzy. Warto to zrobić jak najszybciej, bo działalność człowieka ma niestety również bardzo negatywny wpływ na krajobrazy dźwiękowe. Miejsca, gdzie wciąż możemy usłyszeć jedynie zwierzęta i inne dźwięki natury, są coraz rzadsze.

Bibliografia:

1. Bradbury J. W., Vehrencamp S. L. (2011) Principles of Animal Communication. 2nd Edition. Sunderland (Massachusetts), Sinauer Associates, Inc.
2. Catchpole C. K., Slater P. J. B. (2008) Bird Song. Biological Themes and Variations. 2nd Edition. Cambridge, Cambridge University Press.
3. Crates R., Langmore N., Ranjard L. i wsp. (2021) Loss of vocal culture and fitness costs in a critically endangered songbird. *Proceedings of The Royal Society B*, 288: 20210225.
4. Dröge S., Martin D. A., Andriafanomezantsoa R. i wsp. (2021) Listening to a changing landscape: acoustic indices reflect bird species richness and plot-scale vegetation structure across different land-use types in north-eastern Madagascar. *Ecological Indicators*, 120: 106929.
5. Farina A., Gage S. H. (red) (2014) Soundscape Ecology. Principles, patterns, methods and applications. Dordrecht Heidelberg New York London, Springer.
6. Frigerio D., Pipek P., Kimmig S. i wsp. (2018) Citizen science and wildlife biology: Synergies and challenges. *Ethology* 124: 365–377.
7. Hasselquist D., Bensch S., von Schantz T. (1996) Correlation between male song repertoire, extra-pair paternity and offspring survival in the great reed warbler. *Nature* 381: 229–232.
8. McComb K., Moss C., Sayialel S. i wsp. (2000) Unusually extensive networks of vocal recognition in African elephants. *Animal Behaviour*, 59: 1103–1109.
9. McComb K., Reby D., Baker L. i wsp. (2003) Long-distance communication of social identity in African elephants. *Animal Behaviour*, 65: 317–329.
10. Mennill D. J., Rogers A. C. (2006) Whip is good! Geographic consistency in male songs and variability in female songs of the duetting eastern whipbird *Psophodes olivaceus*. *Journal of Avian Biology*, 37: 93–100.

11. Mikula P., Tószögyová A., Hořák D. i wsp. (2020) Female solo song and duetting are associated with different territoriality in songbirds. *Behavioral Ecology*, 31: 322–329.
12. Osiejuk T. S., Żbikowski B., Wheeldon A. i wsp. (2019) Hey mister Tambourine Dove, sing a song for me: simple but individually specific songs of *Turtur tympanistria* from Cameroon. *Avian Research*, 10: 14.
13. Pérez-Granados C., Schuchmann K-L. (2020) Monitoring the annual vocal activity of two enigmatic nocturnal Neotropical birds: the Common Potoo (*Nyctibius griseus*) and the Great Potoo (*Nyctibius grandis*). *Journal of Ornithology*, 161: 1129–1141.
14. Riebel K., Odom K. J., Langmore N. E. i wsp. (2019) New insights from female bird song: towards an integrated approach to studying male and female communication roles. *Biology Letters*, 15: 20190059.
15. Stutchbury B. J. M., Morton E. S. (2001) *Behavioral Ecology of Tropical Birds*. San Diego, Academic Press.
16. Sueur J., Farina A., Gasc A. i wsp. (2014) Acoustic indices for biodiversity assessment and landscape investigation. *Acta Acustica United with Acustica*, 100: 772–781.
17. Szymański P., Olszowiak K., Wheeldon A. i wsp. (2021) Passive acoustic monitoring gives a new insight into year-round duetting behaviour in a tropical songbird. *Ecological Indicators*, 122: 107271.
18. Thompson M. E., Schwager S. J., Payne K. B. (2010). Heard but not seen: an acoustic survey of the African forest elephant population at Kakum Conservation Area, Ghana. *African Journal of Ecology*: 48: 224–231.
19. Thompson M. E., Schwager S. J., Payne K. B. i wsp. (2009). Acoustic estimation of wildlife abundance: methodology for vocal mammals in forested habitats. *African Journal of Ecology*, 48: 654–661.
20. Towsey M., Wimmer J., Williamson I. i wsp. (2014) The use of acoustic indices to determine avian species richness in audio-recordings of the environment. *Ecological Informatics*, 21: 110–119.
21. Wheeldon A., Szymański P., Budka M. i wsp. (2020) Structure and functions of Yellow-breasted Boubou (*Laniarius atroflavus*) solos and duets. *PeerJ*, 8: e10214.
22. Wheeldon A., Szymański P., Surmacki A. i wsp. (2021) Song type and song type matching are important for joint territorial defence in a duetting songbird. *Behavioral Ecology*, 32: 883–894.

Źródła internetowe:

23. Elliott A., Garcia E. F. J., Boesman P. F. D. (2020) White Stork (*Ciconia ciconia*), version 1.0. W: *Birds of the World*. (del Hoyo J., Elliott A., Sargatal J., Christie D. A., de Juana E. red). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.whisto1.01>
24. <http://xeno-canto.org>
25. <https://ebird.org>
26. <https://cybertracker.org>



- ◀ Im bliżej zwrotników, tym bardziej sucho – opady występują wyłącznie w czasie krótkiej pory deszczowej, a jeśli do tego zatrzymać nie jest w stanie tej wody zatrzymać, sawanna ustępuje półpustyniom (salinisko Etosha w Namibii, około 19°S; fot. Ryszard Laskowski).



- ◀ Wzdłuż zwrotników opady zdarzają się już niezwykle rzadko i nieprzewidywalnie – to tu ciągnie się pas największych i najbardziej suchych pustyni na Ziemi, będących efektem specyficznego układu prądów atmosferycznych (tzw. komórka Hadleya) i oceanicznych (zimne prądy omywające zachodnie wybrzeża Ameryki Południowej i Afryki). Jednak gdy spadnie deszcz, nawet pustynia się zazielenia (Pustynia Namib, tuż za Zwrotnikiem Koziorożca – 24,7°S; fot. Ryszard Laskowski).



- ◀ Pustynia Namib – jeden z najbardziej suchych obszarów Ziemi: opady rzadko przekraczają tu 20 mm na rok, a zdarzają się przeciętnie tylko około pięciu dni rocznie (24,7°S; Fot. Ryszard Laskowski).



- ◀ Ekstremalna susza pustyni Namib zmusza żyjące tam organizmy do poszukiwania niestandardowych rozwiązań: chrząszcze z rodziny czarnuchowatych (Tenebrionidae), jak przedstawiony na fotografii *Onymacris unguicularis*, całą niezbędną do życia wodę pozyskują z powietrza, gdy w chłodne pustynne noce wytrąca się na ich ciele w postaci niewielkich kropeł (Pustynia Namib, około 24°S; fot. Ryszard Laskowski).

O tym, że to bardzo dziwna roślina, mówi nie tylko jej wygląd, ale i nadana jej nazwa: welwiczja przedziwna (*Welwitschia mirabilis*). Występuje wyłącznie w Namibii i Angoli; jej gruby, krótki pień, osiągający do 50 cm wysokości i 120 cm średnicy, jest niemal w całości schowany pod ziemią i wykształca w ciągu całego życia tylko dwa liście – za to ogromne, bo dochodzące do 6 m długości, i niebywale długowieczne – żyją wraz z całą rośliną nawet kilkaset lat (Park Narodowy Namib-Naukluft, Namibia, 22,7°S; fot. Ryszard Laskowski).



Bogactwo środowisk i związana z tym ogromna liczba konkurujących o zasoby gatunków doprowadziła do ewolucji niezwykle ciekawych przystosowań i związków międzygatunkowych. Do najdziwniejszych roślin, jakie możemy spotkać w tropikach, należy bez wątpienia raflezja (bukietnica) Arnolda (*Rafflesia arnoldii*) – pasożytnicza roślina występująca w wilgotnych lasach tropikalnych Sumatry i Borneo. Raflezja pasożytuje na krzewach z rodzaju *Cissus*, sama nie wytwarza korzeni, łodyg ani liści, za to wydaje największy kwiat w świecie roślin, o średnicy dochodzącej do 100 cm i masie do 10 kg. Wydziela woń padliny, wabiącą zapylające go muchówki (Borneo, 6°N; fot. Ryszard Laskowski).



Dzbanecznik wąskolistny (*Nepenthes stenophylla*) to następny przykład przystosowań do szczególnych warunków w ubogich troficznie tropikalnych lasach – niezbędne do życia pierwiastki, przede wszystkim azot, pozyskuje dzięki drapieżnictwu: przekształcone w pułapki liście pozwalają mu chwycić i trawić drobne zwierzęta (góra Silam, Borneo, 6,96°N; fot. Ryszard Laskowski).



Piestrzennikowe (Hydnoroideae) to kolejna grupa najdziwniejszych roślin świata. Podobnie jak raflezja Arnolda są pasożytami. Widoczny na fotografii rodzaj piestrzennik (*Hydnora*) występuje na Afryce, na Madagaskarze i na Półwyspie Arabskim (Serengeti, Tanzania, 3°S; fot. Ryszard Laskowski).





- ◀ W tropikach nie tylko wśród roślin spotykamy przykłady niezwykłych rozwiązań – termyty budują największe konstrukcje na Ziemi: w Brazylii odkryto „miasto” termitów o powierzchni 230 tys. km² – to powierzchnia równa ponad 2/3 powierzchni Polski (tu termitery w Namibii, 20,8°S; fot. Ryszard Laskowski).



- ◀ Imponujące konstrukcje budują też niektóre gatunki tropikalnych ptaków – tkacz (*Philetairus socius*) to niewielki ptak z rodziny wikłaczowatych (Ploceidae), występujący w Namibii, Botswanie i RPA. Gniazda tkaczy, zamieszkane nawet przez 500 osobników, osiągają rozmiary kilku metrów i mogą ważyć ponad tonę. Inną ciekawostką tego gatunku, będącą przystosowaniem do półpustynnych warunków, jest pozyskiwanie wody wyłącznie z pokarmu i procesów metabolicznych (Park Narodowy Etosha, Namibia, 19°S; fot. Ryszard Laskowski).



- ◀ Pod względem wielkości konstrukcji i ich „technologicznego” zaawansowania wygrywają owady społeczne – mrówki grzybiarki budują podziemne gniazda o średnicy dochodzącej do 30 m i kilkudziesięciometrowej długości korytarzach, łączących kilka tysięcy komór, w których na znoszonych do gniazda liściach hodują specjalne gatunki grzybów, służących im za pokarm (*Atta cephalotes* w Kordylierze Nadbrzeżnej w Wenezueli, 10,3°N; fot. Ryszard Laskowski).



- ◀ Ogromna bioróżnorodność tropików oznacza też różnorodność powiązań międzygatunkowych – tu przykład forezji, czyli przenoszenia jednych organizmów przez inne: chrząszcze arlekiny (Cerambycidae) to znani z przenosiciele zaleszczotków; por. Weiner J. (2009) Chrząszcz arlekin i jego pasażerowie „na gapę”. *Wszechświat* 110 (4–6): 23–26 (Kordylierza Nadbrzeżna, Wenezuela, 10,4°N; fot. Ryszard Laskowski).

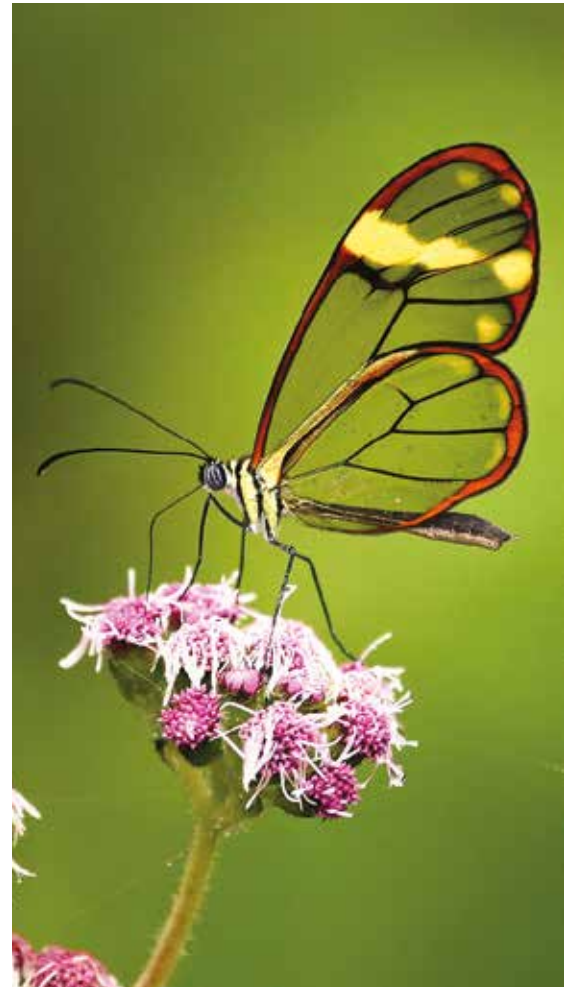
Liczne owady to dostatek pożywienia dla nietoperzy – w jednej z jaskiń w Parku Narodowym Gunung Mulu na Borneo stwierdzono kolonię gatunku *Chaerophon plicatus* liczącą 2,5–3 milionów osobników. Każdego wieczora wszystkie wylatują na łowy, tworząc spektakularne widowisko (Gunung Mulu, Borneo, 4°N; fot. Ryszard Laskowski).



Gdy wokół czają się dziesiątki drapieżników, warto zadbać o dobry kamuflaż – jaszczurkę *Gonocephalus liogaster* można spotkać w deszczowych lasach Borneo (Danum Valley, Borneo, 5°N; fot. Ryszard Laskowski).



Jeśli nie kamuflaż, można się stać niewidzialnym – *Greta oto* to motyl z rodziny rusalkowatych (Nymphalidae), w języku angielskim nazywany Glass Wing Butterfly, czyli motyl szklano-skrzydły (Miranda, Wenezuela, 10,4°N; fot. Ryszard Laskowski).



Tu kamuflaż sprawdza się tylko przy zamkniętych oczach – rzekotka (chwytnica) czerwonooka (*Agalychnis callidryas*), symbol Kostaryki (La Gamba, Kostaryka, 8,7°N; fot. Ryszard Laskowski).



LASY DESZCZOWE MADAGASKARU I LUDZIE – ŻYCIE W SYMBIOZIE CZY KATASTROFA EKOLOGICZNA?

Madagascar rainforests and humans
– life in symbiosis or ecological disaster?

Maciej Marcin Nowak, Justyna Wiland-Szymańska (Poznań)

Streszczenie

Niezwykła różnorodność krajobrazu na Madagaskarze jest efektem zarówno bogatej historii geologicznej oraz uwarunkowań klimatycznych, jak i działalności człowieka. Niestety, ogromne bogactwo zasobów przyrodniczych – złóż surowców mineralnych, różnorodności świata roślin i zwierząt jest intensywnie eksploatowane przez mieszkańców wyspy i zagranicznych inwestorów. Spośród wielu formacji roślinnych Madagaskaru na szczególną uwagę zasługuje wiecznie zielony las deszczowy, zwany lasem ombrofilnym, występujący w części wschodniej wyspy. Jego zasoby są nadmiernie eksploatowane, co stanowi nieodwracalne w skutkach zagrożenie dla stabilności tego ekosystemu. Lasy deszczowe nie są w stanie w pełni odnowić się po powstałych zniszczeniach. Ponadto należy pamiętać, że razem z drzewami giną związane z nimi mikroorganizmy, grzyby i zwierzęta. Problem naturalnych odnowień rodzimych gatunków drzew, powolne tempo ich wzrostu, konkurencja obcych gatunków inwazyjnych, zaburzenie stosunków wodnych i trwałe przekształcenie siedlisk leśnych poprzez proces erozji gleb sprawia, że na Madagaskarze nie obserwuje się znaczących powierzchni zregenerowanego lasu deszczowego. Bez podjęcia skutecznych międzynarodowych działań istnieje niebezpieczeństwo, że bogactwo tego wyjątkowego ekosystemu Madagaskaru zaniknie bezpowrotnie.

Abstract

The extraordinary diversity of the landscape in Madagascar is a combination of a rich geological history, climatic conditions and a human activity. Unfortunately, the enormous wealth of natural resources – mineral deposits, the diversity of plants and animals is intensively exploited by the inhabitants of the island and foreign investors. Among numerous plant formations of Madagascar, the evergreen forest occurring in the eastern part of the island, known also as the ombrophilous forest, deserves special attention. For centuries, this forest has been subjected to an excessive human interference, which poses an irreversible threat to the stability of this ecosystem. Unfortunately, the ombrophilous forests regeneration from damage is never a full recovery to their original state. In addition, it should be remembered that dependent microorganisms, fungi and animals go extinct along with the trees. No significant areas of highly regenerated rainforest are observed in Madagascar due to the difficulties with natural reproduction of the native trees, their slow growth rate, competition from alien invasive species, water condition disruptions and the permanent transformation of forest habitats through the process of the soil erosion. Without effective international actions, there is a danger that the richness of this unique Madagascar ecosystem will be lost forever.

Przybywając na Madagaskar, już na przedmieściach stolicy kraju – Antananarywy, nie sposób nie zauważyć ogromnej różnorodności krajobrazu. Ta mozaikowość jest efektem zarówno bogatej historii geologicznej i uwarunkowań klimatycznych, jak również działalności człowieka. Ogromne bogactwo zasobów przyrodniczych, do których należą złoża surowców mineralnych oraz różnorodność świata roślin i zwierząt, jest intensywnie eksploatowane przez mieszkańców wyspy i zagranicznych inwestorów. Madagaskar nieprzerwanie fascynuje badaczy swoją niezwykle endemiczną fauną i florą, zupełnie inną niż na kontynencie afrykańskim, bo spotykana tylko na tej wyspie. Wspaniałym przykładem koewolucji owadów i roślin zaistniałej na tej wyspie, jest storczyk *Angraecum sesquipedale* Thouars, o długiej na 30 cm ostrodze, na dnie której znajduje się słodki nektar. Karol Darwin, gdy otrzymał zielnik zawierający okaz tej niezwyklej rośliny, przewidział w swojej książce z 1862 r. (*Fertilisation of Orchids*), że na wyspie musi występować zapylacz o długiej trąbce. Dopiero w roku 1903 został odkryty zawisak o imponującej ssawce, którego nazwano *Xanthopan morgani praedicta*, czyli „przewidziany”, aby podkreślić fakt potwierdzenia hipotezy Darwina. Równoległe do bogactwa gatunkowego, bardzo urozmaicony jest też naturalny krajobraz wyspy. Jego zmienność wynika głównie ze zróżnicowanej rzeźby terenu i z dużej rozciągłości południkowej oraz z wyspiarskiego charakteru Madagaskaru, formując kilka typów klimatu. Wyrazem tego jest też bogata szata roślinna, np. sawanna krzewiasta i drzewiasta na rozległych płaskowyżach ciągnących się w centralnej części kraju, lasy galeriowe wzdłuż rzek, formacja zarośli z endemicznym gatunkiem tapia (*Uapaca bojeri* Baill.) na obszarach górskich w Masywie Centralnym, czy wreszcie formacja kolczasta z przedstawicielami rodziny *Didieraceae*, występująca w południowej części wyspy [2]. Nie można też zapominać o niezwyklej różnorodności gatunków zwierząt występujących na Madagaskarze [1]. Na największą uwagę zasługuje jednak wiecznie zielony las deszczowy, zwany lasem ombrofilnym, występujący w części wschodniej Madagaskaru, ciągnący się od jego krańców północnych aż po część południową. Potrzeba tego zainteresowania jest podyktowana dużą presją człowieka na las deszczowy Madagaskaru, co stanowi nieodwracalne w skutkach zagrożenie dla stabilności tego ekosystemu. Na czym polega to niebezpieczeństwo? Czy jest szansa na jego zażegnanie? Czy las deszczowy Madagaskaru zaniknie bezpowrotnie?

Wiecznie zielony las deszczowy (*primary forest*) na Madagaskarze na początku XXI wieku zajmował

powierzchnię 47 737 km², z czego 39% znajdowało się pod ochroną. Redukcja obszaru tego ekosystemu w latach 1970–2000 wyniosła aż 33,4%. Ten typ lasu występuje na Madagaskarze od poziomu morza do wysokości 2750 m n.p.m. Jest on rozprzestrzeniony przede wszystkim wzdłuż wschodniego wybrzeża wyspy, na terenach pod silnym wpływem wilgotnego klimatu oceanicznego, o opadach wynoszących 1500–2400 mm rocznie, gdzie pora sucha trwa maksymalnie 3 miesiące. W wyższych położeniach górskich niższe opady mogą być kompensowane przez zamglenia. Lasy te występują na glebach ferralitowych, wykształconych na skałach magmowych i metamorficznych. Korony drzew sięgają do 30–35 m wysokości, ale ich wysokość zależna jest od położenia względem poziomu morza. Wysokość drzew w lesie uzależniona jest też od jego składu gatunkowego, a także położenia geograficznego. Lasy występujące na terenach nizinnych charakteryzują się drzewami wyższymi niż te występujące na obszarach wyżynnych/górskich. Na powierzchni jednego hektara liczba drzew o pierśnicy poniżej 10 cm wynosi od 500–1000, a okazów o pierśnicy powyżej 1 m jest z reguły mniej niż 50. Las ten jest wielowarstwowy, a korony najwyższych drzew zazwyczaj się ze sobą łączą. Ze względu na szeroki zasięg wysokościowy tych lasów, ich skład gatunkowy i fizjologia są bardzo zróżnicowane. Zależnie od położenia geograficznego dominujące taksony drzew są odmienne. W lasach znajdujących się na średniej wysokości nad poziomem morza nierzadkie są bambusy, występuje tu też wiele gatunków lian. Różnorodność biologiczna tych lasów, bardzo wysoki stopień endemizmu występujących tam gatunków roślin, zwierząt i innych organizmów opisana jest w olbrzymiej liczbie pozycji literatury, zarówno ściśle naukowej, jak i popularnej [1,2]. Lemury, chrząszcze (takie jak żyrafki madagaskarskie), kameleony, motyle i żaby (w tym pomidorowe), a także storczyki stanowią tylko ikony, które najczęściej kojarzy się z tym ekosystemem.

Zdegradowane działalnością człowieka lasy deszczowe nazywane *savoka* (Ryc. 1) zajmują obszar ponad 58 tys. km², z których chronione jest niecałe 2,5%. Przekształcenia roślinności w tych lasach zależne są od typu antropopresji. Można spotkać lasy prawie niezmienione, tereny z rozproszonymi drzewami lub zakrzewione oraz różne typy formacji trawiastych. Ten typ lasu zawiera w sobie elementy flory rodzimej i gatunków ruderalnych, takich jak pielgrzan madagaskarski (*Ravenala madagascariensis* Sonn.). Na terenach położonych wyżej nad poziomem można i poddawanych wypalaniu pojawia się wiele wrzósć (*Erica* sp.), kocanek (*Helichrysum* sp.) oraz

orlica pospolita (*Pteridium aquilinum*), gatunek kosmopolityczny, występujący także w Polsce. W wielu miejscach widoczne są gatunki obce, nasadzone przez człowieka, jak np. sosny (*Pinus* sp.), eukaliptusy (*Eucalyptus* sp.) czy cyprysy (*Cupressus* sp.), lub też pojawiające się spontanicznie. Savoka jest związana ze stosowaniem rolnictwa opartego na wycianiu i wypalaniu naturalnej roślinności. Przemienia



Ryc. 1. Savoka z pielgrzanem madagaskarskim przy drodze RN2 w pobliżu Andasibe. Fot. J. Wiland-Szymańska.

ono zbiorowiska leśne w tereny otwarte z dominacją traw, a naturalnej sukcesji zapobiega ich wypalanie i wypas. Lasy te występują od poziomu morza do 1750 m n.p.m. na centralnej wysoczyźnie i przylegających do niej stokach. Związane są z klimatem wilgotnym i średnio wilgotnym, o opadach wynoszących od 700 do 3400 mm rocznie, bez pory suchej lub z nie dłuższą niż 2 miesiące. Zbiorowisko to spotykane jest na skale wulkanicznej i osadach aluwialnych, tworzących cienką warstwę gleby, bardzo podatną na erozję. W miarę dobrze zachowane fragmenty tych lasów powinny być objęte jak najszybszą ochroną, stanowią bowiem rezerwar rodzimej różnorodności. Nie ma jednak dowodów na to, że lasy zdegradowane mogą ulec kompletnej regeneracji do lasu naturalnego [4].

Obok wrażliwości lasu deszczowego na zniszczenia pod wpływem coraz liczniejszych cyklonów tropikalnych, to głównie nieprzerwana od wieków eksploatacja lasu deszczowego Madagaskaru oraz potrzeba pozyskiwania nowych terenów pod działalność rolniczą i osadniczą prowadzi do degradacji, a czasem i całkowitej eliminacji tego naturalnego ekosystemu. Zwiększona od czasów kolonialnych eksploatacja zasobów drzewnych w lasach deszczowych Madagaskaru przyczyniła się do osłabienia ich równowagi ekologicznej [3]. Pozyskiwanie drewna przede wszystkim z rodzajów *Dalbergia* L. (dalbergia, drewno różane, palisander) i *Diospyros* L. (hurma,

heban) (Ryc. 2), głównie z okazów o pokaźnych rozmiarach na potrzeby produkcji materiałów budowlanych czy przedmiotów użytkowych, doprowadziło do zachwiania struktury piętrowej lasu deszczowego. Przeświecenie zwiększyło ilość promieniowania słonecznego docierającego do niżej położonych części drzewostanu i zaburzyło rozwój wielu gatunków roślin, których owoce stanowią bazę pokarmową



Ryc. 2. Przejęte drewno hebanowe przed oddziałem Ministerstwa Środowiska i Rozwoju w Toamasinie (kwiecień 2019). Fot. J. Wiland-Szymańska.

m.in. dla wielu gatunków lemurów leśnych. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na degradację struktury zbiorowiska roślinnego jest konieczność przetransportowania pni, ciężkich ze względu na dużą gęstość drewna. W tym celu wykorzystuje się egzemplarze innych gatunków drzew, które służą jako platforma wyporna dla spławiania drewna szlachetnego rzekami. Pomimo wielu działań organizacji międzynarodowych na rzecz ochrony lasu deszczowego Madagaskaru, eksploatacja drewna odbywa się obecnie najczęściej w sposób nielegalny przez zorganizowane grupy przestępcze, pochodzące z wielu państw wysokorozwiniętych, które są głównymi odbiorcami tego surowca. Bardzo często partie nielegalnie pozyskanego drewna posiadają sfałszowane certyfikaty kontrolowanej i odpowiedzialnej produkcji leśnej (np. Forest Stewardship Council (FSC)).

Taki proceder jest możliwy dzięki powszechnie panującej na Madagaskarze korupcji, przede wszystkim na szczeblu rządowym. Ponadto wielu mieszkańców kraju biorących udział w pozyskiwaniu drewna, uczestniczy w tym procederze świadomie, wiedząc, że dla kolejnych pokoleń lasu deszczowego z całym jego bogactwem może zabraknąć. Niestety, jeden z najwęższych na świecie poziomów ubóstwa na



Ryc. 3. Inwazyjny wianecznik z rodziny imbirowatych na skraju drogi w Andasibe. Fot. J. Wiland-Szymańska.

Madagaskarze sprawia, że ludzie są zdesperowani, aby za wszelką cenę zdobyć środki na przeżycie. Należy podkreślić, że nielegalna eksploatacja lasów deszczowych na Madagaskarze spotykana jest również na terenie parków narodowych.

Drugi typ aktywności człowieka, który mocno ingeruje w stan i powierzchnię lasów deszczowych, stanowi działalność rolnicza i osadnicza mieszkańców wyspy, nazywana aktywnością „slash and burn” (pol.: wycinanie i palenie). Ludzie na Madagaskarze od wieków zamieniają las na tereny służące uprawie roślin i dzieje się to w szybkim tempie. Niewielka grubość profilu glebowego i podatność gleby na erozję wodną, nazywaną lavaka, sprawia, że teren wykorzystywany rolniczo w krótkim czasie staje się bezwartościowy. W przypadku terenów leśnych przekształcanych na potrzeby osadnicze, ich żywotność jest również bardzo krótka ze względu na nietrwałość

budowlaną domostw. Budynki mieszkalne konstruowane są z cegieł wyrabianych z osadów aluwialnych bądź gleb laterytowych, bardzo podatnych na erozję. Kiedy zabudowa mieszkalna nie nadaje się do użytkowania, całe rodziny poszukują nowych miejsc zamieszkania. Poza obszarami miejskimi, takie zjawisko ma miejsce nawet w obecnych czasach. Konsekwencją działalności rolniczo-osadniczej jest las o bardzo wysokim poziomie degradacji lub obszar wylesiony, pozostający nieużytkiem. Niestety, w wielu miejscach pojawiają się gatunki obce (inwazyjne), często na skutek ich celowego wprowadzenia przez człowieka. Najczęściej są to sosny (*Pinus* L.), eukaliptusy (*Eucalyptus* L'Hér.), cyprysy (*Cupressus* L.) czy gujawy (*Psidium guajava* L.). Często są też zielne rośliny ruderalne, takie jak różnorodne trawy i należący do rodziny imbirowatych wianecznik *Hedygium flavescens* Carey ex Roscoe (Ryc. 3).

Lasy deszczowe nie są w stanie w pełni odnowić się po powstałych zniszczeniach. Należy pamiętać, że razem z drzewami giną związane z nimi mikroorganizmy, grzyby i zwierzęta. Problem naturalnego rozsiewania drzew rodzimych gatunków, powolne tempo ich wzrostu, konkurencja obcych gatunków inwazyjnych, zaburzenie stosunków wodnych i trwałe przekształcenie siedlisk leśnych poprzez proces erozji gleb sprawiają, że na Madagaskarze nie obserwuje się znaczących powierzchni dalece zregenerowanego lasu deszczowego. Ekosystem, który nie odnawia się w pełni, nie jest w stanie zapewnić warunków do życia dla wielu gatunków roślin i zwierząt. Przykładem jest Park Narodowy Ranomafana, w którym w celu ratowania populacji lemurów złotych podejmuje się coraz częściej trudne decyzje o pozostawianiu obcych roślin inwazyjnych, dostarczających lemurom pożywienie, zamiast chronić i odtwarzać florę rodzimą. Można odnaleźć jednak miejsca, w których degradacja lasu została powstrzymana, ale są to przykłady realizacji projektów naukowych, finansowanych przez organizacje międzynarodowe w porozumieniu z organizacjami pożytku publicznego z Madagaskaru, np. Association Mitsinjo z Parku Narodowego Andasibe-Mantadia [6]. Głównym zadaniem stowarzyszenia jest promowanie zrównoważonego rozwoju poprzez poszukiwanie nowych miejsc aktywności zawodowej dla lokalnej społeczności zamieszkującej park narodowy, tak aby zaproponować im nieingerujące w stan lasu zajęcia. W ramach zrealizowanego projektu stowarzyszenie założyło i prowadzi szkołę leśną, z której sadzonki drzew trafiają na obszary poddawane zalesianiu. Podobną działalność prowadzi tu Missouri Botanical Garden na obszarze Parc Ivoloina we wschodnim Madagaskarze (Ryc. 4 i 5).



Ryc. 4. Szkółka siewek rodzimych drzew leśnych w Parc Ivoloia. Fot. J. Wiland-Szymańska.



Ryc. 5. Parcela z odnowieniem lasu w Parc Ivoloia . Fot. J. Wiland-Szymańska.

Ponadto istnieje szereg inicjatyw naukowo-dydaktycznych, dzięki którym pracownicy naukowcy i studenci podnoszą swoje kompetencje w zakresie wiedzy i stosowanych narzędzi w badaniach ekologicznych i biogeograficznych wykorzystywanych w obserwacji ekosystemów leśnych. Przykładem takiej inicjatywy jest współpraca Wydziału Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu z Département de Biologie et Ecologie Végétale w Uniwersytecie Antananarywa. Począwszy od 2012 roku trwa wymiana pracowników naukowych, studentów i doktorantów w ramach programów UNESCO i Erasmus+. Niewątpliwie takie programy współpracy i projekty naukowe na rzecz zrównoważonego użytkowania, prowadzone przez organizacje z krajów rozwiniętych, mają zasadnicze znaczenie dla lokalnych społeczności w zrozumieniu skomplikowanej natury lasów deszczowych i zatrzymania degradacji lasów spowodowanych działaniami człowieka. Niestety, kolejne podróże naukowo-dydaktyczne na Madagaskar nie napawają optymizmem. Postępujące ubóstwo mieszkańców i wszechobecna korupcja, brak finansowania szkolnictwa, służby zdrowia i sektora

środowiskowego odsuwa problem degradacji lasów deszczowych na margines. Tylko gdzie w tej przynębiającej rzeczywistości są potrzeby znanych nam lemurów, storczyków, żyrafek madagaskarskich i żab pomidorowych? Wielu gatunków nie da się rozmnożyć w warunkach sztucznych. Czy gatunki występujące wyłącznie na Madagaskarze przetrwają, jeśli pewne jest, że las deszczowy Madagaskaru w formie akceptowalnej do życia np. przez lemury zaniknie już za kilkadziesiąt lat [5]? Być może jedyną drogą jest edukacja ekologiczna i przyrodnicza społeczeństwa tego kraju oraz wskazanie drogi do jego zrównoważonego rozwoju. Nadmierna eksploatacja zasobów tego kraju napędzana jest przez międzynarodową koniunkturę na drewno egzotyczne, rudy metali i kamienie szlachetne. Tylko wyrównanie szansy na godne życie dla mieszkańców Madagaskaru i uczciwe dzielenie się zyskami daje szansę na zatrzymanie nieodwracalnego procesu niszczenia przyrody tej wyspy.

Bibliografia:

1. Behrens K., Barnes K., 2016. *Wildlife of Madagascar*. WILD Guides. Princeton University Press, Princeton, NJ.
2. Goodman S.M., Benstead J.P., Schutz H., 2007. *The Natural History of Madagascar*. University of Chicago Press.
3. Harper, G., Steininger, M., Tucker, C., Juhn, D., Hawkins, F., 2007. Fifty years of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Environmental Conservation*, 34(4), 325–333.
4. Moat J., Smith P., 2007. *Atlas of the Vegetation of Madagascar*. Kew Publishing, Royal Botanic Gardens, Kew.
5. Morelli T.L., Smith A.B., Mancini A.N. et al., 2020. The fate of Madagascar's rainforest habitat. *Nature Climate Change*, 10, 89–96.

Źródła internetowe:

6. <https://associationmitsinjo.wordpress.com/>

Maciej Marcin Nowak, Zakład Botaniki Systematycznej i Środowiskowej, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu; Laboratorium Biologicznych Informacji Przestrzennych, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (0000-0003-0005-196X). E-mail: mcnowak@amu.edu.pl
Justyna Wiland-Szymańska, Zakład Botaniki Systematycznej i Środowiskowej, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (0000-0002-1916-7201). E-mail: justyna.wiland-szymanska@amu.edu.pl

JAKĄ ROLĘ ODGRYWAJĄ LIANY W LASACH TROPIKALNYCH?

What role do lianas play in tropical forests?

Krzysztof Wiąckowski (Kraków)

Streszczenie

Liany (pnącza o zdrewniałych łodygach) są najbardziej charakterystycznym elementem lasów tropikalnych. Mimo, że ich liczebność w lesie bywa bardzo duża, wiedza o ich ekologicznej roli w ekologii lasu jest wciąż ograniczona w porównaniu do innych roślin. Liany uważane są za strukturalne pasożyty drzew, z którymi skutecznie konkurują o światło, wodę i substancje mineralne. Wpływają bardzo negatywnie na produkcję drzew. Jednocześnie jednak okazują się bardzo ważnym czynnikiem utrzymującym różnorodność gatunkową lasów tropikalnych. Mają też istotny wpływ na obieg węgla, bo chociaż rzadko przekraczają 5% zdrewniałej biomasy, mogą produkować nawet ponad 30% liści. Dlatego obserwowany w ostatnich dziesięcioleciach stały wzrost ilościowego udziału lian w lasach Amazonii prowadzi do obniżenia tempa akumulacji biomasy i sekwestracji węgla, przez co może wpływać na globalne warunki klimatyczne.

Abstract

Lianas (climbers with woody stems) are the most characteristic feature of tropical forests. Although their numbers in the forest can be very large, knowledge about their ecological role in forest ecology is still limited, compared to other plants. Lianas are considered to be structural tree parasites with which they successfully compete for light, water and minerals. They have a very negative effect on the production of trees. At the same time, however, they turn out to be a very important factor maintaining the species diversity of tropical forests. They also have a significant impact on the carbon cycle because, although they rarely exceed 5% of woody biomass, they can produce even more than 30% of leaves in the forest. Therefore, the constant increase in the quantitative share of lianas in the Amazon forests, observed in recent decades, leads to a reduction in the rate of biomass accumulation and carbon sequestration, which may affect global climatic conditions.

Strategia liany

Długie i poskręcane pędy lian, tworzące często liczne pętle między koronami drzew, to najbardziej charakterystyczny element lasów tropikalnych (Ryc. 1). W każdym lesie ma miejsce ostra konkurencja między roślinami o światło. Najlepszy dostęp do światła zapewniają sobie wysokie drzewa. Jednak możliwość umieszczenia korony w najwyższej i najlepiej oświetlonej warstwie lasu jest bardzo kosztowna, wymaga

bowiem zainwestowania znacznej części produkcji fotosyntetycznej w wytworzenie wysokiego i grubego pnia, który zapewni odpowiednią stabilność. Jednak dobór naturalny sprzyja także rozwiązaniom, które pozwalają roślinom osiągnąć swój cel cudzym kosztem. Strategia liany polega na wykorzystaniu wysokich drzew jako podpór. Wspinając się po nich, docierają do najwyższego piętra lasu, gdzie rozwijają własne korony, nie ponosząc kosztów budowy potężnego pnia. Liany to pnącza o zdrewniałych łodygach,

których nasiona kiełkują w glebie, skąd przez całe życie czerpią wodę i substancje biogenne. Samodzielnie nie potrafią wznieść się wyżej niż 2–3 metry, ale umieją rosnąć poziomo, pokonując czasem znaczne odległości, dopóki nie napotkają odpowiedniego drzewa lub innej liany, po których dostaną się do górnej warstwy koron. W lasach tropikalnych liany stanowią przeciętnie około 25% wszystkich ukorze-

Gatunki o takiej formie wzrostu występują w połowie rodzin roślinnych, ale zdecydowana ich większość to rośliny tropikalne i tylko nieliczne żyją w lasach klimatu umiarkowanego [11, 20]. Ze względu na techniczne trudności związane z badaniem lian, stopień ich poznania pozostaje w tyle za znajomością drzew i krzewów. Polifiletyczne pochodzenie jest przyczyną dużego zróżnicowania lian (Ryc. 2 i 3). Dopiero



Ryc. 1. Nizinny las sezonowy. Park narodowy Soberania, Panama. Fot. Krzysztof Wiąckowski.

nionych i zdrewniałych łodyg i około 35% wszystkich gatunków o zdrewniałych łodygach. Choć biomasa lian ma stosunkowo mały udział (około 5%), to ich liście mogą stanowić nawet do 40% wszystkich liści w górnej warstwie koron [12, 18, 23,]. Długość lian jest bardzo zróżnicowana i wynosi od kilku metrów do ponad pół kilometra. Ich średnica waha się w zakresie od kilku mm do ponad 50 cm, jednak tylko u nielicznych gatunków przekracza 10 cm. Łodygi lian w nizinnych lasach tropikalnych mają najczęściej średnicę od 1 do 5 cm, przy czym większość lian o średnicy równej lub większej 2 cm sięga już do warstwy koron [6, 14].

Strategia liany pojawiła się niezależnie od siebie wielokrotnie w ciągu historii ewolucyjnej roślin.

niedawno podjęto próbę ekologicznej klasyfikacji wszystkich pnączy pod względem ich adaptacji związanych z różnymi sposobami wspinania się po drzewach [28]. Jednak mimo wielkiej taksonomicznej różnorodności, wszystkie liany łączy szereg wyraźnych podobieństw, które powstały na zasadzie konwergencji, związanych ze specyficznymi wymaganiami tej formy wzrostu.

Specyficzne właściwości lian

„Rezygnacja” z budowy mocnego pnia i znacznie ograniczona produkcja struktur wzmacniających pozwala lianom inwestować dużą część zaoszczędzonych zasobów w bardzo wydajny system przewodzący,

niezwykle rozbudowany aparat asymilacyjny oraz głęboki system korzeniowy. Te wspólne dla większości lian właściwości umożliwiają ich szybki wzrost i skuteczną konkurencję z drzewami. Z powodu wielkiej długości i stosunkowo małej szerokości łądy, podstawowym problemem jest konieczność zapewnienia szczególnie wydajnego transportu wody. Dlatego tkanki przewodzące lian wykazują wyraźne, charakterystyczne różnice w porównaniu do blisko z nimi spokrewnionych gatunków drzew i krzewów. Liany wykształciły najszerze i najdłuższe spośród wszystkich roślin komórki naczyniowe. Ścianki końcowe członów naczyń u lian mają zwykle pojedyncze otwory (płytki o perforacji prostej). Właściwości te zapewniają mniejsze opory i pozwalają na znacznie szybszy przepływ wody w porównaniu do drzew [3, 10].

Liany jako strukturalne pasożyty drzew

Liany od dawna traktowano jako strukturalne pasożyty drzew [18, 29]. Dzięki swoim specyficznym właściwościom potrafią skutecznie konkurować z drzewami, zarówno o światło w warstwie koron, jak i pod powierzchnią ziemi o wodę i substancje mineralne. Ponieważ rozwijają wielkie ilości liści ponad koroną drzewa, w istotny sposób ograniczają drzewom dostęp światła. Jednocześnie systemy korzeniowe lian potrafią bardziej efektywnie niż drzewa pobierać wodę z gleby. Negatywne oddziaływanie lian na drzewa jest dobrze udokumentowane. Dziesiątki eksperymentów, polegających na usuwaniu lian w różnych typach tropikalnych lasów, pokazało jednoznacznie, że drzewa znajdują się pod silną presją



Ryc. 2–3. Po lewej – nizinny las deszczowy, Danum Valley, Borneo. Po prawej – nizinny las deszczowy, Piedras Blancas, Kostaryka. Fot. Krzysztof Wiąckowski.

Wyróżniającą cechą lian jest rozległa korona i inwestowanie znacznej części zasobów w produkcję liści. Liany produkują znacznie więcej liści niż drzewa. Choć biomasa lian stanowi zwykle małą część całkowitej zdrewniałej biomasy lasu (około 5%), to ich liście mogą stanowić nawet ponad 30% wszystkich liści w górnej warstwie koron [12, 23]. Długie pędy lian mogą obejmować kilka sąsiednich drzew, co umożliwia tworzenie bardzo rozległych koron. Ich liście podlegają stosunkowo szybkiej wymianie, dlatego mają znacznie niższy niż liście drzew stosunek masy do powierzchni. Zawierają mniej elementów wzmacniających i są bogatsze w azot i fosfor [30]. Zawierają też mniej substancji obronnych, dlatego są bardziej wartościowym pokarmem dla roślinożerców i ulegają szybszemu rozkładowi w glebie. Struktura biochemiczna liści lian i drzew różni się w takim stopniu, że rzutuje to na ich właściwości optyczne, pozwalając na ocenę ilościowego udziału lian na dużych obszarach metodami teledetekcji lotniczej i satelitarnej [13, 15].

konkurencyjną ze strony lian. Usunięcie lian prowadzi z reguły do znacznego przyspieszenia tempa wzrostu, produkcji, akumulacji biomasy, a także rekrutacji siewek drzew [8, 9]. Jest to konsekwencja lepszego dostępu światła, ale także poprawy warunków wodnych, bowiem efektem usunięcia lian jest często wyraźny wzrost wilgotności gleby i zwiększone tempo przepływu soków w drzewach. W bardzo ubogich glebach lasów tropikalnych istotną rolę odgrywa także konkurencja o sole mineralne.

Silna konkurencja ze strony lian powinna być istotnym czynnikiem selekcyjnym dla wykształcenia mechanizmów obronnych u drzew. Rzeczywiście, nie wszystkie drzewa są kolonizowane przez liany z jednakową częstością. Są gatunki, na których liany praktycznie w ogóle się nie pojawiają. Wydaje się, że niektóre cechy morfologiczne drzew mogą ograniczać skuteczność kolonizacji przez liany [17]. Niektórym drzewom ochronę przed pnączami dają prawdopodobnie układy symbiotyczne z mrówkami.

Rozrastające się skupienia lian stanowią dla drzewa spore obciążenie, które może z czasem doprowadzić do jego upadku. Stwierdzono, że drzewa porośnięte lianami mają wyraźnie wyższą śmiertelność niż drzewa rosnące bez takiego obciążenia [18]. Na dodatek upadek drzewa pokrytego lianami często pociąga za sobą powalenie sąsiednich drzew. Chociaż upadające drzewa mogą potencjalnie zniszczyć rosnące na nich liany, jednak chroni je przed tym znaczna rezerwa długości. Liany tworzą często pętle i zwykle ich długość jest znacznie większa niż wysokości drzew, na których rosną. Dlatego upadek drzewa najczęściej nie prowadzi do śmierci liany [18]. Większość lian to rośliny światłolubne, które rosną szczególnie szybko na skrajach lasu oraz w lukach utworzonych przez powalone drzewa. Z leżących na ziemi łodyg wytwarzają

także odnosić pewne korzyści, które przynajmniej w jakimś stopniu mogą potencjalnie rekompensować ich negatywne efekty. W porównaniu do drzew, liany posiadają znacznie większą całkowitą powierzchnię liści w stosunku do zdrewniałej biomasy, dlatego produkują także relatywnie więcej ściółki liściowej. Wynika to z faktu, że stosunek całkowitej masy liści do zdrewniałej biomasy jest u lian znacznie większy niż u drzew. Dodatkowo liście lian rosną szybciej i podlegają szybszej wymianie. W rezultacie są cieńsze i mają delikatniejszą budowę. Wiąże się z tym mniejsza zawartość elementów wzmacniających i relatywnie wyższa zawartość azotu i fosforu. Stosunkowo szybka rotacja liści tłumaczy także niższy poziom substancji obronnych w liściach lian. W konsekwencji są one nie tylko bardziej wartościowym pokarmem dla roślinożerców,



Ryc. 4–5. Las deszczowy. Park Narodowy Henri Pittier, Wenezuela. Fot. Krzysztof Wiąckowski.

liczne pędy, które rosnąc szybciej niż siewki drzew, potrafią stosunkowo szybko powrócić do warstwy koron. Śladami takich wydarzeń są prawdopodobnie gęste, splątane skupienia lian, widoczne w podszyciu lasu (Ryc. 4). Liany rozwijają się szczególnie obficie w lukach utworzonych przez powalone drzewa, osiagając w takim miejscach największą liczebność i różnorodność gatunkową [25]. Luki powstające w lesie w miejscach powalonych drzew odgrywają istotną rolę w utrzymaniu różnorodności gatunkowej lasów tropikalnych. Dzięki temu las tworzy mozaikę środowisk znajdujących się na różnych etapach sukcesji. A zatem liany, przyczyniając się do tworzeniu luk, mają pozytywny wpływ na utrzymanie różnorodności gatunkowej lasów tropikalnych.

Czy drzewa mogą odnosić korzyści z obecności lian?

Niedawno zwrócono uwagę, że wpływ lian na kolonizowane przez nie drzewa nie musi być jednoznacznie negatywny. Okazuje się, że dzięki lianom drzewa mogą

ale także szybciej ulegają rozkładowi w glebie. W ten sposób obecność lian przyspiesza obieg pierwiastków, przez co korzenie drzew, na których rosną liany, mają potencjalnie lepszy dostęp do azotu i fosforu. Dodatkowo zdolność lian do rozrastania się w poziomie sprawia, że ich korony są czasem bardzo oddalone od miejsca, w którym znajdują się korzenie. Oznacza to, że drzewa korzystające z rozkładu ściółki dostarczanej przez rosnące na nich liany mogą mieć dostęp do substancji mineralnych pochodzących z innych, bardziej oddalonych miejsc [30]. Zatem liany mogą przyczyniać się do translokacji substancji biogenych w lesie i w ten sposób wpływać pozytywnie na drzewa. Ilościowe znaczenie tego mechanizmu pozostaje jeszcze nieznanne.

Dlaczego liany mają największe znaczenie w tropikach?

Liany występują w bardzo dużych ilościach w nizinnych lasach tropikalnych, a ich liczebność spada

gwałtownie poza zwrotnikami oraz na większych wysokościach ponad poziomem morza [11, 20]. Możliwość rozwoju roślin o tak niezwykłej długości pędów i bardzo małej średnicy wymaga bardzo wydajnego transportu wody z gleby do odległej korony. Transport wody u roślin zachodzi dzięki transpiracji liści, która wytwarza podciśnienie umożliwiające podnoszenie wody i jej wędrówkę w górę naczyń. Dużą rolę odgrywają przy tym zjawiska kapilarne, zapewniające utrzymanie ciągłości wody w przewodach o mikroskopijnych średnicach. Ta ciągłość bywa jednak czasem przerywana przez pojawiające się pęcherzyki powietrza, które blokują naczynia. Zjawisko to, określane jako kawitacja naczyń lub embolizm, może wystąpić z dwóch powodów. Pierwszym z nich jest znaczny niedobór wody w glebie. Drugi to zamrażanie i rozmarzanie wody w naczyniach, czemu towarzyszy formowanie się pęcherzyków powietrza. Bardzo mała średnica długich pędów powoduje, że liany muszą być szczególnie wrażliwe na przymrozki. Słabo izolowane od środowiska zewnętrznego naczynia są narażone na trwałe uszkodzenia z powodu zamrażania wody, ale także na pojawiające się przy jej rozmarzaniu pęcherzyki powietrza, tym bardziej, że wyjątkowo szerokie naczynia lian, pozwalające na szybki przepływ wody, są jednocześnie znacznie bardziej narażone na embolizm niż naczynia o mniejszych średnicach. Pewną ochronę w tym zakresie stanowić może powszechny wśród lian dymorfizm naczyń, czyli jednoczesna obecność bardzo szerokich naczyń oraz tych o małej średnicy, których blokada jest mniej prawdopodobna. Zatem drastyczny spadek liczebności i różnorodności gatunkowej lian poza granicami strefy tropikalnej ma dwie niezależne przyczyny: zwykle mniejsza dostępność wody oraz występowanie niskich temperatur. Obie mogą w istotny sposób ograniczać możliwości transportu wody przez naczynia lian.

Od czego zależy lokalne zróżnicowanie liczebności lian?

Mimo że liany są szczególnie charakterystycznym elementem lasów tropikalnych, to ich lokalna liczebność jest tam bardzo zróżnicowana. Można by oczekiwać, że niezwykła forma liany, wymagająca efektywnego transportu wody, powinna mieć najlepsze warunki rozwoju w niesezonowych lasach deszczowych o najwyższych opadach i permanentnie bardzo wilgotnych. Tymczasem udział ilościowy lian w lasach tropikalnych koreluje ujemnie z wielkością opadów i pozytywnie z długością pory suchej. Liany osiągają największe zagęszczenia i mają największy udział ilościowy w lasach o mniejszych opadach oraz

w lasach sezonowych z wyraźnymi porami suchymi [11, 20, 30]. Jak można wytłumaczyć ten paradoks?

Okazuje się, że mniejsze opady i okresy pory suchej dają lianom wyraźną, konkurencyjną przewagę nad drzewami. Ich dalej sięgający system korzeniowy pozwala korzystać z głębiej położonych zasobów wody. Są także dane wskazujące, że liany potrafią lepiej gospodarować zasobami wody, to znaczy wiązać więcej dwutlenku węgla niż drzewa, przy jednoczesnych mniejszych stratach wody [21]. W rezultacie w warunkach, kiedy woda staje się trudniej dostępna lub nawet niedostępna dla drzew, mających z reguły płytsze systemy korzeniowe, liany mogą z niej cały czas korzystać. Pora sucha to także okres małego zachmurzenia, a więc najlepszej dostępności światła. Zatem lepszy dostęp do wody pozwala lianom korzystać z większej ilości światła w czasie, kiedy wzrost drzew jest ograniczony lub całkiem zahamowany niedostatkami wody. Wiele drzew zrzuca wtedy liście, podczas gdy liczne gatunki lian zachowują je przez całą porę suchą lub zrzucają je dopiero pod sam jej koniec. W rezultacie tempo wzrostu lian jest wyraźnie wyższe niż drzew w czasie trwania pory suchej. Różnica ta maleje lub zanika podczas pór deszczowych, przy większej dostępności wody i większym zachmurzeniu. W ciągu pięcioletnich obserwacji mierzono wielkość przyrostu średnicy u 1117 drzew i 648 lian w porach suchych i deszczowych, w sezonowym lesie w Panamie [26]. Stwierdzono, że w ciągu trwającej tylko 4 miesiące pory suchej liany osiągały przeciętnie 50% swojego całorocznego przyrostu, podczas gdy przyrost drzew był większy w czasie pory deszczowej, a w porze suchej wynosił tylko około 25% przyrostu rocznego [26]. Zatem, paradoksalnie, rozwojowi lian w lasach tropikalnych sprzyjają warunki sezonowe i dłużej trwające pory suche, które zapewniają im konkurencyjną przewagę nad drzewami [20].

Wydaje się, że ten sam mechanizm tłumaczy zróżnicowanie liczebności lian w skali lokalnej i wspomnianą wcześniej preferencję do siedlisk, w których występują zakłócenia. Od dawna wiadomo, że liany rosną szczególnie szybko na skrajach lasu oraz w lukach tworzonych przez powalone drzewa. Są to z reguły rośliny światłolubne, ale większy dostęp promieniowania słonecznego prowadzi w takich miejscach do znacznego wzrostu temperatury i spadku wilgotności. Mając lepszy dostęp do wody, liany potrafią skuteczniej niż drzewa korzystać z dużej dostępności światła w lukach i na obrzeżach lasu. Te same czynniki prawdopodobnie tłumaczą obserwowany wzrost liczebności lian, który towarzyszy postępującej fragmentacji lasu [22, 24]. Także coraz mniejsze opady i coraz częściej powtarzające się i dłuższe okresy suche

w Amazonii są prawdopodobnie odpowiedzialne za widoczny tam w ostatnich latach stały wzrost ilościowego znaczenia lian. W czasie bardzo suchego okresu spowodowanego przez El Niño w latach 2015–2016, drzewa praktycznie przestały rosnąć, podczas gdy wzrost lian nie został zahamowany, podobnie jak podczas wcześniejszych czterech pór suchych [26].

Rosnące znaczenie lian w Amazonii

Obserwowany wzrost udziału lian w lasach Amazonii budzi duże zainteresowanie z powodu potencjalnie ważnych konsekwencji tego zjawiska w dużej skali. Liście lian odbijają większą ilość promieni słonecznych niż liście drzew. Wynika to z ich odmiennej budowy i składu chemicznego. W rezultacie zwiększający się udział lian prowadzi do wzrostu albedo górnej warstwy koron [15]. Konsekwencją jest mniejsza ilość promieni świetlnych przenikających do warstwy podszytu. Prowadzi to także do obniżenia temperatury na dnie lasu. Takie zmiany warunków mogą być przyczyną istotnych zmian w składzie gatunkowym. Zmieniające się proporcje ilościowe na korzyść lian oznaczają także obniżoną akumulację biomasy i tym samym niższą sekwestrację węgla, co jest konsekwencją znacznie mniejszego udziału zdrewniałej biomasy u lian w porównaniu do biomasy drzew (por. wyżej). To oznacza, że obserwowane zmiany ilościowego udziału lian w lasach tropikalnych mogą mieć istotny wpływ na globalne zmiany klimatyczne [12].

Wpływ lian na różnorodność gatunkową zwierząt

Ponieważ w lasach tropikalnych liście lian stanowią dużą część wszystkich liści w koronach drzew, nic dziwnego, że są ilościowo bardzo ważnym składnikiem diety licznych roślinożerców. Tym bardziej, że (jak wspomniano już wyżej) ze względu na swoją biochemiczną strukturę stanowią generalnie pokarm lepiej przyswajalny niż liście większości drzew. Na przykład stwierdzono, że liany stanowią ponad 20% diety naczelnych, które żywią się głównie liśćmi i owocami, ale korzystają także z kwiatów, pączków, nektaru, a nawet kory niektórych lian [4]. Liany są także pokarmem dla wielu wyspecjalizowanych konsumentów, przyczyniając się w ten sposób do wzrostu różnorodności gatunkowej. Na przykład w nizinnych lasach środkowej Panamy na każdy gatunek liany przypada średnio 47 gatunków chrząszczy, które są wyspecjalizowanymi konsumentami danego gatunku [16].

Jednak liany mają jeszcze inny bardzo istotny wpływ na różnorodność gatunkową zwierząt. Wpływają bowiem w wielkim stopniu na przestrzenne

zróżnicowanie środowiska, wprowadzając znaczny stopień fizycznej złożoności siedlisk, co sprzyja liczebności i różnorodności gatunkowej. Skupiska poskręcanych lian (Ryc. 5) dostarczają dodatkowych powierzchni dla epifitów oraz licznych siedlisk i kryjówek dla rozmaitych zwierząt [32].

Obecność lian ma bardzo istotny wpływ na liczebność i różnorodność ptaków, które znajdują dzięki nim dogodne miejsca do budowy gniazd, kryjówek przed drapieżnikami oraz źródła pokarmu. Zwisające między drzewami pętle lian są często wykorzystywane przez ptaki jako dogodne stanowiska obserwacyjne (Ryc. 6). W jednym z dużych eksperymentów przeprowadzonych w nizinnym lesie w Panamie, który polegał na całkowitym usunięciu lian, stwierdzono, że 8 miesięcy po ich usunięciu całkowita liczebność ptaków zmalała średnio o 78,4%, a ich różnorodność o 77,4% [27]. Największe zmiany dotyczyły ptaków owadożernych, których liczebność spadła aż o 91,8%, a różnorodność o 89,5% w stosunku do poletek kontrolnych. Usunięcie lian wpłynęło wyraźnie na zróżnicowanie składu gatunkowego. Eksperyment doprowadził do powstania dwóch odmiennych zbiorowisk ptaków na poletkach zabiegowych, z których usunięto liany, oraz na kontrolnych, gdzie liany pozostawiono [27].



Ryc. 6. Trogon krasnodzioby (*Trogon massena*) wypatrujący owadów ze stanowiska obserwacyjnego na lianie, Park Narodowy Soberania, Panama. Fot. Krzysztof Wiąckowski.

Chociaż korony drzew w lasach tropikalnych skupiają wielką różnorodność zwierząt, szczególnie ważną ilościowo rolę odgrywają nadrzewne mrówki, które mogą stanowić aż 94% wszystkich stawonogów i 86% biomasy w próbach pobieranych metodą zamglawiania przy pomocy insektycydów [5]. Mrówki nadrzewne rzadko opuszczają strefę koron. Może się wydawać, że zwarta warstwa koron lasu tropikalnego stanowi środowisko ciągłe, w którym przemieszczanie się organizmów między drzewami nie powinno

stwarzać problemu. W rzeczywistości jest inaczej. Gałęzie i liście sąsiadujących ze sobą drzew rzadko stykają się ze sobą [19]. Zjawisko to, opisane jako „nieśmiałość koron” (ang. *crown shyness*), utrudnia przemieszczanie się drobnych, nielatających organizmów, które żeby przejść z korony jednego drzewa na drugie, musiałyby schodzić kilkadziesiąt metrów w dół i ponownie wspinać się w górę. Liany łączące korony sąsiednich drzew zapewniają zatem ważne drogi transportu, ułatwiając wędrówki liczным zwierzętom i umożliwiając ich dyspersję. Pokazują to między innymi wyniki badań nad różnorodnością mrówek zasiedlających korony drzew, które nie mają lian i takich, które połączone są przez liany z sąsiadami [1, 2, 31].

Stwierdzono, że bogactwo gatunkowe nadrzewnych mrówek zasiedlających korony drzew odizolowanych jest tym większe, im większe są rozmiary drzewa. Odpowiada to znanej w ekologii zależności liczby gatunków od wielkości środowiska. Najlepszych przykładów w tym zakresie dostarczają wyspy. Korony izolowanych drzew funkcjonują podobnie jak wyspy [1, 2]. Obserwowana zależność liczby gatunków od wielkości drzewa znika jednak w przypadku drzew, których korony połączone są lianami. Zbiorowiska mrówek zasiedlających korony odizolowanych drzew (nie posiadających lian) są nie tylko uboższe w gatunki, ale także bardziej różnią się między sobą pod względem składu gatunkowego, co jest oczywistą konsekwencją izolacji. Zatem obecność lian w znaczący sposób kształtuje strukturę nadrzewnych zbiorowisk, szczególnie drobnych i nielatających zwierząt, przez zmniejszanie stopnia ich izolacji.

Dobrej ilustracji dostarczają tu wyniki eksperymentu przeprowadzonego w Panamie, który polegał na fizycznym usunięciu wszystkich lian z 16 poletek o powierzchni 80×80 m [32]. Usunięcie lian spowodowało znaczący (22%) spadek średniego bogactwa gatunkowego mrówek na drzewie w stosunku do poletek kontrolnych, z których lian nie usunięto.

Co ciekawe, kiedy korony drzew, z których wcześniej usunięto liany, ponownie połączono, rozwieszając liny wspinaczkowe, zaobserwowano w krótkim czasie ponowny wzrost liczby gatunków mrówek o 25%.

Liany mają z pewnością także znaczenie dla wędrówek większych, nielatających zwierząt, a może nawet wpływają na ewolucję sposobów przemieszczania się. Mimo, że lokalnie liczebność lian w tropikalnych lasach jest bardzo zmienna, ich średnie zagęszczenie wykazuje pewne różnice między kontynentami. Liany występują w największych ilościach w lasach afrykańskich, na drugim miejscu są lasy tropikalnej Ameryki, a dopiero na trzecim tropikalne lasy w Azji. Emmons i Gentry [7] zasugerowali, że te strukturalne różnice między tropikalnymi lasami różnych kontynentów mogą mieć wpływ na sposoby przemieszczania się kręgowców zamieszkujących korony, między innymi na ewolucję zdolności do lotu ślizgowego. Specjalne adaptacje morfologiczne w postaci błon nośnych pozwalają niektórym zwierzętom na szybkie pokonywanie odległości między drzewami przy minimalnym wydatku energetycznym. Jest charakterystyczne, że gatunki o takich przystosowaniach są szczególnie liczne w lasach tropikalnej Azji, gdzie ilościowe znaczenie lian jest mniejsze niż na pozostałych kontynentach. Na przykład na Borneo znanych jest aż 15 gatunków ssaków, należących do ośmiu rodzajów i dwóch różnych rodzin, trzy gatunki żab oraz 15 gatunków gadów, które potrafią przelatywać z drzewa na drzewo szybując w powietrzu. W Afryce są tylko trzy takie gatunki, należące do jednej mało znanej rodziny gryzoni. Z kolei w krainie neotropikalnej zdolność do szybowania w powietrzu ograniczona jest tylko do jednej grupy żab, występującej w Ameryce Centralnej [7]. Chociaż tego rodzaju różnice między kontynentami mogą być przypadkowe, zwraca uwagę fakt, że wspomniane wyżej adaptacje w lasach azjatyckich pojawiły się zupełnie niezależnie w kilku odległych grupach taksonomicznych.

Bibliografia:

1. Adams B. J., Schnitzer S. A., Yanoviak, S. P. (2019) Connectivity explains local ant community structure in a Neotropical forest canopy: a large-scale experimental approach. *Ecology*, 100: e02673.
2. Adams B. J., Schnitzer S. A., Yanoviak S. P. (2017) Trees as islands: canopy ant species richness increases with the size of liana-free trees in a Neotropical forest. *Ecography*, 40: 1067–1075.
3. Angyalossy V., Pace M., Lima A. (2015) liana anatomy: a broad perspective on structural evolution of the vascular system. W: *Ecology of Lianas*, Schnitzer S. A., Bongers F., Burnham R. J., Putz F. E. (red.), s. 253–287. John Wiley & Sons, Oxford.
4. Arroyo-Rodriguez V., Asensio N., Dunn J. C. i wsp. (2015) Use of lianas by primates: more than a food source. W: *Ecology of lianas*, Schnitzer S. A., Bongers F., Burnham R. J., Putz F. E. (red.), s. 407–426. John Wiley & Sons, Oxford.
5. Davidson D. W., Cook S. C., Snelling R. R., Chua T. H. (2003) Explaining the abundance of ants in lowland tropical rainforest canopies. *Science*, 300: 969–972.

6. Dewalt S. J., Schnitzer S. A., Denslow J. S. (2000) Density and diversity of lianas along a chronosequence in a central Panamanian lowland forest. *Journal of Tropical Ecology*, 16:1–19.
7. Emmons L., Gentry A. H. (1983) Tropical forest structure and the distribution of gliding and prehensile-tailed vertebrates. *American Naturalist*, 121: 513–524.
8. Estrada-Villegas S., Narvaez S. S. P., Sanchez A., Schnitzer S. A. (2022) Lianas significantly reduce tree performance and biomass accumulation across tropical forests: A Global meta-analysis. *Frontiers in forests and global change* 4; DOI: 10.3389/ffgc.2021.812066
9. Estrada-Villegas S., Schnitzer S. A. (2018) A comprehensive synthesis of liana removal experiments in tropical forests. *Biotropica* 50: 729–739.
10. Ewers F. W., Fisher J. B., Chiu S. T. (1990) A survey of vessel dimensions in stems of tropical lianas and other growth forms. *Oecologia*, 1990, 84: 544–552.
11. Gentry A. H. (1991) The distribution and evolution of climbing plants. W: *The biology of vines*, Putz F. E., Mooney H. A. (red.), s. 3–49, Cambridge University Press.
12. van der Heijden G. M. F., Schnitzer S. A., Powers J. S., Phillips O. L. (2013) Liana impacts on carbon cycling, storage and sequestration in tropical forests. *Biotropica*, 45: 682–692.
13. van der Heijden G. M. F., Proctor A. D. C., Calders K., i wsp. (2022) Making (remote) sense of lianas. *Journal of Ecology*, 110: 498–513.
14. Kurzel, B. P.; Schnitzer, S. A., Carson, W. P. 2006. Predicting liana crown location from stem diameter in three Panamanian lowland forests. *Biotropica* 38: 262–266.
15. Meunier F., Visser M. D., Shiklomanov A., i wsp. (2021) Liana optical traits increase tropical forest albedo and reduce ecosystem productivity. *Global Change Biology*, 28: 227–244.
16. Ødegaard F. (2000) The relative importance of trees versus lianas as hosts for phytophagous beetles in tropical forests. *Journal of Biogeography*, 27: 283–296.
17. Putz F. E. (1984) How trees avoid and shed lianas. *Biotropica*, 16:19–23.
18. Putz F. E. (1984b) The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology*, 65: 1713–1724.
19. Putz F. E., Parker G. G., Archibald R. M. (1984) Mechanical abrasion and intercrown spacing. *American Midland Naturalist*, 112: 24–28.
20. Schnitzer S. A. (2005) A mechanistic explanation for global patterns of liana abundance and distribution. *American Naturalist*, 166: 262–276.
21. Schnitzer S. A. (2018) Testing ecological theory with lianas. *New Phytologist*, 220: 366–380.
22. Schnitzer S. A. (2015) Increasing liana abundance in neotropical forests: causes and consequences. W: *Ecology of Lianas*, Schnitzer S. A., Bongers F., Burnham R. J., Putz F. E. (red.), s. 451–464, John Wiley & Sons, Oxford.
23. Schnitzer S. A., Bongers F. (2002) The ecology of lianas and their role in forests. *Trends in Ecology and Evolution*, 17: 223–230.
24. Schnitzer S. A., Bongers F. (2011) Increasing liana abundance and biomass in tropical forests: emerging patterns and putative mechanisms. *Ecological Letters*, 14: 397–406.
25. Schnitzer S. A., Carson W. P. (2001) Treefall gaps and the maintenance of species diversity in a tropical forest. *Ecology*, 82: 913–919.
26. Schnitzer S. A., van der Heijden G. M. F. (2019) Lianas have a seasonal growth advantage over co-occurring trees. *Ecology* <https://doi.org/10.1002/ecy2655>
27. Schnitzer S. A., Michel N. L., Robinson W. D. (2020) Lianas maintain insectivorous bird abundance and diversity in a neotropical forest. (Early Access) *Ecology*, 101 (12) <https://doi.org/10.1002/ecy.3176>
28. Sperotto P., Acevedo-Rodríguez P., Vasconcelos T. N. C., Roque N. (2020) Towards a standardization of terminology of the climbing habit in plants. *The Botanical Review*, 86: 180–210.
29. Stevens G. (1987) Lianas as structural parasites: The *Bursera simaruba* example. *Ecology*, 68: 77–81.
30. Tang Y, Kitching R. L., Cao M. (2012) Lianas as structural parasites: A re-evaluation. *Chinese Science Bulletin*, 57: 307–312.
31. Yanoviak S. P. (2015) Effects of lianas on canopy arthropod community structure. W: *Ecology of Lianas*, Schnitzer S. A., Bongers F., Burnham R. J., Putz F. E., (red.), s. 345–361, John Wiley & Sons, Oxford.
32. Yanoviak S. P., Schnitzer S. A. (2013) Functional roles of lianas for forest canopy animals. W: *Treetops at Risk: Challenges of global canopy ecology and conservation*, Lowman M. et al. (red.), s. 209–214.

GORĄCE ROŚLINY

Hot plants

Martyna Cendrowska, Sylwia Olber, January Weiner (Kraków, Warszawa)

Streszczenie

Wiele gatunków roślin przywabia zapylaczy (głównie chrząszcze) generując ciepło w obrębie kwiatów, które sprzyja rozchodzeniu się substancji zapachowych i stanowi atrakcję dla owadów. Strategia termogenezy występuje u sagowców (Cycadales), magnoliowców (Magnoliales), buketnic (*Rafflesia* sp.), lotosów (*Nelumbo* sp.), grążeli (*Victoria* sp.) i u wielu gatunków obrazkowatych (Araceae). Niektóre gatunki są homeotermiczne: potrafią przez długi czas utrzymywać stałą temperaturę kwiatów przy zmiennej temperaturze otoczenia. Podczas kursu terenowego ekologii tropikalnej UJ w Kostaryce zaobserwowano zjawisko termogenezy i dokonano pomiarów zmian temperatury i tempa metabolizmu u gatunku *Dieffenbachia aurantiaca* (Araceae). Temperatura kwiatostanu wzrasta o ok. 6°C, tempo metabolizmu (konsumpcji O₂ i wydalania CO₂) średnio wzrasta około pięciokrotnie, maksymalne tempo wydzielania ciepła przez kwiatostan *D. aurantiaca* wynosi średnio 0,25 W.

Abstract

Many plant species attract pollinators (mainly beetles) by generating heat within the flowers that promotes the diffusion of fragrances and attracts insects. The strategy of thermogenesis occurs in cycads (Cycadales), magnolias (Magnoliales), rafflesia (*Rafflesia* sp.), lotuses (*Nelumbo* sp.), water lilies (*Victoria* sp.) and many Araceae species. Some species are homeothermic: they can maintain a constant temperature of flowers for a long time at varying ambient temperatures. During the Jagiellonian University tropical ecology field course in Costa Rica, the phenomenon of thermogenesis was observed and changes in temperature and metabolic rate were measured in the species *Dieffenbachia aurantiaca* (Araceae). The temperature of the inflorescence increases by approx. 6°C, the metabolic rate (O₂ consumption and CO₂ excretion) increases about five times on average, the maximum heat release rate by the *D. aurantiaca* inflorescence reaches 0.25 W.

Funkcjonowanie wszystkich organizmów na Ziemi uzależnione jest od temperatury: życie jest możliwe tylko w stosunkowo wąskim zakresie temperatur, tempo procesów biochemicznych jest wykładniczą funkcją temperatury, toteż od zarania dziejów życia na Ziemi naturalna selekcja kształtowała rozmaite adaptacje regulujące temperatury, w jakich funkcjonują poszczególne organizmy. Pod tym względem za szczytowe osiągnięcie ewolucji uznawane są ssaki i ptaki: organizmy stałocieplne (homeotermiczne), to znaczy zdolne do precyzyjnego utrzymywania najodpowiedniejszej temperatury ciała (nie zawsze stałej, jak sugeruje nazwa), posługujące się przy tym endotermią, czyli regulowaną produkcją ciepła

przy użyciu specjalnych procesów metabolicznych. Ale nie tylko ssaki i ptaki to potrafią: wiele gatunków gadów może precyzyjnie regulować temperaturę ciała bez endotermii, zmieniając tylko tempo pobierania i oddawania ciepła z otoczenia, ale są też endotermiczne węże, ryby i wiele owadów. Również rośliny mogą na różne sposoby zapobiegać niekorzystnym zmianom swojej temperatury: nie przegrzewają się nawet pod tropikalnym słońcem pustyń, nie przemarzają w czasie przymrozków w wysokich górach. Są też gatunki roślin zdolne do regulowanej, endotermicznej produkcji ciepła w obrębie kwiatostanów. Od dawna było wiadomo, że taką umiejętność posiadają niektóre gatunki z rodziny obrazkowatych

(Araceae), których wiele gatunków żyje w południowej Europie, również w Polsce. Jako pierwszy badacz przyrody pisał o tym Jean-Baptiste de Lamarck (1778) [5], ale od tej pory przez ponad 200 lat niewiele więcej było wiadomo. Dopiero pod koniec XX w. zaczęły się intensywne badania termogenezy u roślin [17]. Do dziś to zjawisko wciąż ma wiele tajemnic, ale wiadomo już, że występuje u roślin z ewolucyjnie wczesnych grup taksonomicznych, a jego głównym

okrytozalążkowych (Angiospermae), z których najwięcej gatunków – prawie połowa – przypadła na obrzawkowate (Araceae) [12].

Sagowce (Cycadales) to jedne z najstarszych nagozasiennych (Gymnospermae) roślin na Ziemi (w erze mezozoicznej żywiły się nimi dinozaury), a do dziś przetrwało mniej niż 100 gatunków, występujących w tropikach Ameryki, Afryki, Azji i Australii (Ryc. 1). Niektóre gatunki licznie występują też w mieszka-



Ryc. 1. Sagowiec *Cycas rumphii*, osobnik żeński (Sabah, Borneo, 2014). Fot. J. Weiner.

celem jest ułatwienie rozchodzenia się substancji zapachowych przywabiających owady (przede wszystkim chrząszcze), które przenoszą pyłek między kwiatostanami. Drugim, równie ważnym czynnikiem, jest korzyść, jaką chrząszcze odnoszą przebywając w podwyższonej temperaturze: dla tych owadów podwyższenie temperatury ciała daje możliwość większej aktywności lokomotorycznej, bez wydatków energetycznych na własną termogenezę. Kwiatostany termogeniczne przywabiające liczne chrząszcze stanowią dla nich również „miejsce schadzek” (*mating sites*), gdzie obu płciom łatwiej znaleźć partnera (partnerkę) do kopulacji [2]. Dotąd wykryto i mniej lub bardziej dokładnie zbadano zjawisko termogenezy u ponad 80 gatunków roślin z różnych taksonów, głównie tropikalnych, w tym: u nagozalążkowych sagowców (Gymnospermae, Cycadales) oraz u 12 rodzin

niach całego świata jako ozdobne rośliny doniczkowe. Sagowce są rozdzielнопłciowe; dawniej sądzono, że są wiatropylne, ale dziś wiadomo, że zapyłaniem sagowców zajmują się chrząszcze. Aby je przywabić, męskie „szyszki” wielu gatunków sagowców podnoszą swoją temperaturę o 10–11°C w kolejne wieczory, co trwa aż do północy [18], dzięki czemu nie tylko intensywnie rozprzestrzeniają się substancje zapachowe [19], ale także oferują chrząszczom komfort przebywania w ciepłe. Dokładniejsze badania wykazały, że aby skłonić chrząszcze, by nie nadużywały tego luksusu, sagowce stosują metodę „pull-push” („ciągnij-pchaj”): najpierw wytwarzają w „szyszce” temperaturę atrakcyjną dla owadów, ale po pewnym czasie podnoszą temperaturę do poziomu, którego chrząszcze już nie tolerują, więc przenoszą się na inne (żeńskie) osobniki [10].

Magnolie, pięknie kwitnące drzewa w ogrodach całego świata, są jedną z najstarszych i najbardziej prymitywnych grup roślin kwiatowych, dziko żyjących w Południowo-Wschodniej Azji i Ameryce Południowej. Głównymi zapylaczami ich kwiatów są chrząszcze (kiedy magnolie się pojawiły, pszczoł jeszcze nie było). Zjawisko termogenezy wykryto, jak dotąd, u kilku spośród prawie 100 gatunków magnolii (*Magnolia* sp.), ale zapewne jest ich więcej. Pręciki i słupki w kwiecie magnolii ustawione są spiralnie na wydłużonym dnie kwiatowym (Ryc. 2).



Ryc. 2. Kwiat magnolii z odsłoniętym wydłużonym dnem kwiatowym, w górnej części pokrytym spiralnie owocolistkami, w dolnej pręcikami. Fot. J. Weiner.



Ryc. 3. Kwiat bukietnicy *Rafflesia keithi* (Sabah, Borneo, 2014). Fot. J. Weiner.

Termogeneza przebiega w dwóch cyklach. Pierwszego wieczoru po częściowym otwarciu kwiatu górna część pokryta owocolistkami (gynoecium) rozgrzewa się o ok. 4°C (faza żeńska), następnego wieczoru o tej samej porze następuje faza męska, rozgrzanie o ponad 5°C dolnej części pokrytej pręcikami (androecium) [17, 20]. Termogenezę stwierdzono również u spokrewnionych z magnoliami flaszowców (Annonaceae) [3]. Do kladu (z gr. *galąź*, grupa organizmów posiadających wspólnego przodka) magnoliowych

należy również rodzina kokornakowatych (Aristolochiaceae), której przedstawicielami jest m.in. kilka gatunków piestrzenników (*Hydnora* sp.), bezzieleniowych roślin pasożytniczych z Afryki i Madagaskaru, u których stwierdzono termogenezę o niskim natężeniu (przyrost temperatury o 2,8–3,8°C) [13]. Do najstarszych grup okrytonasiennych należy też rodzina cytryńcowatych (Schisandraceae) z subtropikalnych i tropikalnych obszarów Ameryki i Azji. U dwóch gatunków z tej rodziny: *Kadsura longipedunculata* i *Schisandra glabra* wykryto niezbyt intensywną termogenezę, pomagającą w zapylaniu niewielkich kwiatów przez muchówki [21, 8].

Osobliwymi roślinami pasożytniczymi są bukietnice (*Rafflesia* sp.), o gigantycznych kwiatach (Ryc. 3), których kilkanaście gatunków występuje w Południowo-Wschodniej Azji (od Tajlandii przez Malesję, Filipiny i Borneo po Jawę oraz Sumatrę). Kwiaty tej rośliny wabią zapylające je owady intensywnym, ale dla ludzi nieprzyjemnym zapachem padliny, którego intensywność jest też wspomagana przez termogenezę, podnoszącą temperaturę wnętrza kwiatu o kilka stopni powyżej temperatury otoczenia, z intensywnością zmieniającą się w cyklu dobowym [9].

Wśród roślin termogenicznych są też gatunki, które przez dłuższy czas (kilka dni bez przerwy) utrzymują stałą temperaturę wnętrza kwiatów (około 30–35°C), przy zmieniającej się temperaturze otoczenia – są więc stałocieplne, jak ssaki i ptaki. Taką zdolność odkryto u dwóch gatunków lotosów: południowoazjatyckiego lotosu orzechodajnego (*Nelumbo nucifera* – Ryc. 4) [16] i południowoamerykańskiego lotosu żółtego (*N. lutea*) [1]. Spektakularne rośliny wodne z tropikalnej Ameryki, wiktoria królewska (*Victoria amazonica*) i *Victoria cruziana* z rodziny grzybieniovatych (Nymphaeaceae) również wabią chrząszcze rozgrzewając wnętrze swoich kwiatów do prawie 35°C [6, 15], jednak nie są stałocieplne, jak lotosy.

Większość dobrze poznanych termogenicznych gatunków pochodzi z rodziny obrazkowatych (Araceae), należącej do jednoliściennych (Monocotyledones). Obrazkowate są jedną z najstarszych grup w obrębie roślin okrytozalążkowych (Angiospermae). Obrazkowate występują głównie w tropikach (jak większość roślin termogenicznych), ale wiele gatunków z tej rodziny występuje też w klimacie umiarkowanym (w Polsce dwa gatunki: obrazki płamiste *Arum maculatum* i obrazki alpejskie *A. cylindraceum*). Do tej rodziny należą znane z domowych doniczek liczne gatunki roślin, takie jak anturium (*Anthurium* sp.), skrzydłokwiat (*Spatiphyllum* sp.), monstera (*Monstera* sp.), kolokazja (*Colocasia* sp.), difenbachia (*Dieffenbachia* sp.), filodendron

(*Philodendron* sp., Ryc. 5) czy zamiokulkas (*Zamioculcas* sp.). Wszystkie mają kwiatostan w formie kolby (spadix) złożonej z jednopłciowych kwiatów, żeńskich u dołu kolby, męskich na środku i u góry, czasem

funkcjonują również niektóre filodendrony i smocze lilie (*Dracunculus* sp.).

Stosunkowo niewiele wiadomo o fizjologicznych mechanizmach produkcji ciepła przez rośliny,



Ryc. 4. Kwiaty i liście południowoazjatyckiego lotosu orzechodajnego (*Nelumbo nucifera*), (Japonia, 2016). Fot. J. Weiner.

rozdziela je strefa kwiatów sterylnych. Kwiatostan jest otoczony liściem zwanym podsadką (*spatha*), u wielu gatunków ozdobionym barwą jaskrawobiałą, czerwoną czy fioletową.

U roślin obrazkowatych rozgrzewają się kolby kwiatostanów, co sprzyja emisji zapachów zwabiających owady, może też pomagać owadom w utrzymaniu podwyższonej temperatury ciała. Obok sagowców, to obrazkowate są taksonem, w obrębie którego wykryto najwięcej gatunków termogenicznych [12]. Jeden z najlepiej zbadanych gatunków, występująca na wschodnim wybrzeżu Ameryki Północnej skupnia cuchnąca (*Symplocarpus foetidus*), rozgrzewa kolbę swojego kwiatostanu wczesną wiosną, więc – jak sądzą niektórzy badacze – pomaga to w przebicciu pokrywy śnieżnej, a na pewno prowadzi do podtrzymywania stałej temperatury kwiatostanu przy zmiennej temperaturze otoczenia. Seymour [11] wykazał, że spośród homeotermicznych roślin skupnia jest rekordzistką: homeotermicznie podtrzymuje temperaturę kwiatostanu przez 4–5 dni w granicach 22,7–26,3°C, w zakresie temperatur zewnętrznych od -10,3°C do + 27,1°C! Na zasadzie homeotermii

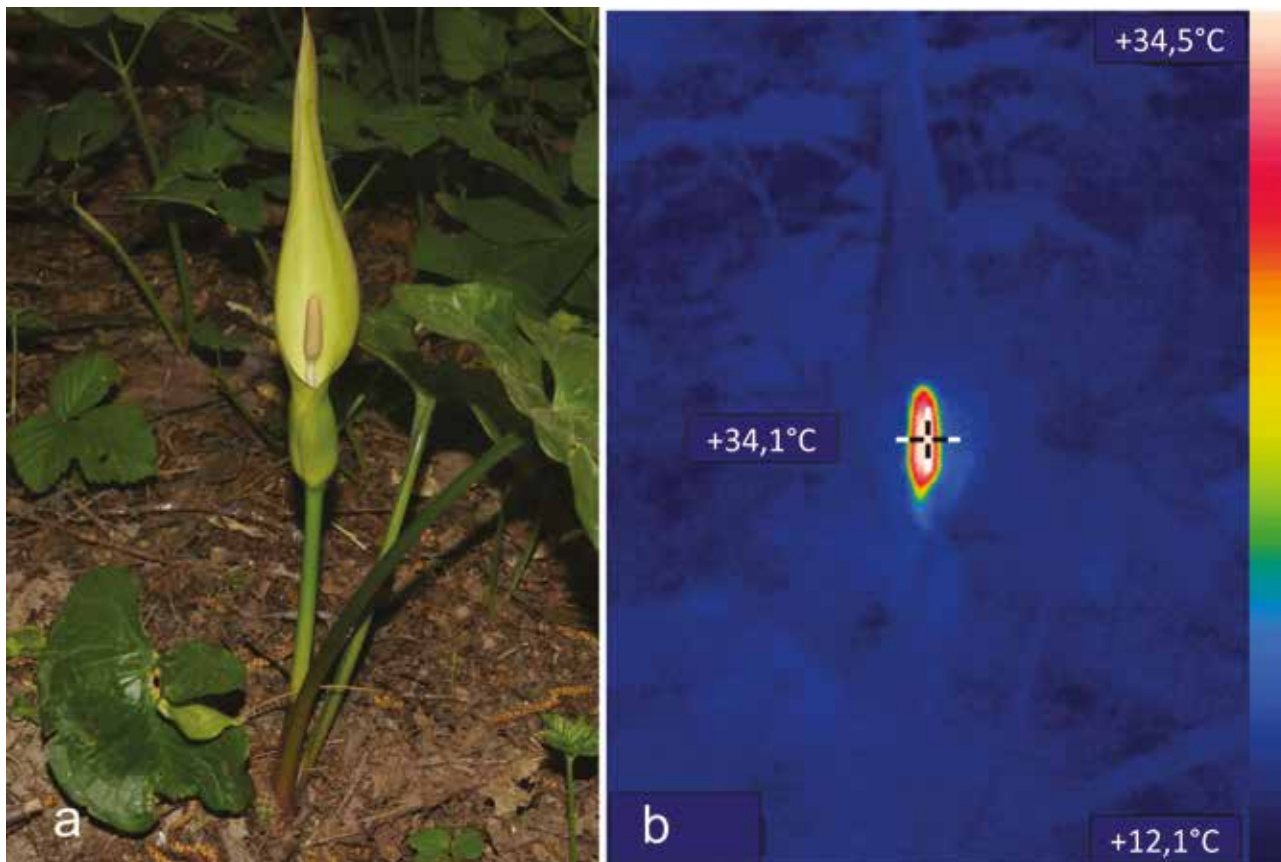


Ryc. 5. Epifityczny filodendron (*Philodendron* sp.), (Henri Pittier National Park, Rancho Grande, Wenezuela, 2012). Fot. J. Weiner.

a jeszcze mniej – lub prawie nic – o molekularnych podstawach tej adaptacji ani o ewolucyjnych aspektach wspólnego pochodzenia lub konwergencji tych cech u różnych taksonów. Niewątpliwie zdolność kwiatów do termogenezy, związanej z ułatwianiem zapylenia przez owady, występuje u taksonów o najstarszym pochodzeniu wśród roślin lądowych. Pozwala to przypuszczać, iż związek termogenicznych roślin z chrząszczami-zapyłaczami był bardzo wczesną adaptacją roślin kwiatowych.

Zachodnim). Męska część ich kwiatostanu przez trzy doby ogrzewa się o kilkanaście stopni [14] (Ryc. 6).

Wiadomo już, iż rośliny termogeniczne wykorzystują w tym celu specjalny system metaboliczny. W innych procesach do utleniania substratu wykorzystywany jest wszechobecny u organizmów szlak enzymu oksydazy cytochromu c (COX), którego produktem są naładowane energią cząsteczki ATP, wykorzystywane potem w wielu procesach metabolicznych. W wielkich mitochondriach termogenicznych



Ryc. 6. Obrazki alpejskie (*Arum cylindraceum*) podczas epizodu termogenezy. a. Kwiatostan; b. Obraz termowizyjny kwiatostanu. Różnica temperatur między kolbą kwiatostanu a otoczeniem sięga 15°C. (Bolechowice). Fot. J. Weiner.

Podgrzanie kwiatostanu o kilka do kilkunastu stopni w stosunku do temperatury otoczenia wymaga podwyższenia tempa metabolizmu (utleniania substratów takich jak glukoza). W kwiatostanie śródziemnomorskiej „smoczey lilii” (*Dracunculus vulgaris*) tempo produkcji ciepła osiąga 0,75 W [7], u magnolii w fazie żeńskiej wydziela się 0,36 W, a w fazie męskiej 0,79 W ciepła [17]. Kwiat lotosu ma moc ok. 1 W [16], grązel *Victoria amazonica* grzeje kwiat z mocą 1,4 W [15], a męskie szyszki sagowca *Macrozamia machinii* osiągają moc 3,6 W [18]. Jednym z najsilniejszych „piecyków” dysponują obrazki (*Arum* sp.), w tym także występujące w Polsce (np. w Ojcowskim Parku Narodowym obrazki alpejskie, *Arum cylindraceum* i obrazki plamiste, *Arum maculatum*, na Pomorzu

tkanek epidermy u roślin wykorzystywana jest inna droga utleniania, z udziałem alternatywnej oksydazy (AOX), która nie produkuje ATP, tylko uwalnia ciepło. Wciąż niewiele wiadomo o ewolucyjnym pochodzeniu tych procesów [4]. Geny AOX wykryto u alfa-proteobakterii, stąd przypuszczenia, że mogły zostać przeniesione do eukariontów przez endosymbiozę, w wyniku której powstały mitochondria.

Jednym z rodzajów obrazkowatych posiadających zdolność do termogenezy jest *Dieffenbachia*, rosnąca w lasach deszczowych Ameryki Południowej i Środkowej. Różne gatunki difenbachii są często hodowanymi roślinami doniczkowym, w warunkach domowych jednak rzadko kwitną. Do tej pory nie było szczegółowych badań i obserwacji termogenezy

u roślin z tego rodzaju. W jaki sposób przebiega proces endotermicznego rozgrzewania kolby kwiatostanu możemy prześledzić na przykładzie gatunku *D. aurantiaca* (Ryc. 7), endemitu z rejonu Golfito w Kostaryce, u którego w roku 2017, podczas terenowych zajęć kursu ekologii tropikalnej, przeprowadziliśmy obserwacje i pomiary¹ (Ryc. 8).



Ryc. 7. Kwiatostan *Dieffenbachia aurantiaca* (La Gamba, Kostaryka, 2017). Fot. J. Weiner.



Ryc. 8. Obserwacje i pomiary difenbachii w czasie epizodu termogenezy. Fot. J. Weiner.

Kwiatostany tej difenbachii są zapylane przez chrząszcze z rodzaju *Cyclocephala* sp. [2]. Kwiatostan w formie kolby (*spadix*) składa się z dwóch części: żeńskiej (w dolnej części kwiatostanu) i męskiej (w części górnej). Część żeńska dojrzewa nieco wcześniej niż męska. W tym stadium następuje termogeneza ogrzewająca kwiatostan [2], której

towarzyszy wydzielanie związków o silnym zapachu, przywabiających owady zapylające (jedną z tych substancji jest cis-jasmon, który nadaje zapach także kwiatom jaśminu [2]). Epizod termogenezy wydarza się tylko raz w cyklu życiowym rośliny.

Do pomiarów zmian temperatury i tempa metabolizmu kwiatostanu difenbachii użyliśmy prostych



Ryc. 9. Kamera FLIR z tabletem podczas pomiaru temperatury kolby difenbachii. Fot. J. Weiner.

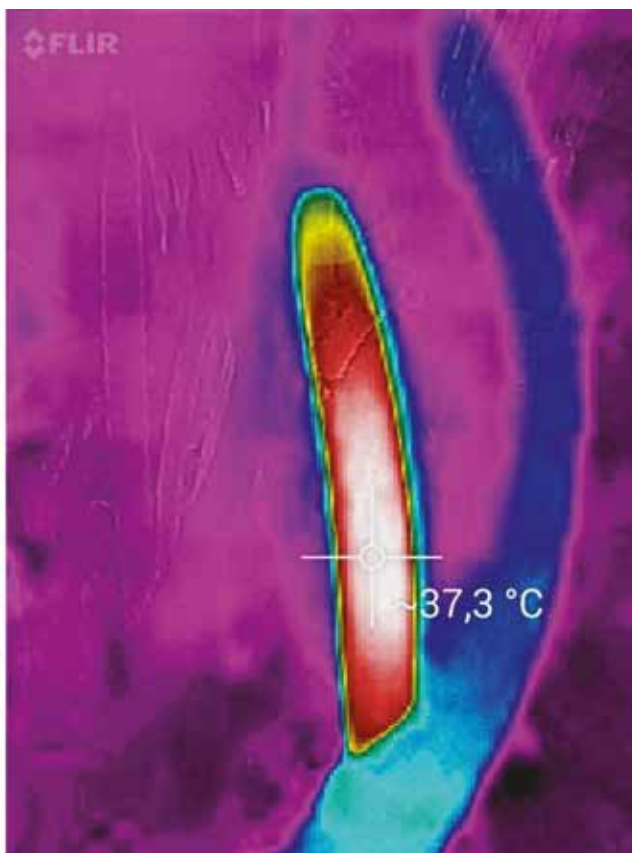
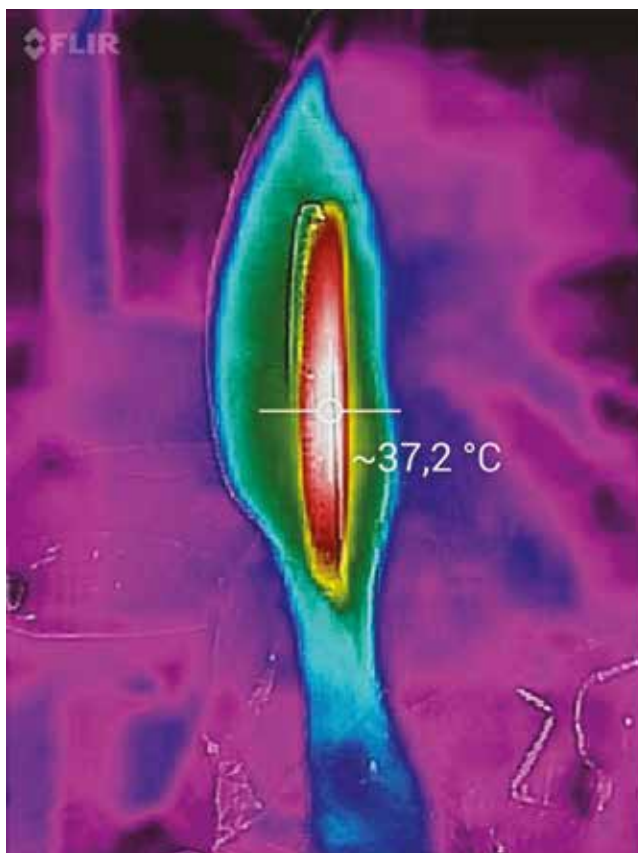
przyrządów, które pozwoliły prześledzić przebieg procesu termogenezy. Obserwowaliśmy epizody termogenezy u dziewięciu osobników, ale kompletnych pomiarów udało się dokonać tylko u trzech. Rejestrację zmian temperatury kwiatostanu wykonywano kamerą termowizyjną FLIR One, z tabletem Samsung, w postaci obrazów w skali barwnej i zdjęć panchromatycznych o rozdzielczości, odpowiednio, 80×60 i 1440×1080 pikseli (Ryc. 9). Opracowanie danych (odczyt lokalnych temperatur, temperatur maksymalnych, Ryc. 10 a, b) wykonywano przy pomocy firmowego oprogramowania FLIR One. Równocześnie mierzono temperaturę otoczenia przy pomocy termometru termistorowego (Vernier), umieszczonego ok. 1,3 m nad ziemią w pobliżu badanego kwiatostanu. Oba sposoby pomiaru temperatury zostały odpowiednio skalibrowane.

Pomiar metabolizmu wykonywano przy pomocy sond O_2 i CO_2 oraz rejestratora LabQuest 2-LE (Vernier),

¹ Badania przeprowadzono w ramach kursu ekologii tropikalnej w roku 2017, prowadzonego przez Wydział Biologii Uniwersytetu Jagiellońskiego, korzystając z gościny w stacji badawczej Estación Tropical La Gamba (Golfito, Puntarenas) w Kostaryce, należącej do Uniwersytetu Wiedeńskiego. Autorzy są wdzięczni Florianowi Etlowi za entuzjastyczną zachętę i pomoc przy tej pracy. The research was carried out as part of the 2017 tropical ecology course run by the Faculty of Biology of the Jagiellonian University, enjoying the hospitality the Estación Tropical La Gamba (Golfito, Puntarenas) in Costa Rica, research station belonging to the University of Vienna. The authors are grateful to Florian Etl for his enthusiastic encouragement and assistance with this work.

rejestrując zmiany stężenia tlenu i dwutlenku węgla w układzie zamkniętym z częstotliwością co 4 sekundy. Komorę pomiarową sporządziliśmy z przezroczystego plastikowego pojemnika (Ryc. 11) o średnicy 14 cm i wysokości 16,5 cm (objętość 2000 cm³);

temperatury. Maksymalne temperatury w czasie kwitnienia przypadały w kolejnych próbach badawczych w następujących godzinach: 19:52, 19:03, 18:58, 18:26. Przyrost temperatury kwiatu w czasie od rozpoczęcia pomiaru do osiągnięcia maksymalnej



Ryc. 10. Dwa przykłady obrazów termowizyjnych z kamery FLIR One przedstawiających rozkład temperatur na kolbach kwiatostanów *Dieffenbachia aurantiaca* podczas termogenezy. Fot. J. Weiner.

zamknięcie komory stanowił plastikowy rękaw, który po nałożeniu komory na kwiatostan obwiązywano wokół łodygi, starając się zachowywać zawsze podobną objętość całkowitą. Sondy pomiarowe CO₂ i O₂ wkładano na zmianę przez górny otwór komory. Pomiar trwał łącznie 8 min. Po każdym pomiarze metabolizmu komorę zdejmowano i wykonywano kolejny pomiar temperatury kwiatostanu. Tempo zmian stężeń tlenu i dwutlenku węgla obliczano dopasowując do zarejestrowanych, zmieniających się w czasie stężeń gazów w komorze, równanie regresji liniowej w programie Logger Lite 1.7 (Vernier), dodatkowo obliczając współczynnik korelacji i średnią temperaturę otoczenia w okresie pomiaru. Po skończonych pomiarach część męską kwiatostanu ścinano, a następnie ważono na wadze Chyo MK-500C z dokładnością do 0,01 g.

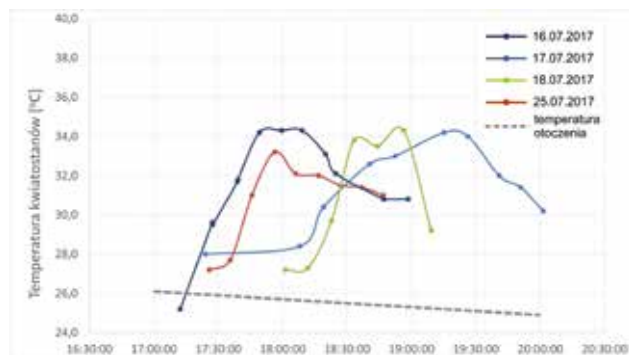
Epizod termogenezy zaczynał się zawsze przed zmierzchem i wzrost temperatury kwiatostanu osiągał maksimum po około 1 godzinie (44 do 67 minut; Ryc. 11), po czym następował powolny spadek



Ryc. 11. Komora metaboliczna nałożona na kwiatostan difenbachii. Fot. J. Weiner.

temperatury wynosił średnio 5,9°C (Ryc. 12). W ciągu każdego wieczoru od godz. 17:00 do 20:00 średnia temperatura otoczenia spadała o około 1°C (od około 26 do 25°C).

Konsumpcja tlenu i produkcja dwutlenku węgla przez kwiatostan również przyrastała w czasie (Ryc. 13 a, b, c), osiągając maksimum średnio 4,9-krotnie przewyższające metabolizm spoczynkowy przed rozpoczęciem termogenezy. Wartości współczynnika

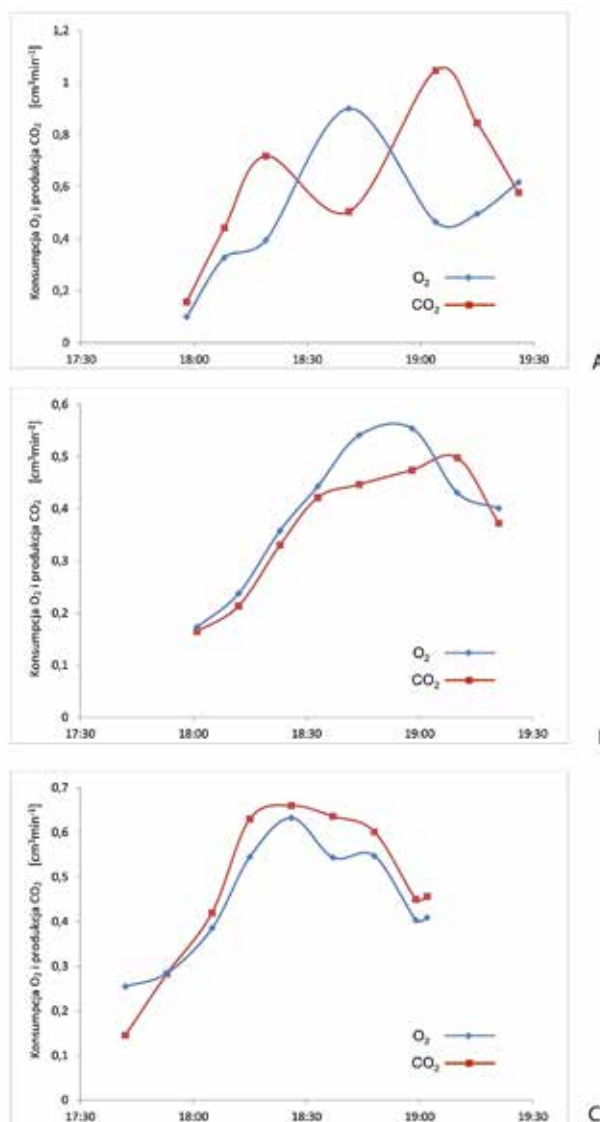


Ryc. 12. Przebieg wzrostu temperatury u 4 kwiatostanów difenbachii i zmian temperatury otoczenia.

oddechowego (stosunek ilości wydzielanego CO_2 do ilości pobieranego tlenu: $\text{RQ} = \text{VCO}_2 / \text{VO}_2$) wynosił średnio 0,95, co jest typowe dla substratów węglowodanowych, na przykład glukozy. Biorąc pod uwagę stechiometrię reakcji utleniania tego cukru ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$) i wartość energetyczną glukozy (15,78 kJ/g), można oszacować, że w szczytowym momencie termogenezy kwiatostany difenbachii wydzielają ciepło w tempie 0,20 do 0,32 J/sec, czyli były grzejnikami o mocy (średnio) 0,25 W.

Kolby kwiatostanów difenbachii ważyły średnio 2,54 g; zakładając, że zawartość wody w ich tkankach wynosiła około 85%, można obliczyć, że do ich podgrzania o $5,9^\circ\text{C}$ wystarczyłoby 53 J energii cieplnej. Jednak całkowita ilość ciepła wyprodukowanego w ciągu godzinowego epizodu termogenezy, oszacowana na podstawie ilości wyprodukowanego w tym czasie dwutlenku węgla, wynosiła średnio (dla trzech kwiatostanów, Ryc. 13) 272 kJ, czyli około 5 razy więcej, niż wynika z powyższego oszacowania. Nie ma w tym jednak nic dziwnego – różnica temperatur między ogrzonym kwiatostanem a otoczeniem oraz parowanie wody (i substancji zapachowych!), spowodowane podwyższoną temperaturą, nieuchronnie prowadzą to dużych strat ciepła.

Nasze obserwacje i pomiary pozwalają wpisać gatunek *Dieffenbachia aurantiaca* na listę tych roślin, które posługują się termogenezą i świadczą o tym, że ten proces przebiega w sposób podobny jak u innych obrazkowatych. Szczupłość naszych danych nie pozwala jednak na wyciąganie zbyt daleko idących wniosków – można tylko snuć domysły i stawiać hipotezy, które zachęcają do przeprowadzenia dokładniejszych badań.



Ryc. 13. Przebieg zmian tempa metabolizmu (produkcji CO_2 i konsumpcji tlenu) w czasie termogenezy u trzech kwiatostanów difenbachii (pomiary w dniach: A - 16.07.2017, B - 18.07.2017, C - 21.07.2017).

Bibliografia:

1. Dieringer, G., Cabrera L. R., Mottaleb, M. (2014). Ecological relationship between floral thermogenesis and pollination in *Nelumbo lutea* (Nelumbonaceae). *Am. J. Bot.* 101: 357–364.
2. Etl F., Berger A., Weber A. i wsp. (2016). Nocturnal plant bugs use cis-jasmone to locate inflorescences of an Araceae as feeding and mating site. *J. Chem. Ecol.* 42: 300–304; DOI 10.1007/s10886-016-0688-9.
3. Gottsberger G. (1990). Flowers and beetles in the South-American tropics. *Botanica Acta* 103: 360–365.
4. Johnson K. L. (2019). Turning up the heat: the alternative oxidase pathway drives thermogenesis in cycad cones. *Plant Physiol.*, 180: 689–690.
5. de Lamarck J. - B. (1778). *Flore Française ou Description Succincte de Toutes le Plantes qui Croissent Naturellement en France*, 2nd Edition, Tome 3, H. Agasse, Paris, ss. 538.
6. Lamprecht I., Schmolz E., Blanco L. i wsp. (2002). Flower ovens: thermal investigations on hat producing plants. *Thermochim. Acta*, 391: 107–118.
7. Lamprecht I., Wadsö L., Seymour R. S. (2013). Calorimetric investigations of the pollination biology of the thermogenic inflorescences of the dragon lily (*Dracunculus vulgaris*) and its pollinator (*Protaetia cretica*) on Crete, *Thermochim. Acta*, 551: 84–91; doi:10.1016/j.tca.2012.09.039.
8. Liu, Z., Hao G., Luo Y. - B. i wsp. (2006). Phylogeny and androecial evolution in Schisandraceae, inferred from sequences of nuclear ribosomal DNA ITS and chloroplast DNA trn L-F regions. *Int. J. Plant Sci.*, 167: 539–550.
9. Patiño S., Aalto T., Edwards A. A., i wsp. (2002). Is *Rafflesia* an endothermic flower? *New Phytol.*, 154: 429–437.
10. Salzman S., Crall D. J., Hopkins R. i wsp. (2020). An ancient push-pull pollination mechanism in cycads. *Sci. Adv.*, 2020, 6:eaay6169.
11. Seymour R. S. (2004). Dynamics and precision of thermoregulatory responses of eastern skunk cabbage *Symplocarpus foetidus*. *Plant, Cell Environ.*, 27: 1014–1022.
12. Seymour R. S. (2010). Scaling of heat production by thermogenic flowers: limits to floral size and maximum rate of respiration. *Plant, Cell Environ.*, 33: 1474–1485; doi: 10.1111/j.1365-3040.2010.02190.x.
13. Seymour R. S., Gibernau M., Pirintsos S.A. (2009). Thermogenesis of three species of *Arum* from Crete. *Plant, Cell Environ.*, 32: 1467–1476; doi: 10.1111/j.1365-3040.2009.02015.x.
14. Seymour R. S., Maass E., Bolin J.F. (2009). Floral thermogenesis of three species of *Hydnora* (Hydnoraceae) in Africa. *Ann. Bot.*, 104: 823–832; doi:10.1093/aob/mcp168.
15. Seymour R. S., Matthews G.D. (2006). The Role of Thermogenesis in the Pollination Biology of the Amazon Waterlily *Victoria amazonica*. *Ann. Bot.* 98: 1129–1135; doi:10.1093/aob/mcl201.
16. Seymour R. S., Schultze-Motel P. (1998). Physiological temperature regulation by flowers of the sacred lotus. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 353: 935–943.
17. Seymour R. S., Silberbauer-Gottsberger I., Gottsberger G. (2010). Respiration and temperature patterns in thermogenic flowers of *Magnolia ovata* under natural conditions in Brazil. *Funct. Plant Biol.*, 37: 870–878.
18. Seymour R. S., Terry I., Roemer R. B. (2004). Respiration and thermogenesis by cones of the Australian cycad *Macrozamia machinii*. *Funct. Ecol.*, 18: 925–930.
19. Terry L. I., Roemer R. B., Booth D. T. i wsp. (2016). Thermogenic respiratory processes drive the exponential increase of volatile organic compound emissions in *Macrozamia* cycad cones. *Plant, Cell Environ.*, 39: 1588–1600; doi: 10.1111/pce.12730.
20. Wang R., Xu S., Liu X. i wsp. (2014). Thermogenesis, flowering and the association with variation in floral odour attractants in *Magnolia sprengeri* (Magnoliaceae). *PLoS ONE* 9(6): e99356; doi:10.1371/journal.pone.0099356.
21. Yuan, L. - C., Luo Y. - B., Thien L. B. i wsp. (2008). Pollination of *Kadsura longipedunculata* (Schisandraceae), a monoecious basal angiosperm, by female, pollen-eating Megommata sp. (Cecidomyiidae: Diptera) in China. *Biol. J. Linn. Soc.*, 93: 523–536.

Martyna Cendrowska i Sylwia Olber były uczestniczkami kursu terenowego ekologii tropikalnej UJ w Kosta-ryce, obecnie mgr Cendrowska (martyna.cendrowska@natur.cuni.cz) bada ptaki Kamerunu, pracując na uniwersytecie Karola w Pradze, a mgr Olber (sylwia.olber@gmail.com) studiuje bioetykę i afrykanistykę na Uniwersytecie Warszawskim;

January Weiner, prof. emeritus, Instytut Nauk o Środowisku UJ. E-mail: january.weiner@uj.edu.pl

JAN KALINOWSKI – BADACZ FAUNY PERU

Jan Kalinowski – the researcher of the fauna of Peru

Łukasz Piechnik (Kraków), Przemysław Kurek (Poznań)

Streszczenie



Ryc. 1. Jan Kalinowski (dzięki uprzejmości archiwum Muzeum i Instytutu Zoologii PAN w Warszawie, dar Julio Sumar Kalinowski).

Jan Kalinowski (1857–1941) – polski kolekcjoner okazów zoologicznych. Doświadczenie zdobywał podczas wspólnej z Benedyktem Dybowskim wyprawy na Kamchatkę. Następnie samotnie eksplorował Koreę i Japonię. J. Kalinowski powrócił do Warszawy w 1888 roku, gdzie kontynuował swoje doświadczenie preparatora okazów zoologicznych. W 1889 r. za namową Władysława Taczanowskiego udaje się do Peru, aby zbierać okazy. J. Kalinowski eksplorował głównie środkowe Peru i północną Boliwię. Pracował na obszarach, które częściowo odpowiadały terenom badanym przez jego poprzedników (Konstantego Jelskiego i Jana Sztolcmana), m.in. okolice Limy, jeziora Junin, Tarmy, Chanchamayo, Vitoc i Maraynioc. W kolejnych latach J. Kalinowski założył własną hacjendę o nazwie Cadena (Środkowe Peru). Wiele lat spędzonych przez J. Kalinowskiego w Ameryce Południowej zaowocowało odkryciem kilkudziesięciu nowych gatunków ptaków. W swoich poszukiwaniach nie skupiał się wyłącznie na ptakach, ale gromadził także okazy ssaków peruwiańskich, wzbogacając

zbiory kilku muzeów historii naturalnej na świecie (m.in. w Warszawie, Londynie, Waszyngtonie, Lwowie oraz w Limie). W sumie na podstawie okazów zebranych przez J. Kalinowskiego opisano dziewięć gatunków i dwa podgatunki ssaków nowych dla nauki.

Abstract

Jan Kalinowski (1857–1941) was a Polish collector of zoological specimens who worked in Kamtschatka, Korea, Japan and South America. His first collecting expedition was to Kamchatka with Benedykt Dybowski. J. Kalinowski returned to Warsaw in 1888, where he continued his taxidermist experience. In 1889, at the urging of Władysław Taczanowski, he went to Peru to collect the specimens. J. Kalinowski explored Central Peru and North Bolivia, where he visited areas which partially corresponded to those explored earlier by his predecessors (Konstanty Jelski and Jan Sztolcman), e.g., the vicinity of Lima, Junin Lake, Tarma, Chanchamayo, Vitoc and Maraynioc. In subsequent years, J. Kalinowski founded his own hacienda named Cadena (Central Peru). Many years spent by J. Kalinowski in South America resulted in discovery of several dozen of new species of birds. In his explorations he did not focus solely on birds, but also gathered specimens of the Peruvian mammal fauna, enriching the collections of several museums of natural history in the world (in Warsaw, London, Washington, Lviv and Lima, among others). In total, nine species and two subspecies of mammals new to science were described on the basis of specimens collected by J. Kalinowski.

Wśród badaczy przyrody Ameryki Południowej do najbardziej znanych Polaków zaliczyć należy bez wątpienia takie postaci jak Ignacy Domeyko, Józef Siemiradzki, Józef Warszawicz, Paweł Edmund Strzelecki, Konstanty Jelski czy Jan Sztolcman [17,19,12]. W grupie tej niewątpliwie powinien się znaleźć także Jan Kalinowski (Ryc. 1).

Pochodzący z Zielonki pod Okuniewem, urodzony 17 maja 1857 roku jako syn mazowieckiego leśnika, J. Kalinowski od najmłodszych lat wykazywał zainteresowania przyrodnicze. Często towarzyszył swemu ojcu w polowaniach organizowanych przez rodzinę Branickich. W młodzieńczych latach nauczył się strzeleckiego i preparatorskiego fachu. W łowach tych często brał także udział Władysław Taczanowski, który zarekomendował niespełna 21-letniego Jana jako pomocnika w mającej się niebawem odbyć wyprawie na Syberię, organizowanej przez Benedykta Dybowskiego [23]. Wyruszając pod koniec 1878 roku, B. Dybowski i J. Kalinowski, po długiej podróży na wschód, docierają na Kamczatkę [8, 10]. Na Dalekim Wschodzie Syberii przebywali w latach 1879–1883, badając głównie przyrodę Kamczatki i Wysp Komandorskich. J. Kalinowski pod okiem swego mistrza zdobywa doświadczenie wszechstronnego naturalisty. Eksploracja Dalekiego Wschodu Rosji zaowocowała ogromnym zbiorem wartościowych okazów przyrodniczych wysyłanych do Warszawy [9, 11, 15]. Z powodu powrotu B. Dybowskiego do Lwowa, J. Kalinowski w 1884 roku rozpoczyna samotną kontynuację dalekowschodniej wyprawy. Dzięki finansowemu wsparciu rodziny Branickich przez kolejne cztery lata przemierza dorzecze Ussuri oraz Koreę i Japonię. Gromadzi wówczas obfite zbiory flory i fauny dalekowschodniej, zawierające wiele gatunków nowych dla nauki [21, 22, 26, 27, 28].

Po powrocie do Warszawy J. Kalinowski asystuje W. Taczanowskiemu. Kustosz, widząc potencjał w odkrywcy, przygotowuje jego wyjazd do Ameryki Południowej celem kontynuacji prac rozpoczętych przez K. Jelskiego i J. Sztolcmana. Pod koniec czerwca 1889 roku wyrusza z Warszawy do Paryża, aby, jak się później okazało, już nigdy nie powrócić do ojczyzny. Po przepłynięciu Atlantyku dociera do panamskiego portu Colon. Panamę pokonuje koleją i znów drogą morską, przez Guayaquil w Ekwadorze, w połowie sierpnia 1889 r. dociera do Peru. Przebywając w Limie nawiązuje kontakty z Antonio Raimondim, Ksawerym Wakulskim i Ernestem Malinowskim, którzy ułatwiają mu aklimatyzację w nowym kraju.

W okresie od sierpnia 1889 do maja 1894 r. eksploruje Peru na obszarach częściowo pokrywających się z terenami wcześniejszych wypraw K. Jelskiego

i J. Sztolcmana (okolice Limy, Jeziora Junin, Tarmy, Chanchamayo, Vitoc i Maraynioc). Niestrudzenie zbiera i wysyła okazy do Muzeum Branickich, kierowanego już wówczas przez J. Sztolcmana. Nie zapomina jednak o B. Dybowskim, swym pierwszym nauczycielu, wysyłając do muzeum we Lwowie materiały zoologiczne [35]. Od maja 1894 do lipca 1898 r. eksploruje południowe Peru, zwłaszcza departamenty Cusco i Puno. W międzyczasie, w okresie od sierpnia do grudnia 1896 roku, na krótko odwiedza departament La Paz w Boliwii (okolice miejscowości Chulumani, La Florida, Puente de Chupe i Huacuyu), skąd przywozi liczne okazy ptaków [13]. Intensywną korespondencję i wysyłki okazów do Warszawy kontynuuje do roku 1902, nawet po zaprzestaniu finansowania przez Branickich. Pod koniec XIX wieku dostarcza swe zbiory do muzeów, m. in. w USA i Wielkiej Brytanii [14, 20].

J. Kalinowski w roku 1898 osiadł w peruwiańskiej Montanii, zakładając w tropikalnym lesie hacjendę, którą nazwał Cadena. Jako pionier uprawy roli w Montanii zajmował się uprawą trzciny cukrowej i awokado. Sprowadził z Europy nowoczesne maszyny do swego gospodarstwa i jako pierwszy w regionie posiadał generator prądu oraz samochód. Finansowanie uzyskiwał ze sprzedaży okazów przyrodniczych oraz z posiadanych płuczek złotoosnych piasków. Jak relacjonuje Stanisław Szwarz-Bronikowski, centralnym miejscem gospodarstwa był dom mieszkalny wybudowany w stylu polskim. W listach pisanych do B. Dybowskiego, J. Kalinowski m.in. relacjonuje: „Założyłem fermę, uprawiam trzcinę cukrową, kakao, kokę i inne rośliny tropikowe, a także zajmuję się przemyśleniem piasków złotoosnych, z tego utrzymuję się z rodziną” [36]. W Peru, w 1901 r. ożenił się z Marią Villamonte, z którą miał 12 dzieci. Dbalność o rozwój własnego gospodarstwa sprawia, że jak sam pisze w liście: „zajmuję się także zbieraniem kolekcji przyrodniczych, ale tylko w niewielkiej ilości, gdyż czasu mam mało”. J. Kalinowski w swych listach wielokrotnie proponował B. Dybowskiemu przysłanie do Peru swojego brata Feliksa Kalinowskiego lub innego zoologa celem kontynuowania zbiorów zoologicznych w peruwiańskiej Montanii. W latach 30. XX wieku, będąc już w podeszłym wieku, nadal zbiera okazy przyrodnicze i, co prawda rzadziej, ale nadal wysyła zbiory do Państwowego Muzeum Zoologicznego w Warszawie. J. Kalinowski koresponduje w tym okresie z ówczesnym dyrektorem Muzeum, Janem Domaniewskim. Proponuje pokrycie z własnych funduszy kosztów przysłania i późniejszego utrzymania w Peru polskiego zoologa [37]. Niestety J. Domaniewski nie znalazł odpowiedniego kandydata

i pomysł nie został zrealizowany. J. Kalinowski czuł silną więź z Polską. W swych listach pytał często o Ojczyznę, prosił o polskie czasopisma, interesował się losami Polaków mieszkających w Peru. Gdy dowiedział się o napaści Niemiec i Związku Radzieckiego na Polskę we wrześniu 1939 roku, podupadł na zdrowiu. Zmarł w czerwcu 1941 roku i został pochowany w Cadenie. Przy zbudowanej przez J. Kalinowskiego drodze Marcapata – Quincemil stoi pomnik, a na nim widnieje napis „Juan Kalinowski 1941” [24].

wane przez siebie okazy zwierząt etykietował według zaleceń, jakie przed laty wpoił mu W. Taczanowski. Na etykietach często umieszczał dłuższe opisy na temat środowiska życia i ekologii danego gatunku. Często w swych wyprawach łowieckich J. Kalinowski zapuszczał się w obszary, na których był pierwszym wśród przyrodników. W sumie na podstawie zebranych przez niego okazów opisano dziewięć nowych dla nauki gatunków ssaków, do których należą nietoperze: owocowiec srebrzysty *Artibeus glaucus*



Ryc. 2. Goblinek Kalinowskiego *Mormopterus kalinowskii* Thomas 1893, jeden z gatunków nietoperzy odkryty przez J. Kalinowskiego w okolicach Chanhamayo w Peru. Fot. Joaquín Ugarte Núñez.

Jeden z synów Jana, Celestino Kalinowski, przejął zawód ojca. Pracował dla Field Museum w Chicago, gdzie uważany był za wielce zasłużonego eksploratora, odkrywcę gatunków i zdolnego preparatora okazów zoologicznych. C. Kalinowski był jednym z inicjatorów powstania Parku Narodowego Manu. Rodzina Kalinowskich jest do dziś najliczniejszą rodziną pochodzenia polskiego mieszkającą w Peru.

J. Kalinowski przyczynił się do odkrycia przede wszystkim kilkudziesięciu nowych gatunków i podgatunków ptaków, m. in. perkoza Taczanowskiego *Podiceps taczanowskii*, podgatunku lelkowca wstęgosternego *Macropsalis segmentata kalinowskii*, szablodzioba andyjskiego *Recurvirostra andina*, trzęsionoga Taczanowskiego *Cinclodes taczanowskii* czy kolibra brylancika rdzawoskrzydłego *Heliodoxa braniczii* [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Dostarczane przez niego ornitologiczne okazy najczęściej opisywał Hans von Berlepsch, często wspólnie z J. Sztolcmanem. Swymi zbiorami J. Kalinowski wzbogacił znacząco kolekcje kilku muzeów przyrodniczych (m.in. w Warszawie, Londynie, Waszyngtonie, Lwowie i Limie). Pozyski-

i goblinek Kalinowskiego *Mormopterus kalinowskii* (Ryc. 2) oraz gryzonie: wiewiórka junińska *Sciurus (Hadrosociurus) pyrrhinus* (Ryc. 3), andowiak Kalinowskiego *Thomasomys kalinowskii*, andowiak inkaski *Thomasomys incanus*, krabojadek Sztolcmana *Ichthyomys stolzmanni*, mokradłowiec andyjski *Neotomys ebriosus* i aguti Kalinowskiego *Dasyprocta kalinowskii*. Wśród teriologicznych odkryć J. Kalinowskiego warto także wspomnieć o uznanym za gatunek wymarły wiskaczanie grubym *Lagostomus crassus*, a także dwóch nowych podgatunkach: wigonia peruwiańskiego *Vicugna vicugna mensalis* z rzędu parzystokopytnych oraz należącego do rzędu zajęczaków królaka brazylijskiego *Sylvilagus brasiliensis inca* [18]. Odkrywane w terenie ssaki naukowo opisywał najczęściej Oldfield Thomas z British Museum w Londynie. Oprócz kręgowców, J. Kalinowski w Peru zbierał także owady, zwłaszcza motyle, jednak wiedza o tych zbiorach i ich naukowym opisanu pozostaje niewielka.

W archiwach prywatnych rodziny Kalinowskich znajdują się niepublikowane pamiętniki i materiały



Ryc. 3. Wiewiórka junińska *Sciurus (Hadrosциurus) pyrrhinus* Thomas 1898, gryzoń opisany na podstawie okazu pozyskanego przez J. Kalinowskiego w 1891 roku, w departamencie Junín w Peru. Fot. Aniket Sardana.

dotyczące kolekcjonerskiej działalności J. Kalinowskiego. Dostęp do tych materiałów oraz nowe możliwości, jakie stwarza digitalizacja zbiorów muzealnych,

pozwalają mieć nadzieję na uzyskanie jeszcze wielu informacji na temat kolekcji przyrodniczych dostarczanych przez J. Kalinowskiego.

Bibliografia:

- Berlepsch H., Sztolcman J. (1892). Résultats des recherches ornithologiques faites au Pérou par M. Jean Kalinowski. Proceedings of the Scientific Meetings of the Zoological Society of London, 60: 371–411.
- Berlepsch H., Sztolcman J. (1894a). Description of a new species of Grebe from Central Peru. Ibis, 36: 109–112.
- Berlepsch H., Sztolcman J. (1894b). Descriptions de quelques espèces nouvelles d'oiseaux du Pérou central. Ibis, 36: 385–405.
- Berlepsch H., Sztolcman J. (1896). On the ornithological researches of M. Jean Kalinowski in Central Peru. Proceedings of the Scientific Meetings of the Zoological Society of London, 64: 322–388.
- Berlepsch H., Sztolcman J. (1901). Description d'oiseaux nouveaux du Pérou Central recueillis par le voyageur Polonais Jean Kalinowski. Ornis, 11: 191–195.
- Berlepsch H., Sztolcman J. (1902). On the ornithological researches of M. Jean Kalinowski in Central Peru. Proceedings of the Scientific Meetings of the Zoological Society of London, 1902: 18–60.
- Berlepsch H., Sztolcman J. (1906). Rapport sur les nouvelles collections ornithologiques faites au Pérou par M. Jean Kalinowski. Ornis, 13: 63–133.
- Brzęk G. (1953). Historia zoologii w Polsce do r. 1918. Cz. III. Materiały do historii ośrodka warszawskiego. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sec. C, 7: 1–455.
- Dybowski B. (1883). Remarques sur les Oiseaux de Kamtschatka. Bulletin de la Société Zoologique de France, 8: 351–370.
- Dybowski B. (1912). O Syberii i Kamczatce. Część I. Podróż z Warszawy na Kamczatkę. Gebethner i Wolff, Kraków.
- Dybowski B., Taczanowski W. (1884). Liste des Oiseaux de Kamtschatka et des Iles Comandores. Bulletin de la Société Zoologique de France, 9: 145–161.
- Iwan, D., Mierzwa-Szymkowiak, D., Wawer, W. (2021). Zbiory przyrodnicze Muzeum i Instytutu Zoologii PAN; świadectwo polskiego wkładu w rozwój światowych badań nad bioróżnorodnością prowadzonych od początku XIX wieku. Kosmos, 70(2): 241–254.
- Krabbe N., Schulenberg T.S. (2005). A mystery solved: the identity and distribution of Kalinowski's Tinnamou *Nothoprocta kalinowskii*. Bulletin of the British Ornithologists' Club, 125: 253–260.
- Lydekker R. (1915). Catalogue of the ungulate mammals in the British Museum (Natural History). Vol. 4. Artiodactyla, Family Cervidae (Deers), Tragulidae (Chevrotains), Camelidae (Camels and Lamas), Suidae (Pigs and Peccaries) and Hippopotamidae (Hippopotamuses). British Museum (Natural History), London.

15. Mlíkovský J. (2007). Types of birds in the collections of the Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences, Warszawa, Poland. Part 2: Asian birds. *Journal of the National Museum (Prague), Natural History Series*, 176: 33–79.
16. Mlíkovský J. (2009). Types of birds in the collections of the Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences, Warszawa, Poland. Part 3: South American birds. *Journal of the National Museum (Prague), Natural History Series*, 178: 17–180.
17. Paradowska M. (1977). *Polacy w Ameryce Południowej*. Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo, Wrocław.
18. Piechnik, Ł., Kurek, P. (2016). *Ssaki neotropików odkryte przez polskich naturalistów*. Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk, Kraków.
19. Pinowski J. (1993). Polscy zoologowie w Ameryce Łacińskiej do roku 1980. *Przegląd Zoologiczny*, 37: 53–60.
20. Pocock R. I. (1941). The races of the ocelot and the margay. *Field Museum of Natural History, Zoological Series*, 27: 319–369.
21. Radoszkowski O. (1887). Hyménoptères de Corée. *Horae Societatis Entomologicae Rossicae*, 21: 428–436.
22. Radoszkowski O. (1889). Hyménoptères de Corée. *Horae Societatis Entomologicae Rossicae*, 24: 229–232.
23. Sumar Kalinowski J. (2017). De la tundra a la jungla. Jan Kalinowski. *Una Historia Natural*. Lima.
24. Szwarz-Bronikowski S. (1974). Polską ścieżką przez Montanię. *Kontynenty*, 6: 16–19.
25. Taczanowski W. (1884). Hrabia Konstanty Branicki. *Wszechświat*, 3: 450–452.
26. Taczanowski W. (1888). Liste des oiseaux recueillis en Corée par M. Jean Kalinowski. *Proceedings of the Scientific Meetings of the Zoological Society of London for the year 1887*: 596–611.
27. Taczanowski W. (1889). Liste supplémentaire des oiseaux recueillis en Corée par M. Jean Kalinowski. *Proceedings of the Scientific Meetings of the Zoological Society of London for the year 1888*: 450–468.
28. Taczanowski W. (1890). Description d'une nouvelle Locustella de la Corée. *Proceedings of the Scientific Meetings of the Zoological Society of London for the year 1889*: 620–621.
29. Thomas O. (1893). On some mammals from central Peru. *Proceedings of Zoological Society of London*, 1893: 333–341.
30. Thomas O. (1894). Descriptions of some new neotropical Muridae. *Annals and Magazine of Natural History*, ser. 6, 14: 346–366.
31. Thomas O. (1897). Descriptions of four new South American mammals. *The Annals and Magazine of Natural History*, 6: 218–221.
32. Thomas O. (1898). Descriptions of new mammals from South America. *Annals and Magazine of Natural History*, ser. 7, 2: 265–275.
33. Thomas O. (1910). A collection of mammals from eastern Buenos Ayres, with descriptions of related new mammals from other localities. *Annals and Magazine of Natural History*, ser. 8, 5: 239–247.
34. Thomas O. (1917). Preliminary diagnoses of new mammals obtained by the Yale-National Geographic Society Peruvian expedition. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 68: 1–3.
35. Zatushevskyy A.T., Shydlovskyy I.V., Zakala O.S., Dykyy I.V., Holovachov O.V., Senyk M.A., Romanova Kh.J. 2010. Catalogue of the mammals collection of the zoological museum of Ivan Franko National University of Lviv. Ivan Franko National University of Lviv Zoological Museum.

Materiały archiwalne i korespondencje

36. Listy J. Kalinowskiego do B. Dybowskiego i swojego brata Feliksa - sygn. P III-70, daty: 15 I 1890, 10 I 1906, 3 III 1913, 28 III 1913, 6 VI 1913, 10 I 1914 oraz 12 IV 1913. (Archiwum PAN w Poznaniu).
37. List J. Kalinowskiego do J. Domaniewskiego, list z dnia 23 VII 1933 r. (Archiwum MiZ PAN).

Łukasz Piechnik, Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk, Kraków. E-mail: l.piechnik@botany.pl

Przemysław Kurek, Zakład Ekologii Roślin i Ochrony Środowiska, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. E-mail: przkur1@amu.edu.pl

LATO NA TORFOWISKU GĄZWA

Torfowiska to ekosystemy osobliwe i tajemnicze. Kto za pierwszym razem uległ ich urokowi, ten będzie doń wracał i za każdym razem zachwycał się ich pięknem. W czasopiśmie *Wszechświat* (t. 121 nr 7–9 i nr 10–12/2020) przedstawiałam torfowiska wysokie Gązwa, Strzałowo oraz Zakręt w okresie wiosennym. Strzałowo i Zakręt położone są na obszarze Mazurskiego Parku Krajo-
brazowego i udostępnione zwiedzającym. Na specjalnie zbudowanym pomoście można wejść na torfowisko „suchą nogą”. Natomiast torfowisko Gązwa jest „dzikie”. Można na nie wejść tylko w wysokim nieprzemakalnym obuwiu. Leży ok. 5 km od Mrągowa. Jest więc w zasięgu pieszej wycieczki. Zajmuje to 6–7 godzin, ale warto.



Ryc. 1. Kwitnące bagno zwyczajne. Fot. M. Olszowska.

Gązwa posiada powierzchnię ok. 499 ha. To specjalny obszar ochrony siedlisk (Dyrektywa Siedliskowa) w ramach sieci Natura 2000 zatwierdzony Decyzją Komisji Europejskiej. Obszar obejmuje kompleks bagien i torfowisk. Najcenniejszą część obszaru Gązwy w randze rezerwatu utworzonego w 1958 roku stanowi torfowisko wysokie z wciąż przebiegającym

procesem torfotwórczym. Torfowisko wykształciło się w południowej części dawnego jeziora Stama. Jest to jeden z największych takich ekosystemów w Polsce, który dotąd nie uległ zniszczeniu.

Wiosną na torfowiskach wysokich kwitnie zdecydowana większość roślin torfowiskowych. W czerwcu Gązwa wygląda bajecznie, bo pokrywa się rozległym

dywanem kwitnącego na biało bagna zwyczajnego (*Rhododendron palustre*) (Ryc. 1), nad którym unosi się jego silny, odurzający zapach. Ciekawostką jest fakt, że w tym ekosystemie wspaniałe strzeliste sosny posiadają płaskie wierzchołki (Ryc. 2), a brzozy są niskie i tutaj nie osiągną rozmiarów typowych dla tych drzew.



Ryc. 2. Sosny na torfowisku mają płaskie wierzchołki. Fot. M. Olszowska.

W lecie (VII–IX) obraz i zapach torfowisk jest już inny. Możemy w tym okresie obserwować powstawanie owoców i ich stopniowe dojrzewanie. W sierpniu owoce większości krzewinek torfowiskowych są już w pełni dojrzałe. Możemy zobaczyć jasno-brązowe, zwisające ku dołowi jajowate torebki bagna zwyczajnego (*Ledum palustre*) (Ryc. 3). Mają długość 4–5 mm,



Ryc. 3. Owoce bagna zwyczajnego. Fot. M. Olszowska.

wewnątrz posiadają przegrody, a na zewnątrz pokryte są gruczołowatymi brodawkami. Po dojrzewaniu pękają od strony szypułki pięcioma kłapami. Nasiona są liczne, drobne (± 2 mm długości), wydłużone, z nieprzylegającym skrzydlastym obłonieniem, spiralnie skręcone. Cała roślina jest trująca i owoce nie nadają się do konsumpcji.

Niżej pomiędzy krzewinkami bagna zwyczajnego widać apetycznie wyglądające jagody borówki czernicy

(*Vaccinium myrtillus*). Pojawiają się na krzewinkach już w lipcu. Jagody są czarne, z niebieskawym woskowym nalotem, a ich średnica wynosi 6–10 mm (Ryc. 4). Każda jagoda zawiera brązowe wydłużone nasiona. Te pyszne owoce są znane wszystkim, a szczególnie tym, którzy lubią pierogi z jagodami albo piją sok z jagód, aby zatrzymać męczącą biegunkę.



Ryc. 4. Owoce borówki czernicy. Fot. M. Olszowska.

Owoce tej krzewinki wspomagają narząd wzroku, wykorzystuje się je w schorzeniach siatkówki i w retinopatii. Są również pomocne w walce z glistami i owsikami.

Na skupiskach wysokich do 1 m krzewinek borówki bagiennej (*Vaccinium uliginosum*), zwanej pijanicą



Ryc. 5. Owoce borówki bagiennej. Fot. M. Olszowska.

lub łochynią, także zobaczymy owoce. Są to gruszkowate lub okrągłe granatowe jagody z ciemnostalowym nalotem, trochę większe od jagód borówki czernicy (Ryc. 5). Jagoda pijanicy posiada białawy, soczysty i kwaskowaty miąższ z fioletowymi żyłkami. Podłużne brązowe nasiona skupione są w centralnej części owocu. U ludzi po skonsumowaniu dużej ilości jagód uzyskiwano efekt taki, jak po spożyciu alkoholu. Prawdopodobnie owoce borówki bagiennej

mogą być pokryte halucynogennym pyłkiem bagna zwyczajnego albo zainfekowane halucynogennym grzybem. Przed zjedzeniem lepiej je dobrze umyć. Owoce borówki bagiennej zawierają więcej witamin niż czarne jagody. Robi się z nich soki, marmolady, dżemy, konfitury, powidła, kisiele, wino i pyszną herbatę. Można je także suszyć.

Na obrzeżu torfowiska rośnie jeszcze borówka brusznica (*Vaccium vitis-idaea*), roślina o wysokości 15–30 cm. Jej dojrzałe kuliste błyszczące owoce mają kolor ciemnoczerwony (Ryc. 6). Jagoda jest



Ryc. 6. Owoce borówki brusznicy. Fot. M. Olszowska.

gorzko-kwaskowata i cierpka w smaku. Roślina może owocować dwukrotnie w trakcie jednego okresu wegetacyjnego: w lipcu i w sierpniu oraz od września do listopada. Z owoców z dodatkiem gruszek robi się galaretki używane do ciemnych mięs i dziczyzny.



Ryc. 7. Owoc bażyny czarnej. Fot. M. Olszowska.

Kuliste czarne owoce przypominające wyglądem jagody borówek zobaczyć można na jeszcze jednej niskiej krzewince rosnącej na Gązwie. To bażyna czarna (*Empetrum nigrum*) z rodziny bażynowatych, roślina długowieczna przystosowana do życia w chłodnym klimacie. Jej owoc to czarny mięsisty

i soczysty, ale mdły pestkowiec, najczęściej o średnicy 7–8 mm (Ryc. 7). Zawiera zwykle 8–9 nasion do 2 mm długości i 1 mm szerokości. Smak tego pestkowca poprawia się po przemrożeniu. Owoce wykazują silne działanie antyoksydacyjne. Stosowane były w leczeniu zakażeń układu moczowego. Soku i odwaru z owoców używano dawniej do farbowania zaprawionego płótna i wełny na kolor ciemnoczerwony. Bażynę uznaje się za najważniejszą roślinę owocową w Arktyce. Jej owoce urozmaicają różne potrawy. Sporządza się z nich wina, dżemy i smakowe dodatki do ciast.



Ryc. 8. Owoce żurawiny błotnej. Fot. M. Olszowska.

Owoce dobrze znanej żurawiny błotnej (*Oxycoccus palustris*) to kuliste czerwone jagody o średnicy do 1 cm (Ryc. 8). Mają kwaśny, cierpki smak, a w środku zawierają drobne zielonkawe nasiona.



Ryc. 9. Dojrzewające owoce modrzewnicy. Fot. M. Olszowska.

Optymalny smak uzyskują, podobnie jak u bażyny, po przemarznieniu. Są wyjątkowo trwałe i można je przechowywać w stanie świeżym przez wiele miesięcy po zerwaniu. Wyrabia się z nich przetwory takie jak dżemy, galaretki, nalewki i konfitury używane jako dodatek do mięs. Owoce są szczególnie cenione

w infekcjach dróg moczowych oraz w profilaktyce antynowotworowej i antymiażdżycowej.

W lecie na torowisku zobaczymy też trujące owoce modrzewnicy pospolitej (*Andromeda polifolia*). To kuliste torebki zwieńczone zaschniętą szyjką słupka wznoszące się ku górze i pękające pięcioma kłapami od części szczytowej. Najpierw mają kolor niebieskawy, zaś po dojrzeniu brązowy (Ryc. 9). Liczne nasiona są jajowate, gładkie, o barwie jasnobrązowej.



Ryc. 10. Kwitnący wrzos pospolity. Fot. M. Olszowska.

Na torfowisku rośnie krzewinka, która w lecie nie owocuje, a dopiero zakwita (pierwsza dekada sierpnia). To wrzos pospolity (*Calluna vulgaris*) z rodziny wrzosowatych. Roślina zimozielona osiągająca zwykle do 0,5–0,6 m wysokości. Jej młode pędy są cienkie, pokładające się, owłosione lub nagie. Kora jest ciemnopomarańczowa do czerwonej. Korzenie żyją w mikoryzie i zwykle płytko się rozrastają. Liście są zimozielone, drobne, igielkowate, naprzeciwległe. Na bocznych pędach wyrastają bardzo gęsto, w przeciwieństwie do pędu głównego. Blaszka liściowa jest naga, podługowato lancetowata lub jajowato lancetowata o wymiarach 2,5–3,5 × 0,5–0,7 mm. Kwiaty wrzosa są piękne. Drobne, dzwonkowate, różowo-liliowe, czterokrotne, zebrane w jednostronne grona o długości 15–25 cm i rozgałęzione na szczytach (Ryc. 10). Kwiatostany zajmują blisko połowę długości rocznych pędów. Kwiaty są obupłciowe,

otoczone zielonym, 4-listkowym kieliszkiem. Działki kielicha (długości 3–4 mm) mają barwę taką jak płatki korony (długości 2–3 mm) i są połączone u nasady. W kwiecie zobaczymy 8 pręcików z ciemnobrązowymi pylnikami, każdy z parą jaśniejszych, zagiętych u nasady wyrostków. Nitki pręcików są nagie, wygięte, płaskie i przylegające do załączni. Słupek jest górny i powstał z czterech zrosniętych owocolistków. Załącznia posiada długą wystającą z kwiatu pojedynczą



Ryc. 11. Żaba moczarowa. Fot. M. Olszowska.

prostą szyjkę. Znamię ma kształt główkowaty z łatkami. Dojrzałe owoce pojawiają się dopiero jesienią, w październiku.

Na Gązwie żyje żaba moczarowa (*Rana arvalis*), bardzo podobna do żaby trawnej, ale nie posiadająca plamistego brzucha. Wiosną widywałam tutaj osobniki dorosłe, ale latem głównie osobniki młodociane (Ryc. 11). O płazach Mazur pisałam w czasopiśmie Wszechświat (t. 114 nr 8–9/2019).

Na torfowisku zauważyłam również ważkę straszkę pospolitą (*Sympecma fusca*). Gdy usiądzie, układa swoje prostokątne skrzydła wzdłuż ciała. Jest to jej cecha charakterystyczna. Ten gatunek występuje pospolicie w większości naszych regionów, rzadziej spotykany jest tylko na północnym-wschodzie. Straszka pospolita nazywana jest także zimówką rudawą. Należy do ważek równoskrzydłych i do rodziny pałatkowatych. Dorasta do 3,7 cm, długość jej skrzydła waha się między 18 a 23 mm, zaś rozpiętość skrzydeł sięga 4,4 cm. Ubarwienie straszki jest beżowe, z brązowo-zielonymi metalicznymi plamami. Plamy na tułowiu mają postać równoległych pasów o podobnej szerokości i równych brzegach. Podobne plamy obejmują także część grzbietową odwłoka (Ryc. 12). Obie płcie można rozróżnić jedynie po jasnych przydatkach płciowych na końcu odwłoka. Gody odbywają się przy małych zarośniętych zbiornikach wodnych

od kwietnia do maja. Samica z pomocą pokładełka składa jaja do obumarłych części roślin wodnych, z których po 2–3 miesiącach rozwijają się drapieżne larwy. Osobniki nowego pokolenia pojawiają się



Ryc. 12. Straszka pospolita – samica. Fot. M. Olszowska.

Malowniczy obraz odchodzącego torfowiskowego lata jest zarazem oznaką zbliżającej się nieuchronnie jesieni. Widać pierwsze żółknące liście brzoź (Ryc. 13) i czerwieniejące liście borówki czernicy (Ryc. 14). Wróć tutaj, gdy jesień już się rozgości...



Ryc. 14. Czerwone liście borówki czernicy. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 13. Żółknące liście brzoź. Fot. M. Olszowska.

w lipcu i sierpniu i chętnie latają na leśne polany oraz przydroża. Wśród naszych ważek straszki są wyjątkowe, bo jako jedyne zimują w postaci dorosłej, na dodatek z dala od wody. Jesienią gromadzą się wśród uschniętych roślin i tu zapadają w diapauzę.

*mgr Maria Olszowska, Mrągowo
e-mail: marjolsz@interia.pl
emerytowana nauczycielka biologii z Mrągowo*

Wszechświat 1886, tom V, nr 5, str. 65–66

**ROŚLINY OZDOBNE
Z RODZINY OBRAZKOWATYCH
(AROIDEAE).**

przez J. S.



Anthurium hybridum

Od pewnego czasu rozpowszechniły się bardzo w oranżeryjach i salonach rośliny obrazkowe, pod ogólną nazwą ogrodniczą *Arum*. Rośliny te właściwie wyłącznie prawie strefom podzwrotnikowym, odznaczają się niezmiernym bogactwem form i barw, zarówno liści jak kwiatów. W gorących i wilgotnych lasach dziewiczych Kolumbijskich i Ekwadorskich Andów rośliny te stanowią, obok palm i drzewiastych paproci, jedną z najpiękniejszych ozdób puszczy.

Liście olbrzymie, sercowate lub strzałkowate, często dziwnie powycinane lub podziurawione, dochodzące nieraz do dwu metrów długości, osadzone na wysokich na parę metrów potężnych szypułach, barw i odcieni najrozmaitszych, od ciemnozielonej do żółtawej; powierzchnia górna liścia błyszcząca

lub matowa, niekiedy z połyskiem metalicznym, srebrzystym, miedzistym, szpizowym, pięknie biało, czerwono lub bezbarwnie żyłkowana, przedstawia nieraz najdziwniejsze kontrasty z jego spodem. Z pośród potężnych liści wychyla się równie okazały kwiat, najczęściej szkarłatny, na grubej osadzonej łodydze; kwiat ten składa się z dwu części: koronę jego tworzy pojedynczy mięsisty płatek, zwinięty spiralnie w kształt lejka, ze środka zaś tej korony wystrzela nieproporcjonalnie wielki słupek, pokryty nasiennikami. Kwiat podzwrotnikowych Aroideów jest bardzo trwały, p. Andre udało się np. dowieść do Europy kwitnący okaz *Anthurium Andrei* z Ekwadoru i przedstawić go botanikom w pełni kwiecia po 7-tygodniowej podróży. Po odkwitnięciu słupek tworzący oś kwiatu grubieje i rośnie na długość, tworząc kłos lub raczej szyszkę okrągłych owoców białych lub różowych, wielkości małego ziarna grochu. Z pomiędzy dwu przedstawicieli rodziny obrazkowatych, dziko u nas rosnących, tylko czerwień błotna (*Calla palustris*), kwitnąca na moczarach i mokrych łąkach w Czerwcu i Lipcu w postaci śnieżnej białości sporych lejków, z których wnętrza mały lecz gruby, po odkwitnięciu czerwony, słupek sterczy, może dać pewne pojęcie o kształcie kwiatu obrazkowatych ze stref gorących. Drugim tej rodziny przedstawicielem krajowym jest tatarak.

Jedną z najpiękniejszych form tej rodziny, upowszechnioną w r. 1875 przez znany dom ogrodniczy M. Lindena w Gandawie, *Anthurium hybridum*, przedstawia rycina załączona.

Dodajmy jeszcze, że obrazkowce leśne południowoamerykańskie, które najczęściej w oranżeryjach spotykamy, lubią miejsca cieniste, wilgotne, klimat dość umiarkowany; najpospolitsze bowiem podszycie lasów tworzą one wespół z wielkolistnymi roślinami bananowatymi (*Musaceae*) w okolicach położonych u podnóża Kordylijerów, na wysokości 1–4000 stóp nad poziomem morza. Rodzina ta liczy również pewną liczbę przedstawicieli pasorzytnych, t. zw. ljan wielkolistnych zdobiących lasy górskie podzwrotnikowej Ameryki; hodowla ich jednak pomimo wszelkich starań jest równie trudną jak i hodowla drzewiastych paproci, z powodu niemożliwości sztucznego naśladowania w pokoju warunków dla ich istnienia niezbędnych, wielkiej wilgocci w atmosferze, połączonej ze stosunkową suchością gruntu i umiarkowaną temperaturą.

Teksty wybrały i przygotowały Krystyna Ossowska i Maria Śmiałowska. Pomoc techniczna Monika Szczerba-Kolasa.

PARY DOBRANE DOSKONALE

Przyroda jest skomplikowanym systemem współzależności, które przejawiają się w sieciach pokarmowych. Im bardziej są one rozbudowane, tym łatwiej naturze wrócić do równowagi. Przedstawię przykłady wybranych pięciu gatunków motyli i ich roślin żywicielskich o zgranym w czasie okresie życia i wydawania potomstwa.



Ryc. 1. Proporzycy marzymłódka. Fot. M. Olszowska.

Motyle, zarówno dzienne, jak i nocne, z reguły składają jaja na roślinie, która w niedalekiej przyszłości stanie się „stołówką” dla ich gąsienic. Te rośliny nazwane są żywicielskimi. Samice motyli wtedy są gotowe do składania jaj, kiedy wystarczająco rozwinięte są ich rośliny żywicielskie.

Przepiękna proporzycy marzymłódka (*Tyria jacobaeae*) jest motylem nocnym. Imago występują od połowy maja do początku lipca. Proporzycy posiada rozpiętość skrzydeł 32–40 mm. Angielska nazwa tej pięknej ćmy – „cinnabar moth” nawiązuje do cynobru.

Cynober zaś to odcień koloru czerwonego wpadający nieco w kolor pomarańczowy. Głowa, tułów i odwłok tego motyla są czarne, przednie skrzydło szaro-czarne z cynobrową smugą wzdłuż przedniego brzegu i dwiema cynobrowymi plamkami przy brzegu zewnętrzny, zaś skrzydło tylne jest karminowo-cynobrowe z czarną strzępiną (Ryc. 1). Rośliną żywicielską proporzycy marzymłódki jest starzec jakubek (*Senecio jacobaea*) z rodziny astrowatych. To wysoka bylina (do 120 cm wysokości) o łodydze rozgałęzionej i zazwyczaj owłosionej (czasem nagiej). Rośnie

w rowach, zaroślach i przy drogach. Starzec kwitnie od czerwca do sierpnia, wytwarzając kwiaty zebrane w żółte koszyczki. Samica proporzycy składa na nim jajeczka, a wylęgnięte gąsienice żerują od lipca do września. Jakubek zawiera rakotwórcze alkaloidy i jest trujący dla zwierząt gospodarskich. Jednak nie dla gąsienic proporzycy. Niebezpieczne alkaloidy starca

wchłaniane są do organizmów gąsienic wraz z pobieranymi liśćmi. Dlatego gąsienice posiadają zestaw kolorów ostrzegawczych żółto-czarnych (Ryc. 2). Podobnie jak kombinacja barw czerwono-czarnych dorosłej proporzycy, kolory te niosą informację dla drapieżników, że motyl jest trujący. Starzec powoli przekwita we wrześniu i wysiewa owoce z białym



Ryc. 2. Gąsienica proporzycy marzymiódki. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 3. Rusałka pokrzywnik. Fot. M. Olszowska.

puchem kielichowym. Gąsienice zawijają się wówczas w kokony i jako poczwarki zimują w glebie do maja następnego roku. Natomiast starzec ginie, gdy nadchodzi pierwsze jesienne chłody.

Pospolite rusałki pokrzywniki (*Aglais urticae*) to motyle dzienne występujące od marca do października. Potrzebują pokrzyw jako roślin żywicielskich i te

i białawe plamy. Tylne, bliżej tułowia, mają jednolitą ciemną barwę. Obrzeża skrzydeł są niebiesko-czarne z białymi plamkami (Ryc. 3). W kwietniu po kopulacji samica składa stosiki jaj na spodniej stronie liści pokrzywy. Gąsienice pojawiające się w kwietniu są czarne i pokryte kolczastymi wyrostkami. W maju po drugim linieniu uzyskują żółte podłużne pasy (Ryc. 4).



Ryc. 4. Gąsienice rusałki pokrzywnik po drugim linieniu. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 5. Rusałka pawik. Fot. M. Olszowska.

rosną dla nich od połowy marca aż do późnej jesieni, stając się w ciągu roku pokarmem dla kolejnych 2, a nawet 3 pokoleń tych motyli. Skrzydła pokrzywnika są intensywnie zabarwione, ceglasczerwone. Skrzydła przedniej pary mają liczne żółte, czarne

Przepoczwarczają się na łodygach pokrzywy. Motyle nowego pokolenia pojawiają się na przełomie maja i czerwca.

Pokrzywę zwyczajną na swoją roślinę żywicielską wybrał jeszcze inny piękny motyl – rusałka pawik (*Aglais io*). Nie można go pomylić z innym motylem ze względu na fałszywe „pawie oczka” na obu parach skrzydeł (Ryc. 5). Jaskrawoczerwone skrzydła mają rozpiętość od 4,5 do ponad 6 cm. Fałszywe oczy działają jako odstraszacze drapieżników. Pawik wydaje dwa pokolenia w roku: na wiosnę i w lecie. Po kopulacji samica wybiera bujnie rozwinięte okazy pokrzyw rosnące w miejscach osłoniętych i nasłonecznionych, a następnie na spodniej stronie liści składa od 300 do nawet 500 jaj. Gąsienice wylęgają się po 1–2 tygodniach. W ostatnim stadium są aksamitnie czarne, z mnóstwem białych kropek i z długimi rozgałęzionymi kolcami służącymi do obrony przed drapieżnikami (Ryc. 6). Przepoczwarczają się już na innych roślinach. Dorosłą postać możemy obserwować praktycznie przez cały rok, za wyjątkiem

przełomu czerwca i lipca. Motyle nowego pokolenia pojawiają się w lipcu.

Dość pospolita przeplatka atalia (*Melitaea athalia*), choć wykształca zazwyczaj tylko jedno pokolenie w roku, ma do wyboru więcej roślin żywicielskich: babkę lancetowatą, pszeńca gajowego, świetlika łąkowego i przetacznika ożankowego. Imago występuje

od maja do połowy sierpnia. W tym czasie rozwinięte są już jej rośliny żywicielskie. Rozpiętość skrzydeł przeplatki waha się od 34 do 42 mm. Dorosłe motyle mają skrzydła pomarańczowe z czarnym rysunkiem przypominającym siatkę (Ryc. 7). Półksiężycowate jasnożółte plamki na spodzie tylnych skrzydeł są tej samej barwy co pola na samym brzegu skrzydła.



Ryc. 6. Gąsienice rusalki pawik. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 7. Przeplatka atalia. Fot. M. Olszowska.

Motyl wykazuje bardzo dużą zmienność barwną. Spotyka się osobniki o różnym odcieniu barw podstawowych. Samica składa jaja zebrane w skupiska na spodniej stronie liści rośliny żywicielskiej. Tutaj po 2–3 tygodniach wylęgają się czarne gąsienice z białymi plamkami i z owłosionymi żółtymi kolcami (Ryc. 8). Żerują one gromadnie, lecz nie uszkadzają

liści brzozy, buka, dębu, klonu, lipy, wiązu i wierzby. Włochate gąsienice o długości ciała do 60 mm są żółto ubarwione i mają czarną głowę. Ciało gąsienic posiada czarne podłużne prążki i pomarańczowe poprzeczne międzysegmentalne linie (Ryc. 10). Gąsienice żerują gromadnie od lipca do września na wspomnianych drzewach, zjadając wspólnie ten sam



Ryc. 8. Gąsienica przeplatki atalii. Fot. M. Olszowska.

górną skorupkę rośliny. Zimują w suchych liściach. Wiosną pojawiają się poczwarki, z których po 2–3 tygodniach wyjdą dorosłe przeplatki.

Narożnica zbrojówka (*Phalera bucephala*) z rodziny garbatkowatych prowadzi nocny tryb życia. Dorosłą ćmę spotkałam jednak w czerwcowy dzień na żwirowej ścieżce na skraju lasu. Jej przednie skrzydła są srebrzystoszare, z dużą żółtą plamą wierzchołkową i ciemną nakrapianą strzępiną. Głowa ćmy pokryta jest gęstym żółtym futerkiem (Ryc. 9). Skrzydło tylne jest owalne, ubarwione białawo-żółto, z ciemniejszym polem środkowym i z niewyraźną ciemną przepaską. Odwłok jest złocisto-żółty. Gdy motyl siada na pniu ze złożonymi skrzydłami, przypomina odłamaną gałązkę. Długość ciała motyla waha się od 24 do 32 mm. Rozpiętość skrzydeł wynosi 42–70 mm. Spotkać go można w lasach, parkach, ogrodach i zadrzewieniach od maja do lipca w jednym pokoleniu. Osobniki dorosłe nie pobierają pokarmu. Narożnica zbrojówka, podobnie jak przeplatka atalia, może wybierać spośród roślin żywicielskich. Jaja składane są w pakietach na spodniej stronie

liść, zaczynając od jego brzegów. Dopiero w ostatnim stadium rozchodzą się po całej gałęzi drzewa i schodzą w dół. Przepoczwarczenie odbywa się w ziemnej norce. Gąsienicę narożnicy sfotografowałam pod koniec września na tej samej żwirowej ścieżce, co osobnika dorosłego. Przypuszczam, że przemieszczała się w poszukiwaniu miejsca do przepoczwarczenia. Właśnie poczwarka jest stadium zimującym tego motyla.

Nie dziwny się, że gąsienice niektórych motyli żerują na niesmacznych roślinach żywicielskich. Takie menu im samym nie szkodzi, a jest szansą na przetrwanie gatunku. Część motyli celowo wybiera dla swoich gąsienic takie właśnie rośliny, bo wtedy jest mniejsze prawdopodobieństwo, że tę roślinę wraz z jajami skonsumuje jakiś roślinożerca.

Motyle zachwycają nas urodą. Lubimy je obserwować. Wybierajmy na obserwacje dni słoneczne, bo wtedy zobaczymy ich najwięcej. Motyle są bowiem organizmami zmiennocieplnymi, które nie potrafią magazynować energii. Ubarwienie i odpowiednie ustawienie skrzydeł pozwala im zoptymalizować nagrzewanie ciała promieniami słonecznymi.



Ryc. 9. Narożnica zbrojówka. Fot. M. Olszowska.

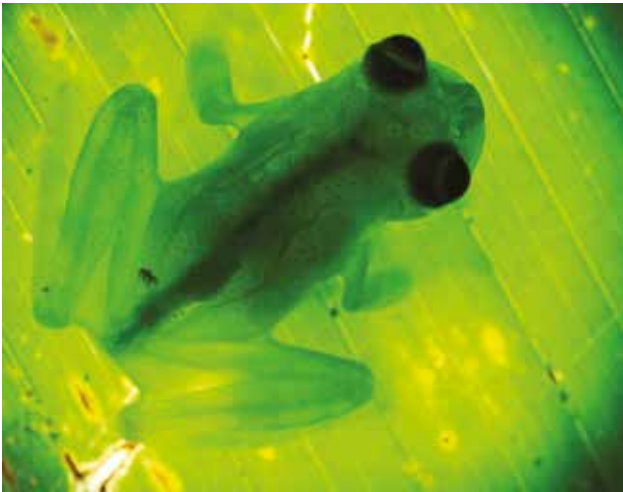


Ryc. 10. Gąsienica narożnicy zbrojówki. Fot. M. Olszowska.

Gdy temperatura otoczenia jest za niska, nie są w stanie latać. Motyle nazywa się bioindykatorami, ponieważ są niezwykle wrażliwe na zmiany środowiska, także na zmiany klimatyczne. Dlatego nie zwalczamy chwastów, nie osuszamy łąk, przestaniemy je tak często kosić, aby umożliwić roślinom wydanie nasion i tym samym przedłużenie gatunku. Zakładajmy

kwietne łąki. Mamy wtedy szansę, że właśnie na nich zaroi się od różnorodnych motyli. Będziemy mogli podziwiać je do woli.

*mgr Maria Olszowska, Mrągowo
e-mail: marjolsz@interia.pl
emerytowana nauczycielka biologii z Mrągowo*



Żaba szklana (*Hyalinobatrachium valerioi*), przedstawicielka rodziny szklenicowatych (Centrolenidae) – przejrzyste ciało pozwala zajrzeć do wnętrza, bez zbytejnego niepokojenia żaby (La Gamba, Kostaryka, 8,7°N; fot. Ryszard Laskowski).



W tropikach znajdziemy najmniejszego żyjącego ptaka – koliberek hawański (*Mellisuga helenae*) waży zaledwie 2–2,5 g, osiąga dł. około 5,5–6,2 cm, z czego ponad 1 cm przypada na dziób, a 1,5 cm na ogon; rozpiętość skrzydeł to 3,25 cm (okolice Ciénaga de Zapata, Kuba, około 22,4°N; fot. Ryszard Laskowski).



Tukan brązowodzioby (*Ramphastos swainsonii*) to z kolei ptak sporych rozmiarów, o szczególnie imponującym dziobie. Żywi się głównie leśnymi owocami, ale nie gardzi owadami, jaszczurkami, płazami czy jajami; por. Weiner J. (2009) Dziób tukana. *Wszechświat* 110 (4–6): 44–47 (Park Narodowy Corcovado, Kostaryka, około 8,5°N; fot. Ryszard Laskowski).



Ostronos białonosi (*Nasua narica*) – drapieżny ssak z rodziny szopowatych (Procyonidae) – zapowiada się, że będzie ich więcej (Panama, około 9°N; fot. Ryszard Laskowski).



Leniwiec pstry (*Bradypus variegatus*) to gatunek, który z pewnością można zaliczyć do tych najdziwniejszych, nie mających swoich odpowiedników poza strefą tropikalną – wraz ze swoimi krewniakami, leniwcem trójpalczastym i dwupalczastym są najwolniejszymi ssakami na Ziemi; i to nie tylko w sensie dosłownym, lokomotorycznym, ale też pod względem tempa metabolizmu w przeliczeniu na kilogram masy ciała (Panama, 9°N; fot. Ryszard Laskowski).



Skoro znamy już najwolniejszego ssaka na Ziemi, pora poznać najszybszego – zamieszkujące afrykańskie sawanny gepardy (*Acinonyx jubatus*) potrafią rozwinąć prędkość do 110–120 km na godzinę (Serengeti, Tanzania, 2,5°S; fot. Ryszard Laskowski).



Wśród tropikalnych zwierząt znajdziemy nie tylko te najmniejsze, największe i dziwaczne, ale też najbardziej urocze – kinkażu żółty (*Potos flavus*) to niewielki drapieżnik z rodziny szopowatych (Procyonidae) (Panama, 8,15°N; fot. Ryszard Laskowski).



Wobec obecności tak licznych drapieżników, na sawannie szczególnie liczy się czujność i opieka rodzicielska – mangusta karłowata (*Helogale parvula*) w Parku Narodowym Serengeti, Tanzania (2,5°N; fot. Ryszard Laskowski).



Wygląd może być bardzo mylący – choć podobny do świstaka, górniak skalny (*Procavia capensis*) jest najbliższym spokrewnionym ze... słoniami i diugoniami (Serengeti, Tanzania, 2,5°S; fot. Ryszard Laskowski).



Pora deszczowa, gdy sawanna pokrywa się bujną zielenią, to najlepszy okres na narodziny młodych – słonie afrykańskie (*Loxodonta africana*) przy baobabie (*Adansonia* sp.) w Parku Narodowym Tarangire w Tanzanii (3,5°S; fot. Ryszard Laskowski).



Bawół afrykański (*Syncerus caffer*), ze względu na agresywne usposobienie, masę ciała dochodzącą do tony i wysokość w kłębie do 1,7 m, należy do najniebezpieczniejszych zwierząt w Afryce (Ngorongoro, Tanzania, 3,5°S; fot. Ryszard Laskowski).



W naszym pobieżnym fotograficznym przeglądzie roślin i zwierząt tropików nie może zabraknąć głównych konsumentów pierwotnej produkcji sawanny – średniej wielkości antylop, tworzących ogromne, liczące setki osobników stada – tu skoczniak antylopi (springbok) (*Antidorcas marsupialis*) w Parku Narodowym Etosha w Namibii (16,2°S; fot. Ryszard Laskowski).



Kudu wielkie (*Strepliceros strepsiceros*) – kolejna z antylop typowych dla afrykańskiej sawanny (Okonjima Nature Reserve, Namibia, 20,7°S; fot. Ryszard Laskowski).



Ogromne stada kopytnych to z kolei dostatek pożywienia dla wielkich drapieżników, takich jak lamparty (*Panthera pardus*). W przeciwieństwie do innych wielkich kotów Afryki, lamparty doskonale wspinają się po drzewach i wciągają na nie swoją zdobycz (Okonjima Nature Reserve, Namibia, około 20,6°S; fot. Ryszard Laskowski).



Obszar tropików to kolebka nie tylko człowieka, ale i innych naczelnych. Orangutan borneański (*Pongo pygmaeus*) występuje wyłącznie w lasach deszczowych Borneo i Sumatry i jest gatunkiem krytycznie zagrożonym. Warto wspomnieć, że nazwa „orangutan” pochodzi z języka malajskiego, gdzie znaczy „człowiek lasu” (fot. Ryszard Laskowski).



Goryl górski (*Gorilla beringei*) to kolejny naczelnny zagrożony wymarciem. Jeszcze 10 lat temu ich populacja liczyła zaledwie 600–700 osobników (!); w ostatnich latach, dzięki zmniejszeniu presji ze strony człowieka, populacja wzrosła o około 25% (Nieprzenikniony Las Bwindi, Uganda, ok. 1°S; fot. Ryszard Laskowski).