

WSZECHŚWIAT

PISMO PRZYRODNICZE

Tom 118 Nr 4–6

Kwiecień – Maj – Czerwiec 2017



*Wspomnienie o profesorze
Jerzym Vetulanim*

Nazewnictwo organizmów

Porozumiewanie się roślin

Enzymy – katalizatory życia

Kurkuma – roślinne panaceum

Pająki ptaszniki

Parki rzeczne w miastach

Osteologia dinozaurów

ISSN 0043-9592



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.

Treść zeszytu 4–6 (2640–2642)

ARTYKUŁY

Pamięci profesora Jerzego Vetulaniego	87
Stanisław Knutelski, Marcin Wiorek, Emilia Knutelska, Problemy z nazewnictwem organizmów. II. nazewnictwo wernakularne	95
Jakub Oliwa, Czy rośliny mają swój język?	103
Maciej Szaleniec, Agnieszka Rugor, Enzymy – katalizatory życia	108
Joanna M. Wierońska, Kurkuma – roślinne panaceum	117
Patryk Grabowski, Paweł Szymkowiak, Zróżnicowanie ptaszników (Theraphosidae), czyli gdzie mieszkają i jak żyją włochate bestie polujące na ptaki	126
Wiktor Halecki, Parki rzeczne – jako forma ochrony powietrza w miejskiej wyspie ciepła	133

DROBIAZGI

Obserwacja rzadkiego dla Polski gatunku wrotka <i>Squatinnella longispinata</i> w sztucznym siedlisku, (Dariusz Halabowski, Irena Bielańska-Grajner)	139
Osteologia dinozaurów na przykładzie szkieletu gatunku <i>Tarbosaurus bataar</i> (Maleev 1955), (Szymon Górnicki)	143
Stwierdzenie szczątków płaza bezogonowego w wyrzuconej butelce, (Przybył Magdalena, Krzysztof Kolenda)	145

WSZECHŚWIAT SPRZED WIEKU

Tajemnice z życia kwiatów, Muzyka owadów (Maria Śmiałowska)	147
---	-----

WSPOMNIENA Z PODRÓŻY

„Piekielna” geoturystyka (Włodzimierz Mizerski)	156
---	-----

RECENZJE

Speybroeck, J., Beukema, W., Bok, B., Van Der Voort, J., I. Velikov 2016. Field Guide to the Amphibians and Reptiles of Britain and Europe. British Wildlife Field Guides (Piotr Sura)	164
---	-----

Fotografia na okładce:

Argiope bruennichi (Scopoli, 1772), tygrzyk paskowany – „tygrysie” ubarwienia odwłoka odstraszać potencjalnych drapieżników.
Fot. W. Wantuch.

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

Cena zeszytu z bieżącego roku oraz zeszytów z dwóch ubiegłych lat wynosi 12 zł. Ceny numerów archiwalnych z wcześniejszych lat od 1 zł do 5 zł.

Redakcja nie dysponuje zeszytem nr 7–9, tom 104, zawierającym płytke CD z głosami ptaków.

Proponujemy również dokonanie prenumeraty Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*, poprzez wpłatę 48 zł rocznie. W sprawach prenumeraty i zakupu wybranych numerów prosimy o kontakt z P. Aleksandrem Koralem, e-mail: biuro@ptpk.org, tel. 661 482 408.

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika
Redakcja Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*
31-118 Kraków, ul. Podwale 1
Bank Zachodni WBK, XXII Oddział Kraków
nr konta 81 1500 1142 1220 6033 9745 0000

Ten numer *Wszechświata* powstał dzięki finansowej pomocy:

- Akademii Górniczo-Hutniczej
- Polskiej Akademii Umiejętności
- Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego



Rada Redakcyjna

Przewodniczący: Irena Nalepa

Z-cy Przewodniczącej: Ryszard Tadeusiewicz, Jerzy Vetulani

Sekretarz Rady: Stanisław Knutelski

Członkowie: Wincenty Kilarski, Michał Kozakiewicz, Elżbieta Pyza, Marek Sanak, January Weiner, Bronisław W. Wołoszyn

Komitety redakcyjne

Redaktor Naczelny: Maria Śmiałowska

Z-ca Redaktora Naczelnego: Barbara Płytycz

Sekretarz Redakcji: Alicja Firlejczyk

Członek Redakcji: Barbara Morawska-Nowak

Adres Redakcji

Redakcja Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*

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

e-mail: wszechswiat.smialo@onet.pl,

www.wszechswiat.ptpk.org

Wydawca

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

Projekt i skład

Artur Brożonowicz, frontart@frontart.eu

Druk

Drukarnia Printgraph, tel. 14 663 07 50, www.printgraph.pl

Nakład 700 egz.



PISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA

WYDAWANE PRZY WSPÓŁUDZIALE: AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ,
MINISTERSTWA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO, POLSKIEJ AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI

TOM 118
ROK 135

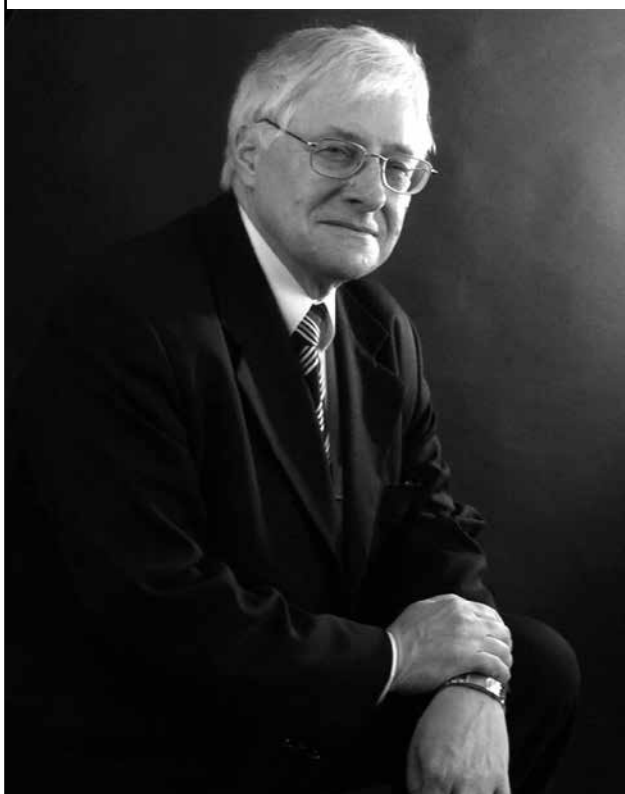
KWIECIEŃ – MAJ – CZERWIEC 2017

ZESZYT 4–6
2640–2642

PAMIĘCI PROFESORA JERZEGO VETULANIEGO

*Stanisław Knutelski, Barbara Morawska-Nowak, Irena Nalepa,
Ryszard Tadeusiewicz, Elżbieta Pyza, Maria Śmiałowska (Kraków)*

Jerzy Adam Gracjan Vetulani (ur. 21 stycznia 1936 w Krakowie, zm. 6 kwietnia 2017) psychofarmakolog, neurobiolog, biochemik, profesor nauk przyrodniczych, członek Polskiej Akademii Nauk i Polskiej Akademii Umiejętności.



... jeśli sobie nieświadomie postanowię, iż przejdę przez jezdnię, może to – jak i inne działania – skończyć się katastrofą. Bo co, jeśli na tej drodze w ostatniej sekundzie pojawi się samochód? ...

(Marcin Rotkiewicz: Mózg i błazen. Rozmowa z Jerzy Vetulanim. Wołowiec 2015, s. 128)

W czwartek 6 kwietnia 2017 w godzinach wieczornych zmarł w wieku 81 lat prof. dr hab. Jerzy Vetulani. Stało się to w Centrum Urazowym Medycyny Ratunkowej i Katastrof Krakowskiego Szpitala Uniwersyteckiego. W szpitalu przebywał od czwartku 2 marca 2017, po tym, jak został potrącony przez samochód i odniósł poważne obrażenia, wracając piechotą z Instytutu Farmakologii PAN ulicą Zielony Most do pętli tramwajowej w Bronowiczach.

Odszedł od nas wybitny naukowiec, nauczyciel akademicki i przyjaciel młodzieży oraz popularyzator nauki i nasz dobry Kolega i przyjaciel. Profesor Vetulani związany był od wielu lat z Oddziałem Krakowskim Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika (PTPK) i był jego wiceprezesem w latach 1984–2016. Za zasługi dla tego Towarzystwa prof. Vetulani otrzymał Złotą Odznakę w 1986 r., a w 1996 r. został jego członkiem honorowym.

Związany był też przez lata z wydawanym przez PTPK czasopismem popularno-naukowym *Wszechświat*, najstarszym polskim czasopismem popularyzującym wiedzę przyrodniczą. Działalność

popularyzatorska prof. Vetulaniego miała swoje początki w latach 60. XX w., gdy zaczął publikować artykuły przyrodnicze i drobne notki edukacyjne w tym czasopiśmie. Później, w 1981 roku, został redaktorem naczelnym *Wszechświata* i pełnił tę funkcję do 2002 r. Przez kolejne lata (od 2003 do kwietnia 2011) był przewodniczącym, a następnie (do chwili tragicznej śmierci) wiceprzewodniczącym jego Rady Redakcyjnej. Bez przesady można powiedzieć, że przeprowadził to czasopismo przez trudne czasy. Najpierw okres stanu wojennego, a następnie przez najtrudniejszy dla tego typu towarzystwa naukowego okres transformacji ekonomicznej w latach 90. XX w. Mariaż prof. Vetulaniego z *Wszechświatem* trwał nieprzerwanie do ostatnich dni jego życia. Do końca pełnił funkcję wiceprzewodniczącego Rady Redakcyjnej czasopisma i współredagował dział *Wszechświat przed 100 laty*, przemianowany potem na *Wszechświat sprzed wieku*. Są w nim przytaczane fragmenty XIX-wiecznych tekstów opublikowanych na łamach tego czasopisma w różnych latach.

Był profesorem nauk przyrodniczych (psychofarmakolog, neurobiolog, biochemik), kierownikiem Zakładu Biochemii (1976–2006), zastępcą dyrektora ds. naukowych (1994–2001), a od 2002 wiceprzewodniczącym Rady Naukowej Instytutu Farmakologii PAN w Krakowie, a także członkiem Polskiej Akademii Nauk i Polskiej Akademii Umiejętności oraz doktorem *honoris causa* Śląskiego Uniwersytetu Medycznego i Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, a także członkiem honorowym Indian Academy of Neuroscience. Był autorem kilkuset publikacji naukowych o zasięgu międzynarodowym, współtwórcą hipotezy β -downregulacji jako mechanizmu działania leków przeciwdepresyjnych i jednym z najczęściej cytowanych naukowców polskich w dziedzinie biomedycyny. Jego dorobek naukowy obejmuje ponad 240 prac oryginalnych, kilkanaście prac przeglądowych, ponad 100 prac popularno-naukowych, liczne recenzje książek naukowych oraz inne opracowania i drobne notki popularyzatorskie oraz prawie 280 publikowanych abstraktów zjazdowych. Jest także autorem lub współautorem 7 książek.

Za swoją wybitną pracę naukową otrzymał wiele znakomitych nagród, w tym w 1983 r. Międzynarodową Nagrodę Anna Monika II klasy za badania nad mechanizmami działania elektrowstrząsu. Profesor Jerzy Vetulani przez lata był związany z wieloma uczelniami wyższymi Krakowa, gdzie regularnie wykładał na kierunkach medycznych Collegium Medicum oraz w Instytucie Psychologii Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego, a także na Uniwersytecie Papieskim Jana Pawła II. Był również

profesorem Małopolskiej Wyższej Szkoły im. J. Dietla, gdzie prowadził zajęcia z kosmetyologii w aspekcie neurobiologicznym.

Największą pasją życiową pana Profesora była chyba popularyzacja nauki, której był niemal całkowicie oddany. Już w latach 60. XX w. publikował krótkie teksty w najstarszym czasopiśmie polskim *Wszechświat*, poświęconym upowszechnianiu wiedzy przyrodniczej. Swoje artykuły podpisywał z reguły własnym imieniem i nazwiskiem lub pseudonimem *J. Latini*, prawdopodobnie na cześć swojej mamy Ireny z domu Latinik. Potem w 1981 r. został redaktorem tego czasopisma i funkcję tę pełnił ponad 20 lat do 2002 r. O nauce profesor Vetulani potrafił pisać i mówić w przystępny i pasjonujący sposób, jak mało kto, a na jego odczyty, wykłady i pogadanki przychodziły zawsze tłumy osób, czy to podczas spotkań wtorkowych (raz w miesiącu) Oddziału Krakowskiego PTP im. Kopernika, czy w trakcie współorganizowanego przez nasze Towarzystwo i Uniwersytet Jagielloński corocznego cyklu „Tygodnia Mózgu” w Krakowie, gdzie 18 marca br. miał wygłosić wykład pt. „Neurobiologiczne podstawy altruizmu i współpracy”. Niestety leżał już w tym czasie w szpitalu, po wypadku, ale treść wykładu przeczytać możemy w numerze 1–3 *Wszechświata* (tom 18, 2017), obok innych wykładów z Tygodnia mózgu. W innych okolicznościach chętnie też spotykał się z młodzieżą szkół średnich i akademicką, jak również ze starszymi osobami na uniwersytetach trzeciego wieku, itp., a jego „najfajniejszą publicznością”, jak mówił, były dzieci, które „mają bardzo żywe umysły i zadają najfantastyczniejsze pytania”. Dlatego chętnie przychodził do nich na „Uniwersytet Dzieci” i do szkół podstawowych. Znałyby być najbardziej z wykładów popularnonaukowych poruszających najczęściej tematykę funkcjonowania ludzkiego mózgu oraz zależności pomiędzy neurobiologią a różnymi aspektami społecznymi i kulturowymi. Wiedzę neurobiologiczną promował też przez liczne wywiady lub felietony i pogadanki w różnego rodzaju mediach, a także przez estradę, np. wraz z krakowskim piosenkarzem i poetą Leszkiem Długoszem wystawiali koncert „Rozumie mój – pieśń i poezja z komentarzem neurobiologicznym”. Za całokształt działalności popularyzatorskiej profesor Vetulani uzyskał wiele nagród, w tym w 2012 r. nagrodę specjalną VIII edycji konkursu „Popularyzator Nauki” organizowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz PAP, w 2014 r. został Człowiek Roku 2013 „Gazety Krakowskiej”. Najbardziej jednak trwałym świadectwem jego pasji popularyzującej wiedzę naukową jest jego ogromny dorobek książkowy, w tym: „Dzień dzisiejszy i jutro

neurobiologii”, „Jak usprawnić pamięć”, czy „Piękno neurobiologii”. W 2011 r. profesor został laureatem Nagrody Krakowska Książka Miesiąca za publikację „Mózg: fascynacje, problemy, tajemnice”.

Profesor był też osobowością sceniczną, konferansjerem i jednym ze współtwórców Piwnicy pod Baranami (1954–1961), a także działaczem opozycji demokratycznej w okresie PRL, a od 1980 członkiem NSZZ „Solidarność”. W 2002 r. kandydował na prezydenta Krakowa w wyborach samorządowych. Został odznaczony Złotym Krzyżem Zasługi i Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski.

W Zmarłym tracimy wybitnego uczonego, znakomitego neurofarmakologa i neurobiologa oraz świetnego popularyzatora nauki, wieloletniego członka Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika.

Pogrzeb Profesora Vetulaniego odbył się 18 kwietnia 2017 na cmentarzu Rakowickim w Krakowie, gdzie został złożony do grobu w Aleji Zasłużonych.

Dnia 9 maja 2017 r. odbyło się w Instytucie Zoologii i Badań Biomedycznych UJ, ul. Gronostajowa 9, spotkanie poświęcone pamięci zmarłego, na którym zabrały głos osoby związane od lat z profesorem Vetulanim: **dr hab. Stanisław Knutelski**, sekretarz Rady Redakcyjnej *Wszechświata*, pracownik Instytutu Zoologii i Badań Biomedycznych UJ, wieloletni współpracownik i autor *Wszechświata*; **prof. dr hab. Irena Nalepa**, przewodnicząca Rady Redakcyjnej *Wszechświata* oraz wieloletnia współpracowniczka z Instytutu Farmakologii PAN i kierownik Zakładu Biochemii Mózgu; **profesor dr hab. Ryszard Tadeusiewicz**, zastępca przewodniczącego Rady Redakcyjnej *Wszechświata*, były rektor AGH i wieloletni współpracownik i autor *Wszechświata*; **prof. dr hab. Elżbieta Pyza**, przewodnicząca PTPK i członek Rady Redakcyjnej *Wszechświata*, kierownik Zakładu Biologii i Obrazowania Komórki, Instytutu Zoologii i Badań Biomedycznych UJ; **prof. dr hab. Maria Śmiałowska**, Redaktorka Naczelna *Wszechświata*, wieloletnia koleżanka z Instytutu Farmakologii PAN.

Poniżej przedstawiamy fragmenty wspomnień osobistych o profesorze Vetulanim przedstawionych powyżej wykładowców, a także wspomnienia **mgr. Barbary Morawskiej-Nowak**, wieloletniej członkini Redakcji *Wszechświata*.

Wspomnienia

Barbara Morawska-Nowak знала Jurka Vetulaniego najwcześniej, jeszcze ze szkoły podstawowej. Wspomina: „We wrześniu 1947 roku zaczęłam naukę w VII klasie Szkoły Ćwiczeń w Krakowie, już wówczas pod skrzydłami Państwowej Wyższej Szkoły

Pedagogicznej. Jednym z 32 kolegów był Jurek Vetulani, ponadto w klasie było 6 dziewcząt. Jurek dał się nam zapamiętać z wygłaszanych pogadanek o motylach, notatki wyciągał zza pazuchy. Byliśmy też wówczas na wyjeździe w Sidzinie koło Jordanova, już późną jesienią (dzisiaj zwie się taki pobyt zieloną szkołą) i taki wyjazd jeszcze bardziej zintegrował uczniów VII i VIII klasy. Ćwiczeniówka to była naprawdę wspaniała szkoła.



Ryc. 1. Jerzy Vetulani z różnych okresów swego naukowego życia. Zdjęcia z archiwum profesor Ireny Nalepy będące częścią kolażu złożonego z 80 zdjęć i zatytułowanego "80 twarzy na 80-te urodziny". Wykonany przez koleżankę Martę Kowalską, był prezentem urodzinowym dla Profesora od Zakładu Biochemii Mózgu. Zdjęcie pierwsze od lewej w górnym rzędzie zostało wykonane w czasach działania w Solidarności, w latach 80. XX wieku.

Rodzina Vetulanich przybyła do Polski ok. 250 lat temu, miała włosko-toskańskie korzenie. Jerzy Adam Gracjan Vetulani urodził się w Krakowie 21 stycznia 1936 roku – był ode mnie młodszy o 18 dni. I w szkole i na studiach byliśmy zawsze najmłodsi. Urodził się w rodzinie profesorskiej, ojciec – Adam – był profesorem prawa kanonicznego na Uniwersytecie Jagiellońskim, matka – Irena – po studiach z zakresu biologii pracowała w Zakładzie Anatomii Porównawczej u prof. Henryka Ferdynanda Hoyera.

Ojciec Jurka przyjaźnił się z ks. Karolem Wojtyłą, który był w ich domu częstym gościem. Gdy został papieżem, Jurek za każdym pobyt w Rzymie odwiedzał Go w Watykanie.

We wrześniu 1952 roku spotkaliśmy się na studiach biologii UJ już na dłużej. Byliśmy co prawda w innych grupach studenckich – ja w drugiej, a Jurek w czwartej, ale po dwóch latach wybraliśmy tę samą specjalizację – fizjologię zwierząt. Jurek był naszym ulubionym kolegą, o czym świadczą obecnie liczne telefony wielu koleżanek i kolegów. Co 5 lat organizowałam zjazdy koleżeńskie, na których zawsze bywał; raz nawet taki Zjazd odbył się w Instytucie Farmakologii PAN. W międzyczasie bywał u mnie na imieninach w gronie koleżeńskim ze studiów i pracujących w Krakowie.

W tym czasie Jurek zaangażował się w działalność Piwnicy pod Baranami; z Piotrem Skrzyneckim poznał się na Studium Wojskowym. W tym też czasie poznał żonę Marysię, a ja wyszłam za mąż za kolegę z roku: botanika-lichenologa Janusza Nowaka. W tym samym 1964 roku urodziły się nam dzieci – syn Jurka Marek, a potem mój Marcin; następne – Tomasz Jurka i moją Kasię dzieli różnica 2 tygodni.

W 1981 roku Jurek, po prof. Kazimierzu Maślankiewicz, został redaktorem naczelnym, czasopisma popularno-naukowego *Wszechświat*, organu Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, czasopisma z tradycjami jeszcze XIX-wiecznymi i był nim przez 21 lat. Jurek zatrudnił mnie w redakcji tego pisma, abym prowadziła bibliotekę, co polegało na rejestracji czasopism otrzymywanych w ramach wymiany za *Wszechświat*. Do niedawna jeszcze sporządzałam roczne sprawozdania z rejestracji nabytków do centralnego katalogu czasopism.

czasopisma *Polish Journal of Pharmacology* (obecnie: *Pharmacological Reports*). Objęłam to stanowisko jeszcze na dalsze dziewięć lat. Myślę, że Jurek miał swój istotny udział w zatrudnieniu mnie jeszcze w Instytucie.

Tymczasem sam zwolnił stanowisko kierownika Zakładu z początkiem 2007 roku; powstały teraz dwa zakłady prowadzone przez jego wychowanki: prof. Lucynę Antkiewicz-Michaluk (Zakład Neurochemii) i prof. Irenę Nalepę (Zakład Biochemii Mózgu). Sam nadal chodził do Instytutu, działał w jego Radzie Naukowej. Ale czas zajmowała mu głównie popularyzacja nauki – wywiady, prelekcje, artykuły i książki poświęcone neurobiologii, funkcjonowaniu mózgu. Był ogólnie lubiany za swój niekonwencjonalny sposób bycia i przekazywania innym swej wiedzy.

Nadszedł rok 2016 – naszych 80 urodzin. Jurek urządził huczne urodziny na 180 osób. Zaprosił też mnie. Byłam zadowolona, bo mogłam spotkać



Ryc. 2. Profesor Jerzy Vetulani w Rzymie, wizyta naukowa w ramach współpracy polsko-włoskiej w 2010 roku. Po prawej, Dziadek w obiektywie wnuka, Franciszka Vetulaniego. Zdjęcia z archiwum profesor Ireny Nalepy.

Jurek był także zaangażowany w latach osiemdziesiątych w działalność Solidarności, po 1989 roku był w Komitecie Obywatelskim, a nawet kandydował w 2002 r. na stanowisko Prezydenta Krakowa.

Czas biegł i nadszedł mój czas odejścia na emeryturę. Jurek powiedział – *Nie martw się*. Rozstałam się ze stanowiskiem, ale zwolniło się miejsce po zmarłej koleżance prowadzącej Redakcję Instytutowego

u niego wiele dawno nie widzianych osób z Instytutu, odnowić znajomości. Sam Jurek dwoił się i troił po pokojach, a sekundował mu w obsłudze gości wnuk Franek.

W *Dzienniku Polskim* z 25-26 lutego 2017, w cyklu „Lektura na weekend” ukazała się rozmowa red. Marii Mazurek z Jurkiem zatytułowana: „Vetulani: serce rośnie, gdy patrzy się na roześmianych seniorów”.

W czwartek, 2 marca, czekaliśmy na Jurka, ale on nie przyszedł. W tym dniu został bowiem potrącony na pasach przy przejściu ul. Balickiej. Kierowca jechał za szybko, uderzenie było silne. Zatrzymał się i wezwał pogotowie. Jurek znalazł się w Centrum Urazowym Medycyny Ratunkowej i Katastrof w Szpitalu Uniwersyteckim, pod opieką zespołu profesora Jerzego Wordliczka. Przeszedł trzy operacje i był utrzymywany w stanie śpiączki farmakologicznej, z której się nie wybudził. Zmarł po 5 tygodniach, 6 kwietnia w godzinach wieczornych”.

**Profesor Vetulani – człowiek o licznych talentach i ogromnej wiedzy, mentor i przyjaciel.
Wspomina prof. Irena Nalepa**

Prof. Jerzy Vetulani, dla przyjaciół i wielu współpracowników po prostu Jurek, był człowiekiem o licznych talentach, szerokich horyzontach, posiadającym ogromną wiedzę, którą chciał nieustannie przekazywać. Czerpali z tego wszyscy zarówno jego uczniowie, współpracownicy i liczni słuchacze jego wykładów, jak i jego przyjaciele, którzy nigdy nie nudzili się w jego towarzystwie. On sam też się uczył, przygotowując wykłady, pisząc liczne artykuły naukowe i popularno-naukowe, książki, przygotowując wystąpienia i wywiady dla telewizji i radia. Uczył się też od innych. Często podkreślał, że od każdego można się czegoś nauczyć, więc on sam też się nieustannie uczył od innych osób. Był człowiekiem niesłychanie aktywnym i bardzo pracowitym do końca swoich dni. Przygotowywał wykłady dla studentów i dla innych gremiów zasłuchanych w jego mowę, prowadził blog „Piękno Neurobiologii” i przede wszystkim potrafił mówić o rzeczach trudnych w sposób bardzo przystępny i interesujący. Był też mistrzem syntezy pozyskiwanych wiadomości.

Pozostawił po sobie znaczący dorobek naukowy. Za swoje osiągnięcia naukowe otrzymał wiele nagród naukowych i odznaczeń państwowych, jak Złoty Krzyż Zasługi i Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski za wybitne zasługi dla nauki polskiej w dziedzinie psychofarmakologii.

Był niedoścignionym popularyzatorem wiedzy neurobiologicznej i nie tylko. Bardzo często głosił wykłady z pogranicza psychologii czy filozofii, przeplatając to analizą dzieł sztuki i nawiązując do poczucia piękna i poszukując powiązań kulturowych. Zadawał pytania trudne, na które nie ma jednoznacznej odpowiedzi, jak chociażby mechanizmy zachowań agresywnych lub empatycznych, moralność, dusza i religia, seksualność i miłość.

Jurek sam siebie określał jako „stworzenie sceniczne” i faktycznie na podium dla wykładowcy i przed

publicznością czuł się jak przysłowiowa „ryba w wodzie”. Potrafił trzymać w napięciu swoich słuchaczy, potrafił nawiązać z nimi także kontakt pozawerbalny i równocześnie czerpał od nich energię. A potrzebował jej dużo, ponieważ harmonogram jego zajęć był zawsze napięty. Może dlatego, że nie potrafił odmawiać, gdy poproszono go o kolejny wykład. Być może ta „sceniczność” wynikała też z jego wcześniejszych doświadczeń, okresu aktywności jako konferansjera w krakowskiej Piwnicy po Baranami.



Ryc. 3. Zdjęcie z 2006 roku. Przyjęcie z okazji 70-tych urodzin Profesora Vetulaniego. Profesor ogląda swój prezent. Po prawej Irena Nalepa. Zdjęcie z archiwum profesor Ireny Nalepy.

Przez cały, blisko 60-letni okres swojej pracy zawodowej związany był z Instytutem Farmakologii PAN w Krakowie i wielce się przyczynił do jego rozwoju, pełnił funkcję Zastępcy Dyrektora ds. Naukowych (1993–2002), a od 2003 roku był Zastępcą Przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu. W latach 1976–2007 kierował Zakładem Biochemii, którego problematyka badawcza dotyczyła między innymi behawioralnych i biochemicznych aspektów działania leków przeciwdepresyjnych i neuroleptyków, różnych aspektów pamięci i uczenia, a także uzależnień lekowych. Był współtwórcą powszechnie akceptowanej teorii, dotyczącej mechanizmu działania leków przeciwdepresyjnych. Ważnym elementem działalności naukowej Profesora Vetulaniego była współpraca polsko - włoska. Od 1978 roku regularnie współpracował z Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR, Narodowa Rada Badań Naukowych) w Rzymie. Z ramienia Instytutu Farmakologii PAN koordynował współpracę z Istituto di Biologia Cellulare e Neurobiologia (IBCN) w ramach porozumienia pomiędzy Akademiami Polski i Włoch, PAN/CNR. Rzym stał się jego ukochanym miastem, które odwiedzał każdego roku i którego zabytki znał na wyłot. Ponieważ od pewnego momentu ja także byłam

włączona w tę współpracę, miałam wiele okazji by przekonać się jakim wspaniałym przewodnikiem po Wiecznym Mieście był Profesor Vetulani.

Dołączyłam do zespołu prof. Vetulaniego w 1986 roku, będąc już po doktoracie i zostałam zatrudniona w Zakładzie Biochemii na stanowisku adiunkta. Przez kolejne lata był moim mentorem, który jednocześnie cenił bardzo samodzielność i inicjatywę badawczą swoich podwładnych współpracowników. Po zrobieniu habilitacji i uzyskaniu tytułu profesora byłam już samodzielna i sama sformowałam zespół, ale zawsze doceniałam Profesora jako przyjaciela i często korzystałam z Jego życzliwych rad i doświadczenia. W 2007 zostałam kierownikiem nowo powstałego Zakładu Biochemii Mózgu i Jurek zgodził się pozostać z nami jako emerytowany profesor. Często żartował mówiąc, że tak oto zamieniliśmy się miejscami i teraz on został moim podwładnym. We wspomnieniach uczniów i współpracowników pozostanie jako Człowiek pełen energii, pogodny i uśmiechnięty, o ciętym humorze, ale z dużą dozą autoironii, potrafiący zjednywać ludzi. Człowiek, z którym można było prowadzić niekończące się i fascynujące dyskusje na każdy temat.

Profesor Vetulani - przyjaciel i... konkurent Wspomina prof Ryszard Tadeusiewicz:

O naukowych osiągnięciach profesora Vetulaniego napisali już inni Współautorzy tego opracowania, więc nie będę do tego wracał, zwłaszcza, że moja wiedza dotycząca neurobiologii nie jest wystarczająca do tego, żeby coś konkretnego w tym zakresie dodać. Natomiast chciałbym podzielić się tu kilkoma wspomnieniami dotyczącymi obszaru, w którym obaj działaliśmy niejako na marginesie normalnej pracy naukowej, czasem współdziałając, a czasem trochę konkurując ze sobą. Chodzi o obszar popularyzacji wiedzy naukowej.

Profesor Vetulani był wspaniałym popularyzatorem wiedzy. O tym wiedzą wszyscy. Ja także czasem pisuję jakieś popularnonaukowe teksty, a także zdarzało mi się mówić do tego samego mikrofonu Radia Kraków (w audycji „*W kręgu nauki*” redaktora Jan Stępnia), za pomocą którego rejestrował swoje mądre i błyskotliwe felietony prof. Vetulani. Do pewnego stopnia byliśmy więc konkurentami. Ale była to „konkurencja” nacechowana życzliwością, która potem przerodziła się w prawdziwą przyjaźń. Na przykład prof. Vetulani w uznaniu Jego ogromnych osiągnięć i zasług na polu popularyzacji nauki zyskał tytuł „*Popularyzator roku 2012*” w VIII edycji konkursu organizowanego przez serwis internetowy

Nauka w Polsce PAP i Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. To zaszczytne wyróżnienie przyznała Mu kapituła kierowana przez ówczesnego prezesa PAN, prof. Michała Kleibera.

Moje kontakty z prof. Vetulanim jako popularyzatorem nauki miały jednak znacznie dłuższą historię i zaczęły się (chyba) od tego, że uwagę profesora zwróciły plakaty rozwieszane w całym Krakowie, zapraszające na moje odczyty wygłaszane na początku lat 80. w klubie MPiK w Krakowie. Było tych odczytów w sumie 50 i miały one (między innymi) tytuły wyraźnie prowokujące prof. Vetulaniego: „Modele cybernetyczne w biologii” (21.01.1983), „Zadziwiający świat komórek nerwowych: (18.02.1983), „Czy maszyna może myśleć?” (18.03.1983) „Oczy i uszy komputera” (22.04.1983), „Sieci neuropodobne” (27.5.1983). W efekcie prof. Vetulani odwiedził mnie na AGH i tak się poznaliśmy. Było to dla mnie duże przeżycie, bo goszczenie w moim ciasnym pokoju uczonego tej miary, co sławny (już wtedy!) prof. Vetulani to był ogromny zaszczyt dla młodego docenta. Przypominam sobie, że podczas tego spotkania przeprowadziliśmy długą, niezwykle dla mnie pożyteczną rozmowę, której skutkiem było między innymi to, że zostałem zaproszony z referatem zatytułowanym „Komputerowe modelowanie sieci neuropodobnych” na Posiedzenie Polskiego Towarzystwa Elektroencefalografii i Neurofizjologii Klinicznej (20.05.1983).

Zachęcony życzliwymi komentarzami prof. Vetulaniego ośmieliłem się także opublikować obszerny popularnonaukowy artykuł pod tytułem „Sieci neuropodobne” w miesięczniku *Problemy*. Wkrótce po wysłaniu artykułu do *Problemy* zostałem zaproszony przez prof. Vetulaniego do napisania pracy na zbliżony temat do *Wszechświata*, w którym pełnił wówczas rolę naczelnego redaktora.

Potem wielokrotnie spotykaliśmy się z prof. Vetulanim na różnych popularnonaukowych sesjach, wykładach i prelekcjach. Zostałem na przykład zaproszony do wygłoszenia wykładu (w 2005 r.) w ramach „Tygodnia Mózgu”, gdzie prof. Vetulani przez wiele lat był „gwiazdą pierwszej wielkości”. Potem jeszcze wielokrotnie występowaliśmy razem i nawet trochę rywalizowaliśmy. Ale przy Vetulanim byłem bez szans.

Starałem się zawsze moje wystąpienie uatrakcyjnić przez dodanie różnych audiowizualnych elementów do moich prezentacji, ale nie ukrywam, że w tej rywalizacji przegrywałem sromotnie, bo prof. Vetulani (wspomagany przez swojego wnuka...) zawsze wymyślił coś lepszego i „ukradł mi show” :-). Pamiętam na przykład jak w dniu 12.03.2009 roku

zostaliśmy obaj zaproszeni do wygłoszenia dwóch wykładów na rozpoczęcie Studenckiej Konferencji pod prowokacyjnym tytułem „Nauka w poszukiwaniu duszy”. Miejsce tej rywalizacji było zacne: Aula Collegium Novum UJ. Wypełniona do ostatniego miejsca! Słuchacze siedzieli na podłodze w przejściach, stali w drzwiach, zaglądali z korytarza. Nie muszę chyba tłumaczyć, jak bardzo taka atmosfera mobilizuje wykładowcę!

Dałem ze siebie wszystko, starając się najdokładniej i najbardziej oryginalnie przedstawić mój wykład, zatytułowany „Komputerowe symulacje w poszukiwaniu duszy”. Miałem animowane slajdy, oryginalne wykresy, mnóstwo nie publikowanych wcześniej przemyśleń. Wykład ten chyba się podobał, bo został potem opublikowany (pod skróconym tytułem „Komputer w poszukiwaniu duszy”) w miesięczniku Kraków (nr 12, 2009). Wydawało mi się więc, że zrobiłem kawał dobrej roboty.

Ale nie przewidziałem jednego: jak wspaniały wykład wygłosi za chwilę prof. Vetulani.

Zaczął zgodnie z dewizą Alfreda Hitchcocka: „*Na początku ma być trzęsienie ziemi, a potem napięcie powinno rosnąć*”. Zaczął ... od uderzenia pioruna. Jeszcze zanim powiedział pierwsze słowo ekran rozdarła błyskawica, a salą wstrząsnął grzmot!

I jeszcze jeden, i jeszcze raz!

Potem zaczął tłumaczyć, że ludzie bojąc się niezrozumiałych a potężnych sił przyrody tworzyli różne wyobrażenia, w tym Boga i duszy. Jak wszyscy wiedzą, prof. Vetulani był ateistą i lubił to manifestować. Na tej studenckiej konferencji zrobił to po mistrzowsku.

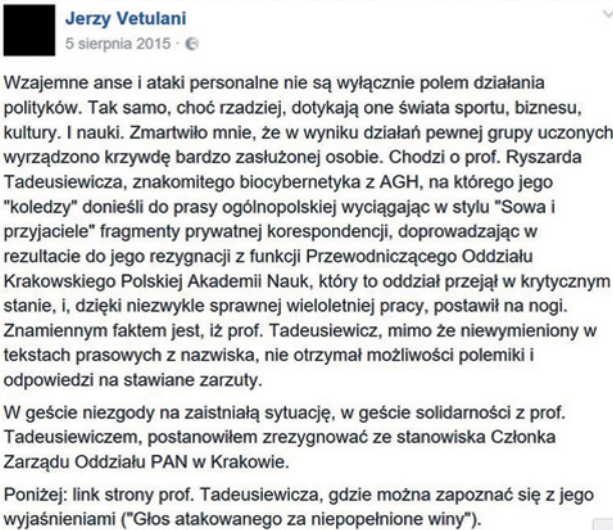
Gdy zakończył wykład dostał *standing ovation*, a ja z podziwem, ale i z zazdrością uświadomiłem sobie, że w pamięci tych słuchaczy mój wykład został wymazany, wręcz anihilowany, przez mistrzowskie wystąpienie prof. Vetulaniego.

Tak było zawsze, ilekroć gdziekolwiek występowaliśmy razem. No chyba, że Jurek (po latach zaprzyjaźniliśmy się na tyle blisko, że mówiliśmy sobie po imieniu) występował w charakterze osoby wspomagającej mnie. Tak było na przykład w dniu 21.03.2011, gdy w *Aula Magna* Polskiej Akademii Umiejętności w ramach tak zwanej „Kawiarni Naukowej” (współorganizowanej przez redakcję Dziennika Polskiego) wygłaszałem prelekcję zatytułowaną „Części zamienne dla człowieka? – Zwodnicze uroki cyborgizacji”. Jurek wystąpił wtedy jako konferansjer, prowadząc całe spotkanie, doskonale rozmierzając czas, panując nad audytorium i nad prelegentem. Nie wiedziałem jeszcze wtedy o Jego wcześniejszej aktywności w Piwnicy pod Baranami,

ale byłem pod wrażeniem tego, jak sprawnie całą tę imprezę poprowadził.

Zbliżając się do końca tych bardzo osobistych i bardzo subiektywnych wspomnień o Osobie i o działalności prof. Vetulaniego chciałbym opowiedzieć o tym, jak wspaniałym był On Przyjacielem.

Przyjaciół podobno poznaje się w biedzie. Otóż Jurek w najcięższym dla mnie momencie, gdy na podstawie podle spreparowanego i szeroko rozpowszechnianego paszkwilu byłem oskarżany o winy, których nigdy nie popełniłem – miał odwagę powiedzieć publicznie, że to, co mnie spotyka jest rażąco niesprawiedliwe i nikczemne. Na znak protestu zrzekł się funkcji w prezydium Krakowskiego Oddziału PAN, a na swoim Facebooku „*Piękno neurobiologii*” zamieścił taki wpis:



Jerzy Vetulani
5 sierpnia 2015 · 🌐

Wzajemne anse i ataki personalne nie są wyłącznie polem działania polityków. Tak samo, choć rzadziej, dotyczą one świata sportu, biznesu, kultury. I nauki. Zmarwiło mnie, że w wyniku działań pewnej grupy uczonych wyrządzono krzywdę bardzo zasłużonej osobie. Chodzi o prof. Ryszarda Tadeusiewicza, znakomitego biocybernetyka z AGH, na którego jego "koledzy" donieśli do prasy ogólnopolskiej wyciągając w stylu "Sowa i przyjaciele" fragmenty prywatnej korespondencji, doprowadzając w rezultacie do jego rezygnacji z funkcji Przewodniczącego Oddziału Krakowskiego Polskiej Akademii Nauk, który to oddział przejął w krytycznym stanie, i, dzięki niezwykle sprawnej wieloletniej pracy, postawił na nogi. Znamionnym faktem jest, iż prof. Tadeusiewicz, mimo że niewymieniony w tekstach prasowych z nazwiska, nie otrzymał możliwości polemiki i odpowiedzi na stawiane zarzuty.

W geście niezgody na zaistniałą sytuację, w geście solidarności z prof. Tadeusiewiczem, postanowiłem zrezygnować ze stanowiska Członka Zarządu Oddziału PAN w Krakowie.

Poniżej: link strony prof. Tadeusiewicza, gdzie można zapoznać się z jego wyjaśnieniami ("Głos atakowanego za niepopelnione winy").

Nikt inny się na to nie zdobył, chociaż wielu moich znajomych prywatnie do mnie wyrażało opinię, że to, co mi zrobiono, było celowo zmontowaną intrygą, w której wykorzystano wykradzione materiały policyjne oraz ogólnie znane zamięłowanie pewnej osoby do wzniecania konfliktów w otoczeniu i oczerniania innych, żeby pod pozorem opinii naukowej sporządzić, a potem nielegalnie rozpowszechnić paszkwil na mnie. Ale nikt nie ośmielił się powiedzieć tego publicznie. Nikt – z wyjątkiem profesora Vetulaniego.

Bo to był naprawdę **Wielki Człowiek**. I jakże trudno pogodzić się z myślą, że **był – a nie jest...**

Profesor Elżbieta Pyza wspomina:

W osobie prof. dr hab. Jerzego Vetulaniego Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika straciło nie tylko Członka Honorowego, ale także najważniejszego swojego członka, który działał aktywnie w Towarzystwie przez wiele lat. Od 2000 roku we

Wszechświecie ukazywały się artykuły specjalnie napisane na organizowany przez Towarzystwo „Tydzień Mózgu” w Krakowie. Profesor Vetulani był gwiazdą tej imprezy, która rozrastała się z każdym rokiem począwszy od 1999 roku.

Profesora Vetulaniego poznałam poszukując pomocy farmakologów w czasie przygotowywania swojej pracy doktorskiej i dzięki Jego pomocy udało mi się nawiązać współpracę z Zakładem Biochemii, którym kierował Profesor w Instytucie Farmakologii PAN. Z dr Lucyną Ankiewicz-Michaluk i dr Krystyną Gołombiowską, obecnie profesorami, udało mi się scharakteryzować udział serotoniny w regulacji dobowej aktywności lokomotorycznej u świerszcza domowego i scharakteryzować receptory serotoninowe w mózgu tego gatunku, podobne do jednego z typów receptorów serotoninowych u ssaków. Dzięki Profesorowi poznałam wielu znakomitych neurobiologów pracujących w Instytucie.

Kiedy pomyślałam o popularyzacji neurobiologii na przykładzie podobnych akcji organizowanych w Stanach Zjednoczonych, Profesor był dla mnie pierwszą osobą, do której zwróciłam się z tym pomysłem. Entuzjastycznie zgodził się nie tylko być jednym z wykładowców, ale także organizatorów. I tak narodziła się impreza naukowa, która w 1999 roku była „Dniem Mózgu”, a już w kolejnych latach, aż do dzisiaj, stała się „Tygodniem Mózgu”, odbywającym się co roku w drugim tygodniu marca. Od początku ta popularnonaukowa konferencja cieszyła się wielkim zainteresowaniem słuchaczy, co zmuszało nas, organizatorów, do poszukiwania coraz większych sal wykładowych. Ta wysoka frekwencja była m.in. zasługą Profesora, który przyciągał słuchaczy swoją charyzmą, erudycją i atrakcyjnym przekazywaniem treści naukowych. W ostatnich latach wykłady Profesora gromadziły ponad 1200 słuchaczy, ale chętnych było więcej i nie mieścili się już w Auditorium Maximum UJ. Profesor przez 17 lat był co roku jednym z 7 wykładowców każdego z „Tygodni Mózgu”. Co roku przygotowywał inny wykład i równolegle artykuł do *Wszechświata* o tej samej tematyce. Te tematy były różnorodne, nigdy się nie powtarzały, a dotyczyły nie tylko wiedzy o mózgu, jego funkcjonowania i zaburzeń, ale także związków neurobiologii z innymi dziedzinami nauki, a nawet sztuki. Wykłady zawierały elementy psychologii, psychiatrii, etyki, seksuologii. Profesor ukazywał piękno neurobiologii i tak zatytułował jedną ze swoich pięciu popularnonaukowych książek opublikowanych w ostatnich latach. Wykłady te na pewno zostaną na długo w pamięci słuchaczy. Ostatni wykład Profesor przygotował na „Tydzień Mózgu 2017” pod tytułem

„Neurobiologiczne podstawy altruizmu i współpracy”, artykuł na ten temat ukazał się w marcowym zeszycie *Wszechświata* 1–3/2017, ale wykładu Profesor już nie zdążył wygłosić. Jego intensywne życie zostało niespodziewanie przerwane przez wypadek. Patrząc na aktywność Profesora Vetulaniego można śmiało powiedzieć, że był wiecznie młody i wbrew powiedzeniu, że nie ma ludzi niezastąpionych, jest niezastąpiony.



Ryc. 4. Profesor Vetulani i profesor Nalepa. Zwiedzanie Rzymu przy okazji wizyty naukowo-badawczej w 2009. W tle ruiny pałacu Domus Augustiana na Palatynie. Zdjęcie z archiwum profesor Ireny Nalepy.

Profesor Vetulani miał wielką łatwość nawiązywania przyjaźni, a przyjaźnił się z bardzo wieloma osobami w różnym wieku i angażował je w różnorodne działania, w których sam też uczestniczył. Co więcej kontaktował swoich przyjaciół ze sobą. W ten sposób pośredniczył w nowych kontaktach i przyjaźniach. Bardzo ceniłam sobie przyjaźń Jurka, jego entuzjazm, dowcip, krytyczne spojrzenie na wiele spraw, Jego otwartość i bezpośredniość. Bez przesady można powiedzieć, że był wielkim i wspaniałym człowiekiem, człowiekiem wielu talentów.

Profesor Maria Śmiałowska przedstawia również swoje krótkie wspomnienia o relacjach osobistych z Profesorem Vetulanim, Jurkiem – kolegą i przyjacielem z Instytutu Farmakologii.

Gdy w latach 70. XX w. przyszedłam do Instytutu jako młoda doktorantka, nie był jeszcze profesorem. Pracował w Zakładzie Biochemii naszego Instytutu jako adiunkt, a potem, po habilitacji w 76. roku, jako kierownik Zakładu Biochemii. Profesorem został w 1983 roku. Znałam go jako autorytet naukowy, osobę o błyskotliwym umyśle i wspaniałej pamięci. To był bardzo żywy, renesansowy umysł – nie ograniczał swoich zainteresowań do własnej wąskiej specjalizacji, a nawet nie tylko do szerzej pojętych nauk przyrodniczych. Można z nim było rozmawiać na bardzo wiele tematów.

Charakteryzowała go życzliwość i otwartość. Umiał także żartować z samego siebie. Miał do siebie spory krytyczny dystans. W rozmowach i żartach nieraz przekornie przedstawiał się jako gorszy niż był naprawdę. W rzeczywistości był zawsze życzliwy i chętny do pomocy w sposób praktyczny i bardzo rzeczowy. Kilkakrotnie zwracałam się do Niego o pomoc i radę w kwestiach zdrowotnych – dla siebie i moich bliskich. Zawsze doradził do kogo się zwrócić, w razie potrzeby nawet sam dzwonił i dowiadywał się, w razie potrzeby polecał. Doznałam od Niego wiele pomocy w tych sprawach.

W 2011 roku namówił mnie na zgodę na objęcie funkcji Redaktora Naczelnego *Wszechświata*. Sam pełnił tę funkcję w latach 1981–2002. Ważnym argumentem przemawiającym za tym, że zgodziłam się zostać redaktorem naczelnym, było jego zapewnienie o gotowości pomocy i porady. Wciągnął mnie również w redagowanie działu *Wszechświat przed 100 laty*. Wybieraliśmy razem artykuły ze starych *Wszechświatów* – przy tym dyskutowaliśmy, co warto dawać, co może zainteresować czytelników. W ostatnich latach coraz bardziej przejmowałam tę funkcję ze

względem na problemy Jurka ze wzrokiem, ale zawsze pytałam go o radę, czy dobrze wybrałam. Nieraz byłam wobec Jurka straszną mękołą – przypominałam na przykład, że zbliża się już termin, by oddać jakiś artykuł, tak że czasem wzdychał na mój widok i wołał „wiem, znowu mnie poganasz, ale ja nie dam rady zrobić tego w tym tygodniu... itd.”, ale zawsze mimo różnych napiętych terminów starał się ze wszystkiego wywiązać, choćby na ostatnią chwilę.

Rozmawialiśmy też nieraz na tematy zupełnie inne, nie związane z pracą – także tematy religijne. Pomimo odmienności traktowaliśmy nasze poglądy z życzliwą otwartością. Ale niezależnie od takiego czy innego podejścia do wiary i życia po śmierci, Jurek będzie zawsze żył w naszej pamięci – rodziny, przyjaciół, a także w tym dobru, które po sobie zostawił – w tym czym pomógł innym, w jego wspólnych książkach i wykładach popularyzujących neurobiologię. Myślę, że to dobro, które po sobie zostawił będzie trwało w nas, którzyśmy się zetknęli z nim osobiście, a także w czytelnikach i słuchaczach, których zaraził i będzie zarażał ciekawością świata.

PROBLEMY Z NAZEWNICTWEM ORGANIZMÓW. II. NAZEWNICTWO WERNAKULARNE

Stanisław Knutelski, Marcin Wiorek, Emilia Knutelska (Kraków)

Streszczenie

Obecny dynamiczny rozwój badań taksonomicznych na świecie oraz coraz większa dostępność do informacji narzucają konieczność weryfikacji i porządkowania nazewnictwa organizmów. Poprawne nazywanie istot żyjących obok nas jest niezwykle ważne i jest początkiem wszelkiego poznania. Ogólna wiedza o nazewnictwie i świadomość mądrego nazywania organizmów jest względnie nieduża, także wśród ludzi nauki. Najwięcej problemów na świecie sprawia nazewnictwo nienaukowe, zwane inaczej wernakularnym. Także w Polsce powstało i nadal powstaje wiele dziwacznych nazw rodzimych, generalnie panuje w tym dość duży bałagan. Przedstawiono przykłady nazw polskich, które wskazują, jak bardzo potrafią one być nie tylko śmieszne, ale jednocześnie mylące i prawdziwie zaskakujące w porównaniu z rzeczywistością. Niektóre z nich nijak się nie kojarzą, ani z wyglądem, ani z zachowaniem lub miejscem żerowania dorosłej formy gatunku, czy też z jego nazwą naukową. Problematyczne jest także utożsamianie i równoważenie nazw niektórych form rozwojowych z nazwą gatunkową danego organizmu oraz istnienie wielu nazw rodzimych dla jednej binominalnej nazwy naukowej lub tylko jednej nazwy polskiej dla określenia szeregu nazw naukowych różnych gatunków. Wskazuje to, że nazewnictwo krajowe jest tak konserwatywne, że nie nadąża za ważnymi w nauce zmianami taksonomicznymi. Problem nazewnictwa polskiego organizmów może z pozoru wydawać się błahy i niegroźny. Jednakże bez jego kompleksowego rozwiązania może w przyszłości dojść do jeszcze większych nieporozumień niż jest to obecnie. Sugeruje się, aby dotychczasowe nazewnictwo krajowe zostało zweryfikowane i uporządkowane. Należy je stosować z umiarem i powinno ono obejmować głównie nazwy utrwalone oraz powszechnie przyjęte. Natomiast nadawanie nowych nazw rodzimych winno być sensowne i ograniczone jedynie do koniecznych celów. Warto też pamiętać, że pisownia nazewnictwa polskiego różni się od nazewnictwa naukowego i należy dbać nie tylko o poprawność nazw rodzimych, ale także o ich właściwe zapisywanie.

Abstract

The current rapid development of taxonomy research in the world and increasing availability of information impose the need to verify and order the nomenclature of organisms. Correct naming of living forms around us in our environment is extremely important and is the beginning of all cognizance. General knowledge and awareness about the naming is relatively insufficient, even among scientists. The most problems in the world makes vernacular nomenclature. Also in Poland a large number of strange names has arisen and still arise, generally prevails in this pretty big mess. The examples of Polish names shown here indicates how funny, misleading and surprising they could be in comparison with reality. Some of them completely do not correspond with the appearance or behaviour or the feeding place of adult form of the species, or its scientific name. Problematic is also the identification the names of some forms of development with the species name of the organism and situations when one binominal scientific name has few equivalents in the Polish language or existence of only one vernacular name for many different scientific names of different species. It shows that national nomenclature sometimes is so conservative and does not keep up with available taxonomic changes. The problem with Polish naming of organisms may apparently seem trivial and harmless, however, without a comprehensive solution may in the future lead to even more confusion than it is now. We suggest verification and ordering of Polish vernacular nomenclature, using it in a reasonable way and creation of new names only when necessary. It also worth to remember about rules of correct spelling of Polish names which is different from the scientific nomenclature.

Od początków swego istnienia człowiek nazywał napotkane przez siebie istoty: „Ulepiwszy z gleby wszelkie zwierzęta lądowe i wszelkie ptaki powietrzne, Pan Bóg przyprowadził je do mężczyzny, aby przekonać się, jaką on da im nazwę. Każde jednak zwierzę, które określił mężczyzna, otrzymało nazwę „istota żywa”. I tak mężczyzna dał nazwy wszelkiemu bydłu, ptakom powietrznym i wszelkiemu zwierzęciu polnemu...” (Biblia Tysiąclecia, Rdz. 2, 19–20a), a dopiero potem je klasyfikował i czyni to nadal. Być może dlatego, że „Nazywanie rzeczy po imieniu jest początkiem mądrości” (Konfucjusz, 500 lat p.n.e.).

Na całym świecie powstało i nadal powstaje wiele dziwnych nazw, niekoniecznie uznawanych za „początek mądrości”, a ogólna wiedza o nazewnictwie przedstawicieli świata żywego na Ziemi i świadomość mądrego „nazywania rzeczy po imieniu” jest względnie nieduża, także wśród ludzi nauki. Może więc warto poświęcić odrobinę czasu, aby uświadomić sobie, jak ważne jest poprawne stosowanie nazewnictwa. Zdarza się też, że „nazewnictwo” jest utożsamiane z „taksonomią”, a to wbrew pozorom znaczy co innego. Samo też słowo „nazewnictwo” jest dość problematyczne.

Termin „nazewnictwo” obejmuje aż 7 wyrazów bliskoznacznych [15] i trzeba się dobrze zastanowić, aby dobrać taki, który najlepiej wyrazi sens tego, co chcemy przekazać. Gdy mamy na myśli nazewnictwo jako zbiór słów używanych do określania czegoś, to powiemy o tym inaczej: mianownictwo, nomenklatura, słownictwo lub terminologia. Jeżeli zaś mamy na

uwadze nazewnictwo jako naukę o nadawaniu nazw, wtedy użyjemy określeń: onomastyka albo – najprościej jak się da – nauka o nazwach. Onomastyka (gr. *ónōma*, pol. imię) zajmuje się: porządkowaniem oraz pochodzeniem (etymologią) nazw własnych (onomów), czyli takich, które wskazują jeden konkretny byt oraz ich budową słowotwórczą i właściwościami gramatycznymi wyróżniającymi je od nazw pospolitych (apelatywów, łac. *appellativum*), czyli określeń ogólnych wskazujących zbiorczo każdy z elementów należących do danej grupy bytów. Onomastyka jest nauką zróżnicowaną na wiele działów badawczych, z których fitonimia zajmuje się nazwami własnymi roślin, a zoonimia nazwami zwierząt.

Nomenklatura naukowa taksonów (każda jednostka taksonomiczna, np. gatunek, rodzaj, rodzina, itd., włącznie z domeną) jest w miarę stała, choć i ona ulega zmianom ze względu na odkrycia nowych dla nauki gatunków oraz efekty różnego rodzaju rewizji i porządkowań, co czasem prowadzi do nieporozumień. Ale tym zajmiemy się w następnym artykule. Znacznie więcej problemów sprawia nazewnictwo nienaukowe, generalnie, panuje tu dość duży bałagan, co we „Wszechświecie” w przypadku motyli zasygnalizowali już Sobczyk i Pabis [14]. Często ten sam organizm znany jest w różnych krajach pod rozmaitymi nazwami lub ta sama nazwa przypisywana jest całkiem odmiennym istotom. Temu zagadnieniu chcemy tu poświęcić główną uwagę.

Problemy z nazewnictwem nienaukowym

Ten rodzaj nazewnictwa określany jest też jako nazewnictwo: zwyczajowe, potoczne, rodzime, popularne lub wernakularne (łac. *vernaculus*: ojczysty lub rodzimy). Niezależnie od funkcjonującego od przeszło 250 lat oficjalnego nazewnictwa naukowego, nazwy potoczne są nadal tworzone w różnych językach i rejonach świata, także w Polsce. Najstarszy spis nazw polskich roślin znajduje się w rękopisie Jana Stanki i pochodzi z XVI wieku [12], a zwierząt – książce Jana Krzysztofa Kluka [4]. Choć w nauce nazwy wernakularne nie mają większego znaczenia i są traktowane jak swego rodzaju ciekawostka, to są jednak nadal używane. Niektóre z nich w Polsce są od dawna powszechnie akceptowane, np.: krowa, koń, pies, buk, lipa, jelonek rogacz, paż królowej, itp. i nie stwarzają problemów. Ogólnie można stwierdzić, że starsze nazwy rodzime, nadawane przez doświadczonych badaczy [3; 4; 5; 6; 8] są generalnie sensowne i zrozumiałe. Pochodzą często z języka ludowego lub z autorskich obserwacji cech morfologicznych bądź biologicznych nazywanej istoty, lub też stanowią polskie tłumaczenie nazwy naukowej. Ta ostatnia metoda nie zawsze jest jednak trafna. W niektórych przypadkach można odnieść wrażenie, że wymyślone ponad 200 lat temu nazwy polskie nawet lepiej pasują do pewnych gatunków niż ich obecnie używane synonimy. Na przykład nazwany przez ks. Kluka motyl płaszcz żałobny *Nymphalis antiopa* określany jest teraz jako rusałka żałobnik (Ryc. 1), a węłozad *Eriogaster lanestris* obecnie jako barczatka puchowica. Jeżeli spojrzy się ogólnie na na-



Ryc. 1. Motyl *Nymphalis antiopa* określany dawniej jako płaszcz żałobny, a obecnie rusałka żałobnik; źródło: <http://reglasley.com>

zewnictwo nienaukowe, to widać, że obok dobrych nazw utworzono też wiele „potworków” językowych. Zdarzały się też – na szczęście nielicznie – przypadki zmiany starych nazw na nowe, niekoniecznie lepsze. Niektóre używane obecnie określenia pewnie się już tak utrwaliły, że nie sposób będzie to zmienić, choć są

one nieadekwatne do nazywanego organizmu. Nadal więc kasztanowiec będzie zwany kasztanem, lilak pospolity – bzem, a robinia – akacją. Trzeba jednak mieć świadomość, że są to kompletnie różne gatunki, niespokrewnione ze sobą. Wytwarzający jadalne nasiona kasztan *Castanea sativa* należy do rodziny bukowatych (Fagaceae), a z niejadalnymi nasionami kasztanowiec *Aesculus hippocastanum* reprezentuje rodzinę mydleńcowatych (Sapindaceae). Z kolei należący do oliwkowatych (Oleaceae) lilak pospolity *Syringa vulgaris* nie jest bzem *Sambucus* sp. z rodziny piżmaczkowatych (Adoxaceae). Natomiast pochodząca z Ameryki Płn. robinia lub inaczej grochodrzew należy do rodzaju *Robinia*, a występująca w strefie tropikalnej oraz subtropikalnej całego świata i kojarząca się głównie z sawannami afrykańskimi akacja reprezentuje rodzaj *Acacia*. Powszechnie dostępny w kwaciarniach cyklamen perski *Cyclamen persicum* (Ryc. 2) bywa czasem zamiennie nazywany fioł-



Ryc. 2. Powszechnie dostępny w kwaciarniach cyklamen perski *Cyclamen persicum* z rodziny Primulaceae. Fot. S. Knutelski.

kiem alpejskim *Viola alpina* (Ryc. 3), co jest błędne. Gatunek tego fiołka rośnie w wysokich górach, np. w polskich Tatrach, należy do rodziny fiołkowatych (Violaceae) i wygląda zupełnie inaczej niż cyklamen reprezentujący rodzinę pierwiosnkowatych (Primulaceae).

Zagadnienie to dotyczy nie tylko roślin. W niektórych publikacjach nadal węgorzem elektrycznym określa się gatunek *Electrophorus electricus* [10; 11; 13; 22], co jest błędne. Poprawną nazwą polską tego gatunku ryby jest „strętwa”. *Electrophorus electricus* należy do Gymnotiformes, rzędu niespokrewnionego z Anguilliformes (węgorzokształtne). Błędna nazwa polska „węgorz elektryczny” *E. electricus* wzięła się prawdopodobnie z tego, że gatunek ten (strętwa) swoim kształtem przypomina nieco węgorza (rodzaj *Anguilla*) i posiada narządy elektryczne.



Ryc. 3. Rosnący w wysokich górach fiołek alpejski *Viola alpina* z rodziny Violaceae. Fot. A. Michalik.

Nazwy polskie mylące lub śmieszące

W języku polskim istnieją też nazwy mylące co do właściwości posiadanych przez dany gatunek, choć są one formalnie poprawne, np. „pałeczka grypy”. Zarówno nazwa naukowa *Haemophilus influenzae*, jak i wernakularna - pałeczka grypy, sugerują, że ten jednokomórkowy i beżądrowy organizm jest czynnikiem etiologicznym grypy. W rzeczywistości jest to nieruchoma, Gram-ujemna bakteria (pałeczka), nie tworząca przetrwalników i należąca do grupy bakterii względnie beztlenowych. Przenoszona jest wyłącznie z człowieka na człowieka (ludzie zwykle są skolonizowani szczepami bakterii bezotoczkowych) drogą kropelkową, przedostając się do dróg oddechowych, a następnie do krwi. Niekiedy może się przedostawać także do opon mózgowo-rdzeniowych. Wywołuje wiele różnych chorób, np. zapalenia: opon mózgowo-rdzeniowych (najczęściej u dzieci), ucha środkowego, zatok, nagłośni, tkanki podskórnej, płuc oraz przewlekłe zapalenie oskrzeli i bakteriemie. Bakterię tę wyizolowano po raz pierwszy ze zwłok osób zmarłych na gripę (influenza), a rozpoznał ją i opisał jako nowy dla nauki gatunek Richard Pfeiffer podczas epidemii tej choroby w 1892 roku. Wtedy sądzono, że za gripę odpowiada właśnie ta bakteria, dlatego nazwano ją *Haemophilus influenzae*. Przekonanie takie trwało aż 41 lat, do 1933 roku, kiedy to zidentyfikowano właściwy czynnik etiologiczny tej choroby – wirusa grypy. Właściwie, nazwa łacińska „*Haemophilus influenzae*” i polska „pałeczka grypy” tego gatunku mają znaczenie historyczne i nie powinny już funkcjonować. Nazwa naukowa jest jednak rozpowszechniona i utrwalona, dlatego zgodnie z zasadami ICNB (*International Code of Nomenclature of Bacteria*) w tym wypadku nie ma wystarczającego powodu do zmiany nazwy naukowej [20]. Choć

nazwa łacińska nadal obowiązuje, to racjonalną wydaje się potrzeba zmiany dotychczasowej, mylącej nazwy polskiej „pałeczka grypy” na inną nazwę wernakularną, np. pałeczka różnorakiego zapalenia.

Problematycznym jest także utożsamianie i równoważenie nazw niektórych form rozwojowych z nazwą gatunkową danego organizmu, np. dla nazwy naukowej gatunku grzyba *Claviceps purpurea* stosuje się zamiennie nazwę buławinka lub sporysz [16]. W źródłach pojawiają się również sformułowania: „buławinka to forma przetrwalnikowa sporyszu” [17]; „sporysz ...grzyb pasożytny w kłosach żyta” [18] bądź: „sporysz... grzyb pasożytny na łodygach żyta.” [19], lub: „...sporysz, grzyb pasożytny w kłosach zbóż.” [7]. W rzeczywistości nazwa „sporysz” oznacza formę przetrwalnikową (niedoskonałe stadium rozwojowe, rozmnażające się bezpłciowo przez wytwarzanie konidiów zawieszonych w tzw. „rosie miodowej”) gatunku *Claviceps purpurea*, po polsku zwanego buławinką czerwoną. Zatem buławinka może występować w formie sporyszu, ale odwrotne stwierdzenie nie ma już sensu. Warto tu też dodać, że to stadium niedoskonałe przed przeprowadzeniem badań wydawało się być zupełnie innym organizmem. Sporysz został opisany jako osobny gatunek *Sphacelia segetum* Lév., 1827 i nazwa ta pojawiła się wcześniej niż właściwa nazwa gatunku *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul., 1853 [21].

W niektórych publikacjach polskich widnieje nazwa miłorząb japoński dla określenia gatunku *Ginkgo biloba*, jednego z najstarszych filogenetycznie gatunków drzew rosnących obecnie na świecie. Jest to mylące, gdyż naturalny zasięg tej rośliny obejmuje wyłącznie południowe Chiny, a do innych rejonów świata, w tym także do Japonii, został zawleczony. Lepszą i bardziej trafną nazwą polską jest miłorząb dwukłapowy.

Kolejną zwodniczą nazwą polską jest używanie słowa „chrabąszcze” na określenie wszystkich chrząszczy, gdyż termin ten dotyczy wyłącznie przedstawicieli jednego rodzaju tych owadów – *Melolontha*. Każdy chrabąszcz jest chrząszczem, ale nie każdy chrząszcz jest chrabąszczem. Podobnie jest ze słowem „żuki”, którym potocznie nazywa się czasem wszystkie chrząszcze, choć jest ono zarezerwowane wyłącznie dla przedstawicieli z nadrodziny Scarabeoidea.

Niektóre nazwy polskie mogą wydawać się też śmieszne. Jedną z przyczyn tego jest to, że nasz język ewoluuje i zmienia się tak, że np. niektóre XVIII-, czy XIX-wieczne określenia, wówczas w pełni zrozumiałe i nikogo nie bawiące, teraz mogą nam się wydawać dość dziwne. Nazwany przez Łomnickiego [6] „świat chrabąszczniczy” obecnie określa się jako

„świat chrząszczy”, a podane przez Nowickiego [8] „szczypice” teraz oznaczają „biegacze” lub „biegaczowate”. Zjawisko to jest oczywiście zrozumiałe. Trudno jest jednak wytłumaczyć nazwy wymyślone obecnie przez różne osoby, niekoniecznie związane z nauką, które są rozpowszechniane w ogólnodostępnych źródłach, np.: internecie, atlasach i innych wydawnictwach. Szczególnie dotyczy to „radosnej twórczości” nazewnictwa gatunków słabo znanych, które wcześniej nie miały nazw polskich, np.: zyzus tłuszczoch *Steatoda bipunctata*, wałęsak zwyczajny *Pardosa amentata*, czy płądrownik osobliwy *Walckenaeria acuminata*, itp. Większość tego typu nazw jest niejasna, niezrozumiała i nielogiczna, zarówno w kontekście nazwy naukowej, jak i wyglądu, czy też zachowania i biologii danego taksonu. W wielu przypadkach nie wiadomo też kto i na jakich zasadach te nazwy utworzył.

Niektóre obecne nazwy potrafią nie tylko mylić, ale też prawdziwie zaskakiwać. Taka gnojka trutniowata lub inaczej gnojka wytrwała nijak się kojarzy ani z wyglądem, ani z miejscem żerowania dorosłej formy gatunku, czy też z jego nazwą naukową *Eristalis tenax*. Łacińskie słowo *tenax* po polsku oznacza „twardy”, a dorosłe owady nie są ani obrzydliwe, ani też nie wydzielają specyficznego zapachu, jakby to sugerowała nazwa polska. W rzeczywistości jest to piękna i bardzo pożyteczna (zapyla kwiaty) mucha z rodziny bzygowatych (Syrphidae) przypominająca nieco pszczołę (Ryc. 4). Zastanawiające jest, dlaczego



Ryc. 4. Myląca nazwa polska „gnojka trutniowata” lub „gnojka wytrwała” dla gatunku muchy *Eristalis tenax* z rodziny Syrphidae przypominającego pszczołę; źródło: <http://www.free-jpeg-images.org.uk>

go twórca polskiej nazwy odniósł się do larwy tego gatunku, która faktycznie bardziej odpowiada temu mianu – żyje bowiem w gnojówce, przerabiając cuchnące resztki organiczne na białko, cukry i tłuszcze. Jest to o tyle nietypowe, że nazwy naukowe gatunków

podaje się i opisuje zwykle w oparciu o obserwacje dorosłych osobników. Podobnie uprzedzającą i mylącą nazwą jest gnojek naśmietny lub inaczej rabież wielkoszczek. Termin ten sugeruje, że mamy do czynienia z osobnikiem rodzaju męskiego o negatywnym usposobieniu, którego spotyka się na śmieciach i do tego posiada duże szczęki. U chrząszczy to raczej żuwaczki są duże, a nie szczęki. Dopiero poznanie nazwy naukowej tego gatunku – *Creophilus axillosus* (Ryc. 5) – uzmysławia nam, że mamy do czynienia z bardzo przyzwoitym chrząszczem z rodziny kusakowatych (Staphylinidae). Jest to drapieżnik po-



Ryc. 5. Myląca nazwa polska „gnojek naśmietny” lub „rabież wielkoszczek” dla gatunku chrząszcza *Creophilus axillosus* z rodziny Staphylinidae. Fot. Lech Borowiec.

żerający larwy i poczwarki muchówek żerujących na padlinie, w odchodach, gnijących grzybach oraz martwych, rozkładających się roślinach, a także pod rozkładającymi się morskich na plażach oraz na wysypiskach różnej materii organicznej. Do tej grupy nazw negatywnie usposabiających wpisują się także zgniłówka pokojowa *Fannia canicularis* - muchówka z rodziny Fanniidae i cuchna nawozowa *Scathophaga stercoraria* - z rodziny Scathophagidae. Chyba jeszcze bardziej uprzedzająco-mylące skojarzenia nasuwa wywłoka rdzawonoga. Nazwa ta sugeruje, że jest to zdemoralizowany osobnik płci żeńskiej, o złej reputacji, w dodatku posiadający czerwone odnóża. Po poznaniu nazwy naukowej *Hydrobius fuscipes* okazuje się, że mamy do czynienia z niewielkim chrząszczem z rodziny Hydrophilidae. Gatunek ten

spotykany jest najczęściej w zarośniętych wodach stojących i swoim zachowaniem niczym specjalnym się nie wyróżnia.

Są też nazwy polskie nastrajające pesymistycznie, np. ponurzyca żralica, inaczej smętnica mocanka *Thalpophila matura* – motyl z rodziny Noctuidae, pomrok ciemniak *Charissa obscurata* – Geometridae, zmierzchnica trupia główka *Acherontia atropos* – Sphingidae, czy pokątnik złowieszczek *Blaps mortisaga* – chrząszcz z rodziny Tenebrionidae. Ten ostatni przypadek można jednak wytłumaczyć. Dawniej w niektórych rejonach kraju wierzono, że obecność tego chrząszcza w jakimś domu wieszczy śmierć kogoś z jego mieszkańców. Bez komentarzy pozostawiamy natomiast niektóre inne, kontrowersyjne nazwy polskie, jak rewiś jagodek *Nuroterus quercusbaccaum* – błonkówka z rodziny Cynipidae, czy pasigęba tłuszczanka *Aglossa pinguinalis* – motyl z rodziny Pyralidae. Wymienione przykłady nazw rodzimych wskazują jak bardzo potrafią one być nie tylko śmieszne, ale jednocześnie mylące w porównaniu z rzeczywistością.

Jedna nazwa – wiele znaczeń

Problem pojawia się również wtedy, kiedy jedna nazwa naukowa ma wiele nazw rodzimych lub jedną nazwą polską określa się szereg nazw naukowych. Zaczniemy od ziemniaka. Termin ten stosuje się zarówno do określenia gatunku *Solanum tuberosum*, jak też bulwy tej rośliny [18]. Choć ziemniak jest najbardziej uniwersalną i powszechnie znaną nazwą polską, to w różnych rejonach kraju można spotkać rozmaite lokalne nazwy, np.: kartofel (z niem. Kartoffel) – głównie Śląsk, ale także inne regiony; ziy-miok – Śląsk Cieszyński; grula – Podhale; rzepa lub swapka – Orawa; pyra – rejon poznański; bülwa – Kaszuby; kompera – w gwarze łemkowskiej; barabola lub bulba – gwara lwowska. Te ludowe określenia traktuje się jako synonimy ziemniaka [1]. Wiele nazw lokalnych w Polsce mają również borówka czarna *Vaccinium myrtillus* i borówka brusznica *Vaccinium vitis-idaea* [2].

Żyjący w wodzie pluskwiak *Notonecta glauca* (Ryc. 6) ma w naszym kraju aż trzy odmienne nazwy. W wielu obecnych wydaniach popularno-naukowych jest to pluskolec pospolity, a w starszej (choć czasem też współczesnej) literaturze – grzbietopławek. Niektórzy nazywają ten gatunek również osą lub pszczołą wodną. W przypadku nieznamości nazwy naukowej lub braku ilustracji trudno od razu się zorientować, że mamy do czynienia z tym samym gatunkiem pluskwy. Z kolei nazwą

„mandarynka” określa się zarówno kaczkę *Aix galericulata*, jak też krzew cytrusowy *Citrus reticulata* oraz jego owoc. Natomiast świetlikami nazywa się planktonożerne ryby morskie z rodziny Myctophidae, rośliny z rodzaju *Eupharsia* i chrząszcze z rodziny Lampyridae, zwane również robaczkami świętojańskimi. Podobnie wielorakie znaczenie ma termin „bąk”, któ-



Ryc. 6. Żyjące w wodzie pluskwiak *Notonecta glauca* ma trzy odmienne nazwy polskie: pluskolec pospolity, grzbietopławek, pszczoła wodna; źródło: <http://www.pbase.com>

rym nazywamy ptaka z rodzaju *Botaurus*, muchówkę z rodziny Tabanidae oraz potocznie trzmiele i trzmielce – błonkówki z rodziny Apidae. Jedną wspólną nazwą „róże jerychońskie” lub „zmartwychwstanki” określa się zbiorczo różne taksonomicznie gatunki posiadające swoje własne nazwy, np.: anastatika rezurekcyjna *Anastatica hierochuntica*, widliczka łuskowata *Selaginella lepidophylla* oraz *Astericus pygmaeus*, *Boea hygrometrica* i *Myrothamnus moschatus*. Wspólna nazwa wywodzi się stąd, że rośliny te są bardzo odporne na odwodnienie i potrafią przetrwać skrajną suszę i wystarczy niewielka ilość wody, by odżyły.

Chyba jeszcze większe zamieszanie powoduje używanie jednej nazwy polskiej do określenia wielu nazw naukowych. Polską nazwą rodzajową „zmorsznik” określa się nazwy naukowe kilku następujących rodzajów chrząszczy z rodziny kózkowatych: *Pseudovadonia*, *Anoplodera*, *Lepturobosca*, *Stictoleptura*, *Paracorymbia* i *Anastrangalia*. Ten przykład wskazuje, że polskie nazewnictwo jest tak konserwatywne, że nie nadąża za zmianami taksonomicznymi nazw naukowych.

Problemy z pisownią nazw polskich

Pisownia nazewnictwa polskiego różni się od nazewnictwa naukowego, o czym wiele osób zapomina, a co można prześledzić w różnych publikacjach, nie tylko internetowych. Warto jednak pamiętać, że

w ogóle trzeba dbać nie tylko o poprawne nazewnictwo polskie, ale także o pisownię nazw istot żyjących obok nas. Zapewne nikt nie lubi, jak mu się wskazuje reguły postępowania, szczególnie te, które ustala jakaś pod tym względem uprzywilejowana grupa osób, gdyż często jest to odbierane jako naruszenie wolności osobistej! Ale też nikt nie lubi chaosu i zbędnych nieporozumień. Nie trudno sobie wyobrazić, co by się działo jakby np. w ogóle nie było przepisów drogowych. Oczywiście nikt nie ma wyłączności na nadawanie nazw polskich i nikt nie ma patentu na mądrość. Warto sobie jednak uświadomić, że brak jakichkolwiek reguł w ustalaniu i pisowni nazewnictwa w języku ojczystym może w przyszłości doprowadzić do jeszcze większych nieporozumień i większego chaosu niż jest to obecnie. Trzeba pamiętać, aby w tekście przynajmniej raz była podana ważna nazwa naukowa. Wtedy, nawet przy użyciu różnych nazw powszechnych, wiadomo, który gatunek autor miał na myśli. Pamiętajmy też, że nazwy naukowe taksonów piszę się zawsze od dużej litery, oprócz drugiego członu nazwy gatunkowej oraz nazw taksonów poniżej kategorii gatunku pisanych małymi literami. Natomiast nazwy polskie wszystkich taksonów, niezależnie od kategorii taksonomicznej, w tym także dwuczłonowe nazwy gatunków, należy pisać małymi literami. Wyjątkiem są przypadki, gdy dana nazwa rozpoczyna zdanie lub stanowi np. tytuł rozdziału, bądź jeden z członów nazwy gatunkowej pochodzi od nazwiska. Dla przykładu, nazwę naukową *Cerambyx cerdo* napiszemy po polsku jako kozioróg dębosz, ale *Rhododendron wardii* powinniśmy zapisać jako różanecznik Warda. Wynika to z obowiązującej w naszym języku zasady pisania nazwisk od dużej litery. Co prawda, w przypadku wielowyrazowych nazw gatunkowych roślin, niektóre słowniki ortograficzne [9] dopuszczają (nie wiadomo na jakiej podstawie) pisownię pierwszego członu nazwy rodzimej wielką literą, np. „*Cis pospolity*”. Źródła te nie podają jednak zasad dotyczących pisowni nazw zwierząt, zarówno rodzajowych, jak też gatunkowych i ras. Warto więc w tym przypadku odnieść się do pewnych reguł przyjętych w stosowaniu polskich nazw roślin. Jedna z nich mówi, że potocznie używane jednoczłonowe nazwy drzew, krzewów, owoców, kwiatów powinny być pisane małymi literami np.: *amerykany*, *patisony*, *jonatany*, itp. Identycznie postępować należy w przypadku wszystkich członów dłuższych nazw, np. agawa amerykańska. Podobnie wielowyrazowe określenia nazw ras zwierząt hodowlanych należy pisać małymi literami, np. polska holsztyńsko-fryzyjska, polska czerwona, simental, limousine, hereford, montbeliarde, brown swiss, jersey, itp. Z całą pewnością

nie można wprowadzać różnych zasad ortograficznych w zależności od tego, czy wyraz jest polski, czy zapożyczony. Należy też pamiętać, żeby aktualizować nazewnictwo polskie wraz ze zmianami nazw naukowych taksonów, będących efektem, np. poprawy metod badań.

Czy polskie nazwy są potrzebne?

Nazwy polskie stosuje się najczęściej w przypadkach komunikowania się pomiędzy niespecjalistami, np.: w książkach popularnonaukowych, a nawet naukowych, w zoo, ogrodach botanicznych, parkach, sklepach zoologicznych, czy w niektórych instytucjach państwowych, a także na filmach przyrodniczych, itp. Pewnie tak to pozostanie, gdyż trudno sobie wyobrazić, aby nazw naukowych obowiązkowo uczyli się ludzie nie będący studentami kierunków przyrodniczych. Jednakże nazewnictwo polskie powinno być stosowane z umiarem i obejmować głównie nazwy utrwalone oraz powszechnie przyjęte. Natomiast nadawanie nowych nazw rodzimych winno być sensowne i ograniczone jedynie do koniecznych celów. Samo nadawanie nowych nazw polskich tylko dla zwiększenia różnorodności nazewnictwa mija się z celem i stwarza więcej nieporozumień niż korzyści. Powinno się też, na wzór nazw naukowych, opracować centralny rejestr wszystkich dotychczas używanych w kraju nazw polskich wszystkich taksonów występujących w Polsce, gdyż czasem nawet naukowcy nie radzą sobie z nazewnictwem nienaukowym. Warto też, by takie nazwy dla poszczególnych grup wcześniej sprawdzili specjaliści. Wydaje się, że powinna powstać jakaś komisja, np. przy KSIB (Krajowa Sieć Informacji o Bioróżnorodności), która by uporządkowała dotychczasowe polskie nazwy oficjalne i opracowała zasady tworzenia nowych nazw rodzimych oraz monitorowała nazewnictwo polskie. Przy okazji można by było zebrać także wszystkie ludowe synonimy. Wydaje się również, że nie ma potrzeby tworzenia na siłę np. dwuczłonowych nazw gatunków i innych dziwolągów językowych na wzór nazw naukowych. Może w niektórych przypadkach wystarczyłyby tylko nazwy jednoczłonowe, jak te dotychczas funkcjonujące, jak np. wilk *Canis lupus* czy szerszeń *Vespa crabro*. W przypadku nazw naukowych organizmów niewystępujących naturalnie w Polsce chyba lepiej by było przyjąć bezpośrednie tłumaczenie z języka kraju, w którym dany takson występuje i posiada nazwę rodzimą używaną tam już od dawna, a nie stosować tłumaczenie nazwy, np. angielskiej lub niemieckiej, które są zwykle nazwami wtórnymi. Najlepiej byłoby przyjmować

nazwę pochodząca z języków ludności autochtonicznej, u których została ona najwcześniej utworzona. Chyba nikt lepiej nie potrafi nazwać jakiejś rośliny australijskiej niż np. Aborygeni, czy amerykańskiej niż Indianie. Dopiero wtedy, kiedy nie ma autochtonicznej nazwy można by było tłumaczyć nazwę z j. angielskiego lub logicznie zastosować tłumaczenie nazwy naukowej.

Problem nazewnictwa polskiego organizmów może z pozoru wydawać się błahy i niegroźny. Jednakże bez kompleksowego rozwiązania go może w przyszłości dojść do jeszcze większych nieporozumień niż jest to obecnie.

Bibliografia:

1. Basara A., Basara J. 1992. Polska gwarowa terminologia rolnicza. Przygotowanie gleby, uprawa ziemniaków. Inst. J. Pol. PAN, Kraków.
2. Belcarzowa E. 1960. Czarne jagody, borówki i ich synonimy. Język Polski, 40: 281–291.
3. Falimirz S. 1534. O ziołach i o mocy ich. drukarnia F. Ungler, Kraków.
4. Kluk J.K. 1780. Historyja naturalna zwierząt domowych i dzikich, osobliwie kraiowych, historyi naturalney początku, i gospodarstwo: potrzebnych i pożytecznych domowych chowanie, rozmnożenie, chorób leczenie, dzikich łowienie, oswajanie: zażycie; szkodliwych zaś wygubienie. Tom IV. O Owadzie i Robakach. Warszawa.
5. Kluk J.K. 1789. Zoologia, czyli zwierzętopismo, dla szkół narodowych, Warszawa.
6. Łomnicki. M.A. 1868. Wykaz chrząszczów tatrzańskich według rozszedlenia pionowego. Spr. Kom. Fizyogr., 9: 152.
7. Majewski T. 2009. Trudne początki fitopatologii w Polsce. Prace Kom. Hist. Nauki PAN, 9: 147–158.
8. Nowicki. M. 1864. Przyczynek do owadniczej fauny Galicyi. Nakł. Włodzimierz hr. Dzieduszycki. Drukarnia Uniwersytecka, Kraków.
9. Polański E. (red.). 1999. Nowy słownik ortograficzny PWN. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
10. Rachalska M. 2007. Wpływ pól elektromagnetycznych na organizmy żywe: rośliny, ptaki i zwierzęta. Medycyna Pracy, 58(1): 37–48.
11. Rachalska M. 2009. wpływ pól elektromagnetycznych na florę i faunę. Medycyna Pracy, 60(1): 43–50.
12. Skubalanka T. 2009. Polskie nazewnictwo roślin. Struktura zbioru. Annales UMCS, s. FF, 27: 129–144.
13. Słownik PWN. 1973. Ryby. seria: Mały słownik zoologiczny Wiedza Pow., Warszawa.
14. Sobczyk R., Pabis K. 2013. Obtocznice, krokiewki i miernikowce – czyli kilka słów o etymologii polskich nazw motyli. Wszechświat, 114(10–12): 377–381.

Źródła internetowe

15. <http://synonim.net>
16. <http://www.farmer.pl>
17. <http://www.rynek-rolny.pl>
18. <http://sjp.pwn.pl>
19. <http://www.kbpn.gov.pl>
20. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books>
21. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy>
22. <https://pl.wikipedia.org>

CZY ROŚLINY MAJĄ SWÓJ JĘZYK?

Jakub Oliwa (Kraków)

Streszczenie

Czy rośliny posiadają zdolność komunikowania się między sobą? Czy ludzka mowa i „mowa roślin” mają cechy wspólne? Po co roślinom wzajemna wymiana informacji? Odpowiedzi na te pytania zawarte są w jednym słowie: allelopatia. Dokładniejsze bowiem przyjrzenie się zjawisku allelopatii pozwala dostrzec nie tylko, że rośliny (i mikroorganizmy) posiadają zdolność wzajemnego porozumiewania się, ale także zobaczyć jak bardzo złożone i rozbudowane są komunikaty wysyłane i odbierane przez nie za pomocą rozmaitych substancji chemicznych. Dodatkowo informacje te znajdują konkretne zastosowanie przy zwalczaniu wewnątrz- i międzygatunkowej konkurencji, wzajemnym ostrzeganiu się przed niebezpieczeństwem albo wspomaganiu wzrostu innych znajdujących się w pobliżu roślin, których obecność wiąże się z obustronną korzyścią. Niniejsze opracowanie ma za zadanie przybliżyć istotę zjawiska allelopatii u roślin oraz przedstawić ogólne mechanizmy oddziaływań allelopatycznych wraz z przykładami, jak również ukazać rozbudowany system komunikacji chemicznej dowodzący, że rośliny wcale nie są tak prostymi organizmami, za jakie często się je uważa.

Abstract

Do plants have the ability to communicate with each other? Do human language and „plants language” have something in common? Why plants mutual exchange of information? The answers to these questions are in one word: allelopathy. A closer look at the phenomenon of allelopathy makes possible not only to perceive that the plants (and microorganisms) are able to communicate with each other, but also to understand how very complicated are plants messages sent and received using various chemical compounds. Moreover these informations are applicable to combat intra- and inter-species competition, to mutual warning of danger or to support the growth of other nearby plants, which presence is associated to mutual benefits. The aim of this paper is bring the essence of allelopathy in plants closer and describe on examples the general mechanisms of allelopathic interactions, as well as show very complicated system of chemical communication, which demonstrates that the plants aren't as simple organisms as it's commonly believed.

Wstęp

Tam gdzie istnieje nadawca i odbiorca, posługujący się w dodatku tym samym kodem informacyjnym, ma miejsce kształtowanie się języka, pojmowanego jako system znaków umożliwiających porozumiewanie się. Człowiekowi towarzyszy on od niepamiętnych czasów. Dziś nikt nie kwestionuje również zdolności wymiany informacji pomiędzy zwierzętami – czy to w ramach jednego gatunku, czy też pokonujących tę barierę. Mamy na to wiele przykładów, zarówno analizując relacje człowiek – zwierzę, jak również pomiędzy dwoma osobnikami zwierzęcymi. Jednakże czy inne organizmy, uznawane często ze względu na ich budowę za stosunkowo proste – jak rośliny czy bakterie – także wykształciły swój kod, w którym zdolne są przekazywać sobie sygnały komunikacyjne? A jeśli nawet, to czy wysyłają te informacje w sposób

ukierunkowany? Czy podobnie jak w językach ludzkich i tu mamy do czynienia z cechą określaną mianem *nadużywalności*, czyli zdolnością przekazywania dobrych i złych informacji, albo wręcz dezinformacji odbiorcy? Aby odpowiedzieć sobie na te pytania w pierwszej kolejności trzeba wniknąć do wnętrza organizmu jednokomórkowego glona, zobaczyć mnogość i złożoność procesów metabolicznych w nim zachodzących, dostrzec skomplikowanie organizmu rośliny, a może rozejrzeć się wokół, by odkryć stopień rozwoju społecznej struktury otaczających nas zbiorowisk roślinnych.

Apoteoza świata roślinnego

Wiosną, patrząc na budzącą się do życia przyrodę, trudno nie zachwycić się tym prawdziwym fenomenem Natury, którego jesteśmy świadkami. Ów

zachwyt, jakkolwiek sam w sobie zrozumiał, może mieć jednak rozmaite podstawy. Zapewne u większości obserwatorów wynika on jedynie z niezwyklej walorów estetycznych, jakich dostarcza nam odradzająca się po zimie przyroda. Tylko nieliczni idą o krok dalej, dokonując refleksji nad otaczającą ich ogromną różnorodnością gatunkową (w Polsce jest to przecież ok. 2200 gatunków roślin). Trzeba przy tym zauważyć, że większość roślin zasiedliła nasze tereny dopiero po ostatnim zlodowaceniu, a warunki klimatyczne kraju są tylko umiarkowanie sprzyjające rozwojowi roślin i ich specjacji. Już sam ten fakt powinien skłonić nas do głębszego zastanowienia. Skoro w takich warunkach mamy do czynienia z mnogością grup organizmów, to z całą pewnością możemy mówić o ogromnym sukcesie ewolucyjnym roślin. Czy zatem są one aż tak prymitywne jak bywają postrzegane? Jeśli jednak to nie wydaje się komuś wystarczającym powodem do zachwytu, to zróbmy jeszcze jeden krok dalej i spójrzmy na otoczenie okiem fitosocjologicznym. Dostrzeżemy wtedy fenomen koegzystencji, niekiedy bardzo zróżnicowanych organizmów na jednym, często niewielkim terenie. Taka ekologicznie zorganizowana wspólnota życiowa różnych gatunków rządzi się tak jak nasze społeczeństwo swoimi prawami i... prowadzi swoisty dialog. W dodatku dialog o wiele bardziej skomplikowany niż ten międzyludzki. My ludzie, podobnie jak większość zwierząt, mamy tę wygodę, że w sytuacji problematycznej zawsze możemy uciec w inne miejsce, co wprawdzie zwykle nie rozwiązuje istoty problemu, jednakże daje szersze spektrum możliwości. Sytuacja rośliny jest mniej komfortowa i wymaga przystosowania poprzez wykształcenie lub modyfikację skomplikowanych szlaków metabolicznych, nie tylko do warunków otoczenia, ale i obecności niektórych „sąsiadów”. Czy zatem istnieje jakaś forma dialogu pomiędzy roślinami? Okazuje się, że tak, choć kodem owego języka roślin są nie słowa, a związki chemiczne, zaś sposób komunikowania można określić terminem – allelopatia.

Roślinne współodczuwanie?

Podjmując próbę krótkiego zdefiniowania pojęcia allelopatii sięgniemy do literatury przedmiotu. Otóż jak podaje Molisch [7] allelopatia to oddziaływanie pomiędzy roślinami (stymulujące lub hamujące) za pośrednictwem związków chemicznych wydzielanych przez organizmy żywe lub uwalnianie z martwych szczątków roślinnych. Swoją (bardziej współczesną wersję) podaje też Amini [1]. Według niego allelopatia to wydzielanie przez roślinę do jej

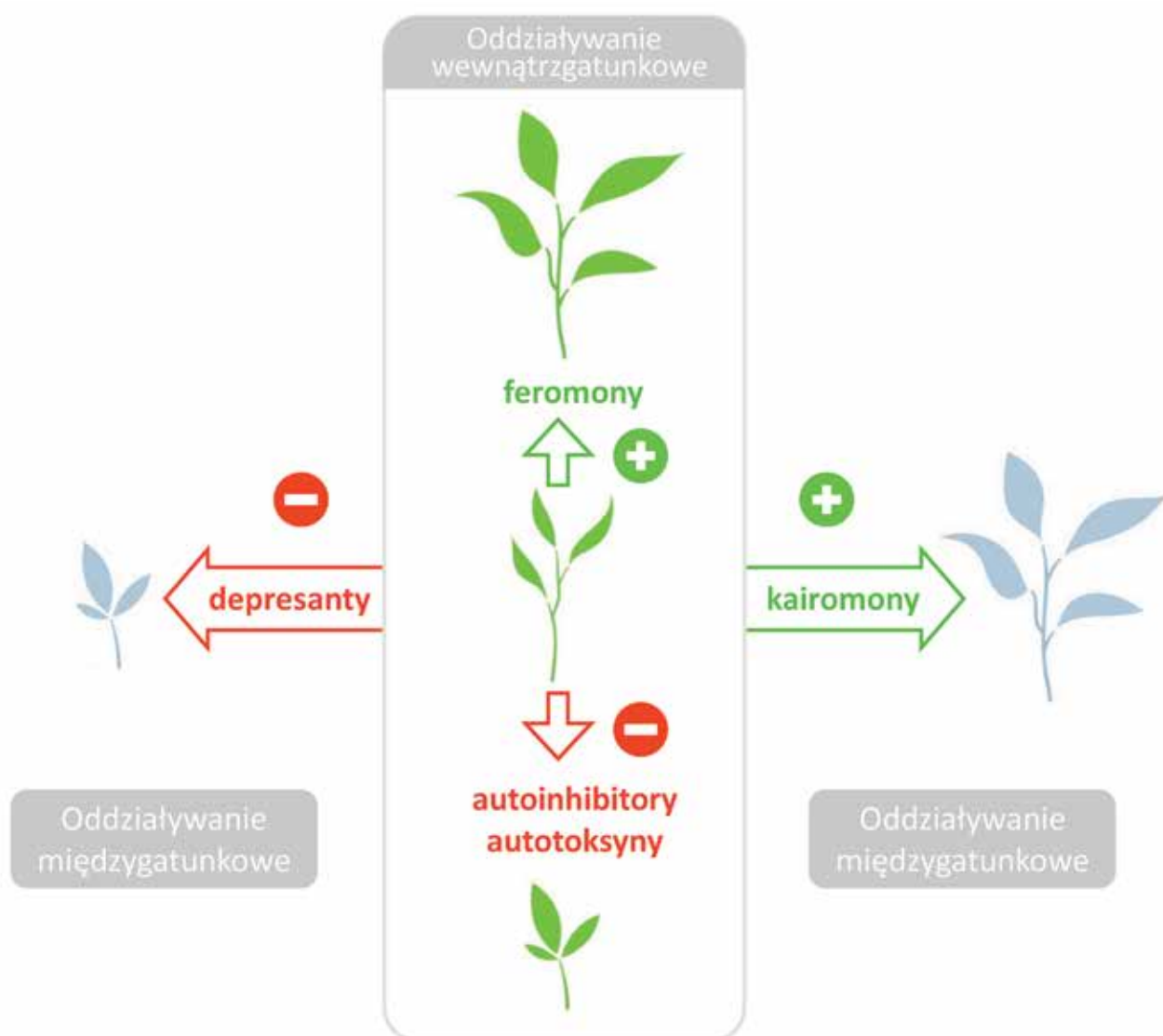
bezpośredniego otoczenia, tj. atmosfery, wody lub gleby – związków chemicznych, modyfikujących właściwości środowiska. Obie definicje, chociaż kształtujące pewien obraz zjawiska, wydają się być jednak bardzo lakoniczne, zwłaszcza jeśli uświadomimy sobie złożoność, ale przede wszystkim rolę allelopatii. Po pierwsze należy wziąć pod uwagę, iż tyczy się ona nie tylko samych roślin, lecz również mikroorganizmów (np. bakterii). Intuicyjnie wyczuwamy, że ta różnorodność skutkować musi pewną odmiennością sposobu porozumiewania. I rzeczywiście tak jest. W zależności od donora (organizmu nadającego zakodowaną chemicznym sygnałem informację) i akceptora (odbiorcy) oraz kierunku transmisji możemy wyodrębnić różne rodzaje biochemicznych dialektów. I tak rośliny naczyniowe uwalniają i odbierają związki chemiczne określane mianem kolin. Z kolei związki wydzielane celem oddziaływania na mikroorganizmy to fitoncydy. Oczywiście także mikroorganizmy mają możliwość wysyłania chemicznych komunikatów do roślin za pomocą tzw. marazmin, a także pomiędzy sobą, poprzez wytwarzanie antybiotyków [5]. Antybiotyki większości z nas kojarzą raczej negatywne, z walką z drobnoustrojami chorobotwórczymi. I tu nasuwa się nam kolejne pytanie: czy w takim razie rzeczona mowa roślin i mikroorganizmów polega wyłącznie na wysyłaniu komunikatów negatywnych, mających na celu zwalczania konkurenta? Na pierwszy rzut oka wydawać by się mogło, że tak. Przecież sama nazwa allelopatia pochodzi od greckich słów *allelon* – wzajemny, *pathos* – cierpienie, co sugeruje raczej negatywne oddziaływanie. A może mowa roślin to takie Schopenhauerowskie współodczuwanie i współcierpienie? Odczuwanie z pewnością, bo przecież tak określić należałoby odbiór bodźców chemicznych przez organizmy. Jednak allelopatia ma także swoje pozytywne strony.

Plusy i minusy

Wyrażanie pozytywnych i negatywnych emocji to jedna z podstawowych funkcji języka. Dlaczego więc miałoby tego zabraknąć w chemicznych interakcjach między roślinami? Pozytywne oddziaływanie np. pomiędzy fasolą a ziemniakiem czy fiołkiem polnym i żytem możliwe są dzięki istnieniu kairomonów – związków korzystnie wpływających na organizm akceptora (Ryc. 1). Z kolei negatywną informację niosą za sobą depresanty, które są obojętne dla organizmu donora, natomiast mogą szkodzić akceptorowi. [2] I to szkodzić poważnie, niejednokrotnie uniemożliwiając jego dalszy wzrost i rozwój. Naukowcy spierają się, czy wytwarzanie allelopatin stanowi wykształconą

ewolucyjnie strategię przeciwdziałania konkurencji, czy też jest efektem przypadkowym, utrwalanym w kolejnych pokoleniach [4]. Jakakolwiek jednak nie byłaby odpowiedź na to pytanie, nie można zaprzeczyć temu, że mamy tu do czynienia z kolejnym

białek enzymatycznych, niszczenie ultrastruktur komórkowych czy spowolnienie szybkości wzrostu komórek [6,9].



Ryc. 1. Rodzaje oddziaływań wewnątrz- i międzygatunkowych różnych grup allelozwiązków pochodzenia roślinnego: "+" pozytywne, "-" negatywne.

krokiem w rozwoju roślin, niezwykle pomocnym w walce toczącej się pomiędzy gatunkami rosnącymi obok siebie. Z kolei inne substancje chemiczne takie, jak feromony, autotoksyny czy autoinhibitory, używane są w przypadku oddziaływań wewnątrzgatunkowych, gdyż konkurencja na tym poziomie jest często silniejsza niż międzygatunkowa (Ryc. 1). Wydaje się to całkiem logiczne, jeśli weźmiemy pod uwagę konieczność ubiegania się o te same zasoby środowiska. Stąd liczne sposoby komplikowania życia sąsiadom, prowadzące do zakłóceń w strukturze i funkcjonowaniu błon komórkowych m.in. przez modyfikację działania kanałów jonowych, funkcjonowania

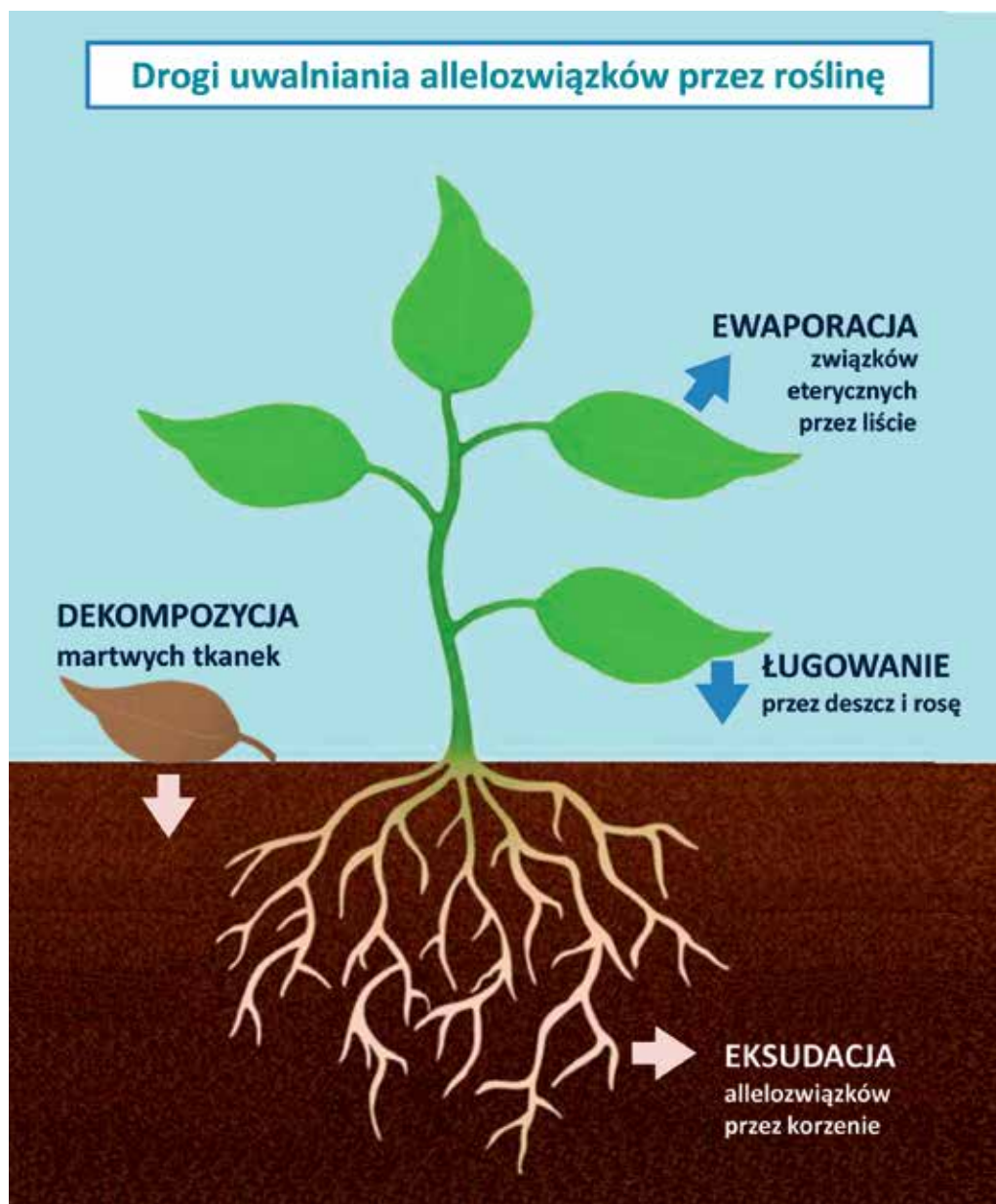
Skomplikowana „mowa” roślin

Wspominano już o różnorodności gatunkowej, stanowiącej swoisty dowód na wysoki poziom rozwoju zarówno samego organizmu roślinnego, jak i struktur fitosocjologicznych. Kolejnym może być także rozbudowanie chemicznego języka roślin. Do allelopatin należą bowiem liczne i zróżnicowane związki chemiczne, począwszy od prostych alifatycznych (łańcuchowych) węglowodorów (np. etylen), a skończywszy na skomplikowanych związkach wielopierścieniowych, takich jak nadająca specyficzny zapach suszonemu sianu kumaryna, czy zawarty w sorgo –

sorgoleon. Co ciekawe, większość allelozwiązków nie jest wytwarzana przez roślinę wyłącznie w celach „komunikacyjnych”. Wiele substancji allelopatycznych pełni istotną rolę w reakcjach stresowych roślin na czynniki abiotyczne, jak chociażby związki fenolowe, wspomagające roślinę m.in. w przypadku odbioru zbyt dużej dawki promieniowania słonecznego. Wiele z allelopatin znamy również z życia co-

wtórnych, powstających na drodze przemian kwasu octowego oraz szikimowego i obecna jest w różnych ilościach, zarówno w wegetatywnych, jak i generatywnych częściach roślin [10]. Można więc powiedzieć, że rośliny „mówią”... całym ciałem. Czyli całkiem podobnie jak my!

Najwięcej allelozwiązków zawartych jest w liściach i te charakteryzują się też najszerszym spektrum od-



Ryc. 2. Główne drogi uwalniania allelozwiązków przez rośliny.

dziennego. Należą do nich bowiem obecne w lekach nasercowych glikozydy czy alkaloidy (m.in. kofeina, teina, nikotyna), a pamiętać należy, że wymieniamy tu zaledwie kilka grup związków, obejmujących liczne substancje fizjologicznie aktywne. Takich grup allelozwiązków jest jednak znacznie więcej. Większość poznanych do tej pory należy do metabolitów

działających [11]. Różne są także sposoby uwalniania nośników informacji (Ryc. 2). Jest to warunkowane zarówno miejscem powstawania i uwalniania, jak też charakterem samego związku. W przypadku lotnych substancji eterycznych zaliczanych do grupy terpenoidów, jak np. olejek anyżkowy, brzoźowy, czy kamforowy, możemy mówić o tzw. ewaporacji.

Związki te w wyższych temperaturach przedostają się bezpośrednio z gruczołów roślinnych do atmosfery. Następnie są one absorbowane przez tkanki okrywające sąsiednich roślin, w postaci lotnej bądź w skondensowanej formie wraz z rosą. Jednakże dominującą formą uwalniania tych „międzyroślinnych transmiterów” jest ługowanie, czyli wymywanie allelopatin z części nadziemnych donora przez deszcz i rosę [11]. Pozwala to na ich związanie przez koloidy glebowe i dopiero po pewnym czasie, niekiedy w zmodyfikowanej postaci, następuje ich pobranie przez organizm akceptora [3,8]. Ciekawą formą uwalniania allelozwiązków jest również eksudacja, polegająca na wydzielaniu za pomocą systemu korzeniowego. I wreszcie wspomnieć należy, iż wiele substancji allelochemicznych uwalnianych jest po śmierci rośliny, a więc podczas rozkładu jej martwych tkanek. Czy zjawisko to można także uznać za element języka roślin? W pewnym sensie tak. Stanowi ono swoisty „testament”, w którym roślina zabezpiecza powstałych z własnych nasion potomków, którzy przecież z dużym prawdopodobieństwem będą znajdowali się w tym samym miejscu.

Franza Molischa dopiero w 1937 roku, to jednak zjawisko wzajemnego oddziaływania roślin znane było na długo przed narodzeniem Chrystusa. Już starożytni filozofowie (Demokryt z Abdery, Teofrast z Eresos) dostrzegali ową zdolność i opisywali możliwości wykorzystania jej z pożytkiem dla człowieka. Dziś również zjawisko allelopatii, pomimo pewnych trudności związanych z ogromną różnorodnością i złożonością związków allelochemicznych, znajduje zastosowanie w praktyce rolniczej. Warto też pamiętać o roślinnych sympatiach i antypatiach podczas wiosennej wizyty na działce czy w ogrodzie i nie sadzić cebuli koło fasoli ani kopru w pobliżu marchwi, która to zdecydowanie lepiej „czuć się będzie” obok sałaty. Zresztą ze wzajemnością. Ponieważ rośliny, pomimo tego, że na pierwszy rzut oka wydają się nam organizmami o zdecydowanie mniejszym stopniu komplikacji od zwierząt, wcale takimi nie są. Najlepszym dowodem na to jest ich ogromny sukces ewolucyjny, przejawiający się nie tylko liczbą, ale także złożoną strukturą fitosocjologiczną i własnym chemicznym językiem, którego dobrze poznać i zrozumieć nie będziemy w stanie prawdopodobnie nigdy.

Roślinne sympatie i antypatie

Choć samo pojęcie allelopatii wprowadzone zostało do literatury naukowej przez austriackiego botanika

Bibliografia

- [1] Amini S., Azizi M., Joharchi M. R., Shafei M. N., Moradinezhad F., Fujii Y. (2014) Determination of allelopathic potential in some medicinal and wild plant species of Iran by dish pack method. *Theor. Exp. Plant Physiol.*, 26: 3–4
- [2] Gniazdowska A., Oracz K., Bogatek R. (2004) Allelopatia - nowe interpretacje oddziaływań między roślinami. *Kosmos* 52(2): 207–217
- [3] Inderjit, Callaway R.M. (2003) Experimental designs for the study of allelopathy. *Plant Soil* 256: 1–11
- [4] King J. (2003) *Sekretnie życie roślin*. Prószyński i S-ka, Warszawa
- [5] Kopcewicz J., Lewak S. (2002) *Fizjologia Roślin*, Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa
- [6] Kupidłowska E., Kowalec M., Sułkowski G., Zobel A. M. (1994) The effect of coumarins on the root elongation and ultrastructure of meristematic cell protoplast. *Ann. Bot.* 73: 525–530
- [7] Molisch H. (1937) *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere: Allelopathie*. VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken
- [8] Oleszek W., Głowniak K., Leszczyński B. (2001) Biochemiczne oddziaływania środowiskowe. PROJEKT-STUDIO s.c. Lublin, pp. 1–320
- [9] Politycka B., Wójcik-Wojtkowiak D. (2001) Mechanizmy oddziaływań allelopatycznych. W: *Chemiczne oddziaływania środowiska* (red.) Oleszek W., Głowniak K., Leszczyński B. PROJEKT-STUDIO s.c. Lublin, pp. 13–24
- [10] Rice E.L. (1984) *Allelopathy*. 2nd Edition, Academic Press, New York, pp. 422
- [11] Wójcik-Wojtkowiak D., Politycka B., Weyman-Kaczmarkowa W. (1998) *Allelopatia*. Akademia Rolnicza, Poznań

ENZYMY – KATALIZATORY ŻYCIA

Maciej Szaleniec, Agnieszka Rugor (Kraków)

Streszczenie

Enzymy to białkowe katalizatory warunkujące zachodzenie niemal wszystkich ważniejszych procesów życiowych. Dzięki ich niesamowitej, wciąż nie do końca wyjaśnionej katalitycznej skuteczności, skomplikowane przemiany chemiczne w naszym organizmie mogą zachodzić w bardzo łagodnych warunkach (niskie temperatury, niewysokie ciśnienia) w porównaniu do tych, jakie stosowane są w procesach przemysłowych. Naukowy dowód, że mogą one działać również poza organizmami żywymi, ostatecznie pogrzebał teorię *panvitalizmu* i zapoczątkował bardzo burzliwy rozwój nowoczesnej enzymologii i biotechnologii. Dzięki zaś rozwojowi technik biologii molekularnej i inżynierii genetycznej enzymy znajdują coraz szersze zastosowanie. Niepostrzeżenie w ciągu ostatnich kilku dekad enzymy stały się niezbędnym narzędziem w przemyśle farmaceutycznym, spożywczym, skórzanym, tekstylnym, papierniczym, a nawet w proszkach do prania. Ułatwiają pracę naszych komórek, sprawiają, że jemy smaczniejszy chleb i pijemy słodki sok pomarańczowy nawet w środku zimy, a nasze ubrania są czyste już po praniu w 30°C.

Abstract

Enzymes are protein catalysts that enable most of important processes in the living organisms. Thanks to their astonishing and not yet well understood catalytic robustness even the most complicated chemical transformations can proceed under mild conditions (i.e. low temperature and pressure), a feat hardly encountered in the chemical industry. The scientific proof that enzymes can work outside of the living cell turned out to be a final blow to the concept of *panvitalism* and a cornerstone for development of the modern enzymology and biotechnology. Meanwhile, due to more recent achievements of molecular biology and genetic engineering the enzymes gained wider application in the modern society. Inconspicuously, during the last few decades the enzymes became indispensable in the pharmaceutical, food, leather, textile and paper industries and even found their way into our daily laundry products. They constantly help our cells to live, make our daily bread tastier, deliver a sweet juice in the middle of the winter and make it possible to remove the vilest stains from our cloths after washing in just 30°C.

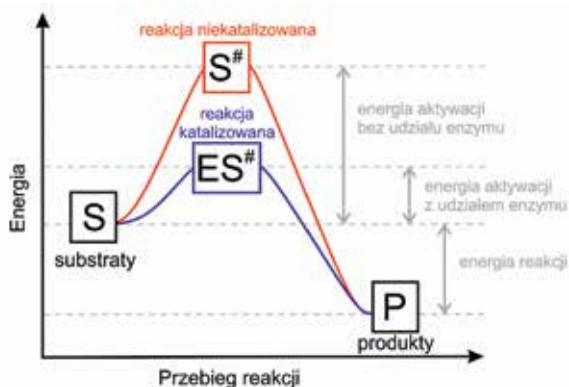
Enzym – biologiczny katalizator

Enzymy należą do substancji, które są przez chemików nazywane katalizatorami. Każdy słyszał o katalizatorach zainstalowanych w samochodach, ale sam termin może czasem wydawać się niejasny. Jeżeli zapytamy chemika czym jest katalizator, odpowie, zgodnie z dość hermetyczną definicją, że jest to substancja, która przyspiesza reakcję chemiczną i skierowuje ją na wybraną ścieżkę, sama nie zużywając się w reakcji. Aby zrozumieć o co w tym wszystkim chodzi wyobraźmy sobie reakcję chemiczną, na przykład zachodzącą w komórkach czy w układzie wydechowym samochodu, jako zatłoczone rondo w środku dużego miasta. Samochody wjeżdżające drogą na rondo to substancje chemiczne, które będą ulegały przekształceniu (tzw. substraty), zaś każda

z dróg opuszczająca rondo to inna ścieżka reakcji. Z kolei samochody opuszczające rondo to produkty, różniące się pod względem budowy cząsteczki chemiczne. Ponieważ rondo jest zakorkowane, wszystkie reakcje postępują dość wolno i każdy samochód wjeżdżający na nie straci sporo czasu zanim je opuści (tj. przemieni się w produkt reakcji). Katalizator możemy wyobrazić sobie jako wielką estakadę przerzuconą nad zatłoczonym rondem, która wiedzie w kierunku najbardziej potrzebnym dla naszej komórki czy środowiska. Teraz samochody bardzo szybko przemykają nad korkiem (przyspieszenie reakcji) i większość z nich wybierze właśnie tę drogę (skierowanie ruchu na wybraną ścieżkę). Dokładnie według tej prostej analogii działa zarówno katalizator w samochodzie, odpowiednio utleniający resztki benzyny i redukujący tlenki azotu w spalinach, jak i enzym

w naszym jelicie ułatwiający trawienie pożywienia.

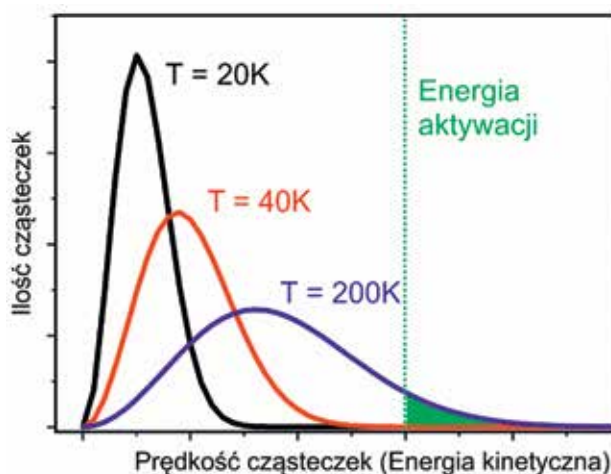
Efekt estakady nad korkiem jest nazywany przez chemików „obniżeniem energii aktywacji” (Ryc. 1).



Ryc. 1. Energia aktywacji (tj. różnica energii stanu przejściowego ($S^\ddagger$) i energii substratów) ulega zmniejszeniu na skutek katalitycznego działania enzymu (różnica energii $ES^\ddagger$ i substratów). Obniżenie energii aktywacji reakcji katalizowanej w porównaniu do niekatalizowanej odpowiada za przyspieszenie reakcji przez katalizator.

Zgodnie z klasyczną teorią stanu przejściowego, każdą reakcję chemiczną charakteryzuje pewna określona energia aktywacji – im jest ona wyższa, tym dłużej musimy poczekać, aby reakcja miała miejsce. Zastanówmy się skąd bierze się wspomniana wyżej energia aktywacji. Otóż na co dzień w przeważającym stopniu cząsteczki chemiczne pozostają w niskich stanach energetycznych. Aby doszło do reakcji chemicznej pomiędzy cząsteczkami muszą one najpierw zbliżyć się do siebie, pokonując odpychające oddziaływania elektrostatyczne i ulegając przy tym niekorzystnym energetycznie odkształceniom związanym z reakcją chemiczną. Na przykład w czasie przeniesienia atomu z jednej cząsteczki do drugiej w tak zwanym stanie przejściowym następuje rozciągnięcie wiązania, które ulega odkształceniu. Te zmiany geometrii i struktury elektronowej związane są właśnie z podniesieniem energii układu, którą nazywamy energią aktywacji. Jeżeli taka bariera energetyczna jest wysoka, tylko niewielka ilość cząsteczek ma wystarczającą energię, aby ją pokonać. W rezultacie tylko nieliczne molekuly z olbrzymiej liczby cząsteczek, które potencjalnie mogłyby zareagować, są zdolne do chemicznej przemiany, a co za tym idzie sama reakcja (z naszego makroskopowego punktu widzenia) postępuje bardzo powoli (tzn. mało produktu powstaje w czasie). Aby wpłynąć na szybkość reakcji możemy zwiększyć energię cząsteczek podnosząc ich temperaturę. Wraz ze wzrostem temperatury coraz więcej cząsteczek, zgodnie z rozkładem Boltzmana (Ryc. 2), osiąga wyższe energie i tym samym będzie zdolnych osiągnąć i skutecznie przekroczyć barierę reakcji. W rezultacie więcej

cząsteczek w danym czasie jest w stanie przemienić się w produkt, co skutkuje eksponencjalnym wzrostem obserwowanej szybkości reakcji [1, 4]. Podgrzewanie reagentów jest jednak procesem bardzo kosztownym, a czasem, gdy mamy do czynienia z wrażliwymi termicznie związkami chemicznymi o skomplikowanej strukturze, nawet zupełnie niewykonalnym. W takiej sytuacji jedynym możliwym sposobem jest zastosowanie katalizatora.



Ryc. 2. Rozkład energii kinetycznej cząsteczek w zależności od temperatury układu wg. rozkładu Boltzmana. W miarę podnoszenia temperatury coraz większa populacja cząsteczek osiąga wymaganą granicę energii aktywacji, co jest warunkiem koniecznym do zajścia reakcji chemicznej. Na zielono zaznaczono część populacji cząsteczek, które w temperaturze 200K osiągają przynajmniej energię równą energii aktywacji.

Rolą katalizatora jest tak wpływać na cząsteczki w stanie przejściowym, aby ich energia nie musiała być aż tak wysoka, by reakcja zachodziła (tj. obniżyć energię aktywacji). W rezultacie, podobnie jak w przypadku podniesienia temperatury, większa ilość cząsteczek chemicznych ma szansę pokonać barierę i reakcja przebiega szybciej. Takimi katalizatorami są właśnie enzymy, które do perfekcji realizują to właśnie zadanie. Wiążą one reagenty w swoim wnętrzu w taki sposób, aby maksymalnie obniżyć energię ich aktywacji [15] i przyspieszyć proces tworzenia produktu.

Bariery energetycznej, w metaforycznym sensie, doświadcza każdy z nas po niezbyt dobrze przespanej nocy, gdy stara się rano wstać do pracy – w tym przypadku katalizator, na przykład w postaci zapachu dobrej mocnej kawy, pomaga znacząco obniżyć barierę energii aktywacji i pomóc nam wstać.

Precyzyjna regulacja

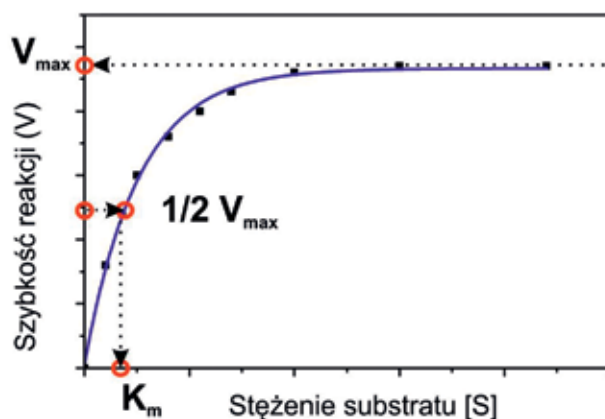
Enzymy są niezwykle skutecznymi katalizatorami. Dzięki swojej dość skomplikowanej i wyrafinowanej budowie potrafią działać tylko w określonym miejscu

naszego organizmu i w określonych warunkach temperatury i pH. Są w stanie również rozpoznawać cząsteczki chemiczne i spośród wielu obecnych w naszych komórkach wybierać tylko te, do których modyfikacji zostały przeznaczone. Zjawisko to, nazywane specyficznością enzymów, może powodować, że enzymy wybierają wyłącznie jeden rodzaj cząsteczki (np. absolutna specyficzność enzymu laktazy, który katalizuje rozkład wyłącznie laktozy) bądź też jakąś ich grupę (specyficzność grupowa – np. enzym trawienny tripsyna przecinający łańcuch peptydowy w pobliżu zasadowych aminokwasów) lub ograniczać się wyłącznie do rozpoznawania typu wiązania chemicznego (np. niektóre dehydrogenazy alkoholowe utleniają specyficznie alkohole pierwszorzędowe do aldehydów). Enzymy potrafią również rozpoznawać przestrzenną strukturę cząsteczek chemicznych, dzięki czemu potrafią być specyficzne względem izomerów optycznych (enancjomerów) – czyli cząsteczek niemal identycznych, różniących się tylko przestrzenną organizacją podstawników wokół tzw. centrów stereogenicznych (np. chiralnych atomów węgla – chiralne cząsteczki, tak jak nasze ręce, które wyglądają jak swoje lustrzane odbicia). Dzięki enancjosecypiczności enzymy są niezwykle przydatne szczególnie w przemyśle farmaceutycznym, gdzie ich zdolność do produkcji chiralnych czystych enancjomerycznych leków może decydować o tym, czy produkt będzie miał zbawienne działanie lecznicze, czy też stanie się zagrażającą życiu trucizną [7, 14]. Co więcej, zastosowanie enancjoselektywnych biokatalizatorów w syntezie ma też duże znaczenie ekonomiczne, gdyż lek jest syntetyzowany tylko w aktywnej formie. Dla każdego centrum stereogenicznego zyskujemy więc dwa razy więcej substancji aktywnej, podczas gdy w przypadku syntezy nie-enancjoselektywnej otrzymujemy tylko połowę możliwej ilości produktu. Mając czysty optycznie lek firma farmaceutyczna nie musi też przeprowadzać kosztownych badań klinicznych skierowanych na wykrycie efektów ubocznych, potencjalnie powodowanych przez nieaktywny klinicznie enancjomer leku. Nie ma też potrzeby przeprowadzenia kosztownego oczyszczania substancji aktywnej z niepotrzebnego enancjomeru, jeżeli jego podanie powoduje niepożądane skutki.

Bardzo często aktywność katalityczna enzymów podlega ścisłej kontroli i regulacji. Dobrym przykładem takiego zachowania są enzymy trawienne, katalizujące rozkład białek. Enzymy te wytwarzane są m.in. w gruczołach ściany żołądka. Gruczoły ściany żołądka w dużej mierze zbudowane są z białek, więc enzymy trawienne muszą być początkowo nieaktywne (wydzielane w formie tzw. proenzymu

pepsynogenu), żeby nie trawiły własnego macierzystego gruczołu. I dopiero wtedy, gdy już wydzielą się do żołądka, gdzie panuje niskie pH (obecny jest tam kwas żołądkowy), ulegają samoaktywacji (autokatalitycznie same odcinają swój niewielki fragment) i stają się bardzo aktywnymi katalizatorami ułatwiającymi trawienie białek (pepsyna) [5]. Dodatkowo nasz żołądek wyścielony jest specjalnymi komórkami odpornymi na działanie pepsyny – inaczej sami moglibyśmy siebie strawić po dobrym obiedzie! Co ciekawe, inne enzymy trawienne, wytwarzane w trzustce (np. chymotrypsyna), a działające w jelicie cienkim, gdzie panuje pH zasadowe, trawią białka tylko i wyłącznie w warunkach wysokiego pH. Tym samym ich aktywność enzymatyczna jest precyzyjnie przystosowana do miejsca, w którym mają za zadanie działać.

Aktywność enzymatyczna (czyli zdolność do przyspieszania reakcji) podlega dynamicznej regulacji. Zanim zajdzie reakcja, najpierw musi powstać niekowalencyjne połączenie między enzymem (E) i substratem (S), czyli tzw. kompleks ES. Ponieważ sama reakcja chemiczna jest bardzo często wolniejsza od procesu powstawania i rozpadu kompleksu ES, szybkość katalizowanej przez enzym reakcji zależy nieliniowo od stężenia substratu i ma kształt hiperboli. Oznacza to, że w miarę zwiększania się stężenia substratu szybkość reakcji tylko początkowo gwałtownie rośnie, po czym przyrost szybkości stopniowo zwalnia, aż osiąga wysycenie (Ryc. 3).



Ryc. 3. Wykres zależności szybkości reakcji enzymatycznej V od stężenia substratu $[S]$, gdzie $V_{\max}$ – maksymalna szybkość reakcji enzymatycznej, osiągana dla nieskończenie wysokiego stężenia substratu. K_m – stała Michaelisa oznaczająca stężenie substratu, przy jakim szybkość reakcji katalizowanej przez enzym osiąga połowę $V_{\max}$.

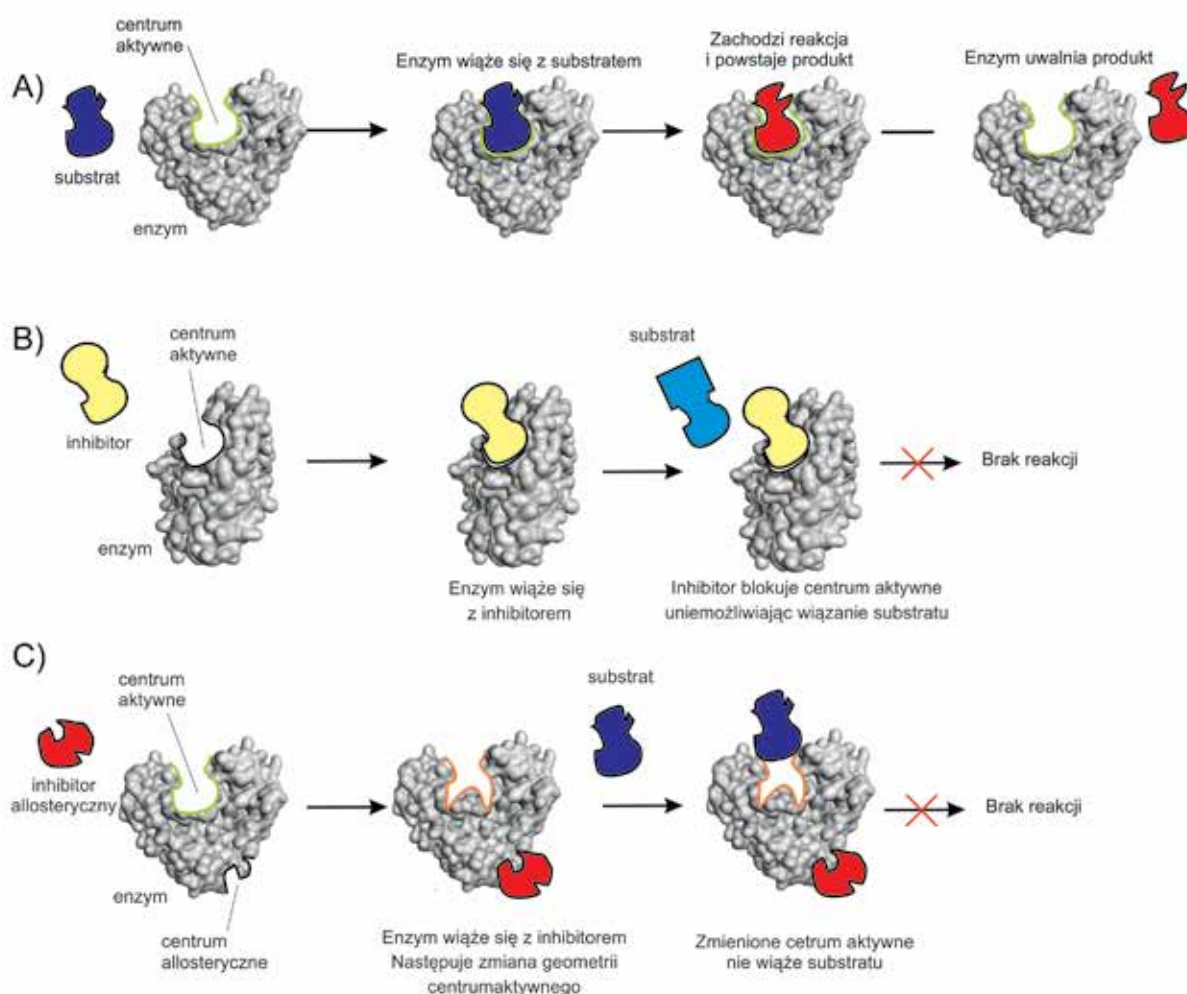
Zrozumienie tego efektu było możliwe dzięki badaniom trójki uczonych: francuskiego chemika Victora Henriego, niemieckiego biochemika Leonora Michaelisa i kanadyjskiej doktor medycyny Maud Menten. To oni sformułowali najsłynniejsze w biochemii

równanie Michaelisa-Menten, będące podstawowym prawem opisującym zachowanie enzymów [8].

Co ciekawe, wiele enzymów zmienia swoją aktywność w zależności od stężenia substratu i innych substancji w sposób jeszcze bardziej złożony. Często jest to spowolnienie reakcji, gdy powstaje dużo produktu. W ten sposób organizm zabezpiecza się przed akumulacją zbyt dużej ilości substancji chemicznych, które w wysokim stężeniu mogłyby wywrzeć toksyczny efekt na komórkę. Efekt taki nazywany jest inhibicją produktową, jeżeli produkt wiąże się w centrum aktywnym, lub ujemnym efektem allosterycznym, jeżeli miejsce wiązania się inhibitora-produktu znajduje się w innej części enzymu.

wtedy, że enzym ma budowę multimeryczną (np. jeżeli składa się z czterech identycznych podjednostek, jest homotetramerem – Ryc. 5).

Bardzo często takie enzymy działają kooperatywnie – tzn. związanie w jednej z podjednostek substratu powoduje zmianę geometrii białka. Zmiana kształtu podjednostki zawierającej substrat pociąga za sobą przemieszczenie położenia aminokwasów na styku pomiędzy podjednostkami. W efekcie następuje również zmiana geometrii pozostałych podjednostek (tzw. zmiana konformacji), które niejako „czują”, że ich sąsiad związał pierwszą cząsteczkę substratu. W rezultacie ich zdolność do wiązania cząsteczek substratu w centrach aktywnych (a więc termodyna-



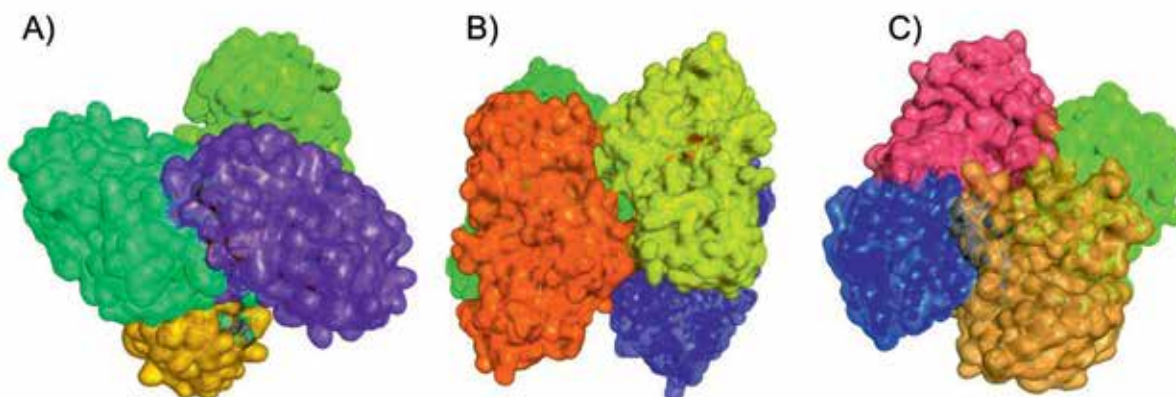
Ryc. 4. Schematyczne przedstawienie różnych sposobów regulacji aktywności enzymatycznej przez inhibitory. A) Normalna reakcja enzymatyczna, w której enzym wiąże substrat i po reakcji uwalnia produkt, B) Inhibitor kompetycyjny wiąże się w centrum aktywnym uniemożliwiając wiązanie substratu i zajście reakcji, C) Związanie się z enzymem czynnika allosterycznego wpływa na zmianę struktury enzymu, co pośrednio oddziałuje na geometrię centrum aktywnego. W rezultacie enzym nie wiąże skutecznie substratu i reakcja nie zachodzi.

Aktywność enzymatyczna może podlegać jeszcze innej regulacji, najczęściej (choć nie jedynie) gdy enzym składa się z kilku jednakowych pod względem składu aminokwasowego podjednostek białkowych, z których każda zawiera centrum aktywne. Mówimy

o tym, że enzym ma budowę multimeryczną (np. jeżeli składa się z czterech identycznych podjednostek, jest homotetramerem – Ryc. 5). Bardzo często takie enzymy działają kooperatywnie – tzn. związanie w jednej z podjednostek substratu powoduje zmianę geometrii białka. Zmiana kształtu podjednostki zawierającej substrat pociąga za sobą przemieszczenie położenia aminokwasów na styku pomiędzy podjednostkami. W efekcie następuje również zmiana geometrii pozostałych podjednostek (tzw. zmiana konformacji), które niejako „czują”, że ich sąsiad związał pierwszą cząsteczkę substratu. W rezultacie ich zdolność do wiązania cząsteczek substratu w centrach aktywnych (a więc termodyna-

katalizatorów do zmieniających się warunków zewnętrznych (np. zmiennego stężenia substancji odżywczych).

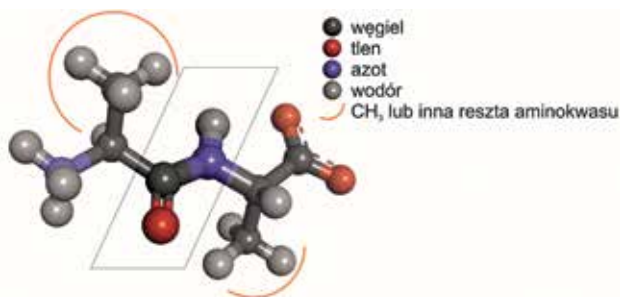
helisą) lub płaszczyzny (zwaną β -kartką) (Ryc. 7A, B). Helisy i β -kartki, będące strukturą II-rzędową białek, tworzą z kolei przestrzenne struktury III-rzę-



Ryc. 5. Przykłady białek tetramerycznych: A) dehydrogenaza semialdehydu aspartanowego z *Trichophyton rubrum* [10], B) Δ^1 -dehydrogenaza 3-keto-steroidowa z *Rhodococcus erythropolis* [16], C) dehydrogenaza (S)-1-fenylloetanolowa z *Aromatoleum aromaticum* [6].

Białkowa budowa enzymów

Jak już wspomniano, enzymy mają bardzo skomplikowaną budowę. Ponieważ są białkami, zbudowane są z aminokwasów. Większość organizmów wyższych (do których i my się zaliczamy) wykorzystuje tylko 21 różnych aminokwasów, które niczym klocki lego połączone są w długie łańcuchy za pomocą tzw. wiązania peptydowego (Ryc. 6).



Ryc. 6. Struktura wiązania peptydowego (szary romb) pomiędzy dwoma aminokwasami alaniny. Dzięki sprzężeniu elektronowemu wolnej pary elektronowej atomu azotu i układu π elektronów grupy karbonylowej wiązanie peptydowe jest płaskie. Ułożenie aminokwasów w łańcuchu polipeptydowym to struktura I-rzędowa.

To, w jakiej kolejności poukładane są różne aminokwasy w danym białku jest zapisane w kodzie genetycznym (DNA) i w jeszcze nie do końca zrozumiałym dla nas sposobie niesie informację nie tylko o kolejności (tak zwanej sekwencji) aminokwasów w łańcuchu, ale również o całkowitym trójwymiarowym kształcie białka. Okazuje się bowiem, że dojrzale białko (czyli np. enzym) przypomina bardziej kłębek włóczki, którym bawił się młody kociak, niż prostą wstążkę. Nic aminokwasowa przyjmuje skomplikowaną i uporządkowaną strukturę spirali (zwaną

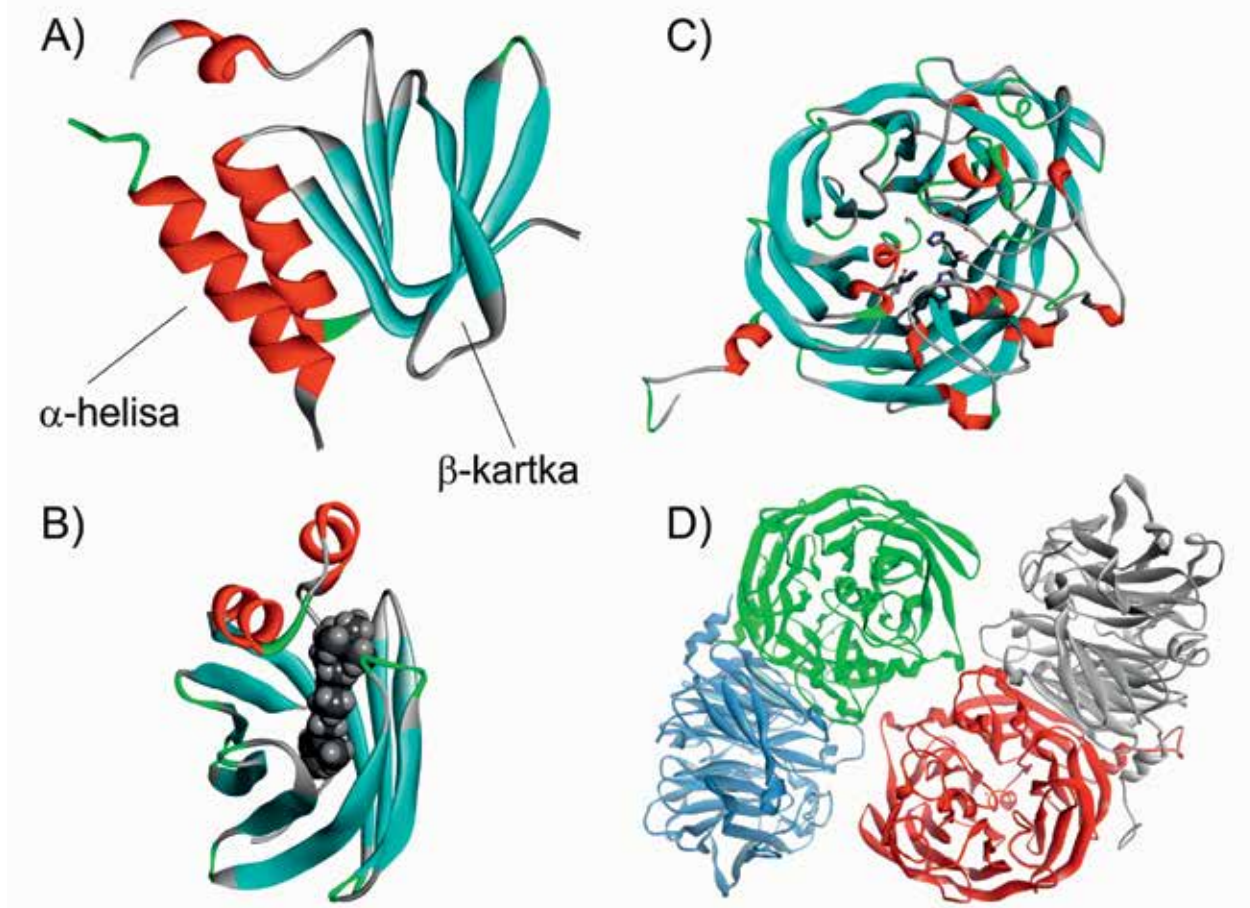
dowę, które w formie przypominają nie tylko kłębek włóczki, lecz także i fantazyjne pierścienie czy też beczki (Ryc. 7B, C).

Niektóre enzymy są naprawdę wielkimi cząsteczkami chemicznymi, składającymi się z wielu splecionych ze sobą łańcuchów i dziesiątków tysięcy atomów. Tym bardziej jest dla nas niezrozumiałe, w jaki sposób białka za każdym razem, zazwyczaj bezbłędnie i w większości wypadków zupełnie samoistnie, związają się w te skomplikowane struktury. Pomimo wielu badań w tej dziedzinie oraz ogromnego postępu metod symulacji komputerowych związania się (tzw. fałdowania) białek wciąż nie jesteśmy w stanie przewidzieć z wystarczającą dokładnością przestrzennej struktury białek bazując wyłącznie na sekwencji aminokwasowej. To właśnie z tego powodu co roku (od 1994) odbywa się swego rodzaju eksperyment: światowe mistrzostwa w przewidywaniu struktur białkowych CASP (Critical Assessment of protein Structure Prediction) [13], w ramach których ponad 100 grup naukowców rywalizuje w przewidywaniu struktury białka o niedawno poznanej, ale wciąż nie opublikowanej strukturze.

Należy sobie jednak postawić pytanie, czemu ma służyć tak skomplikowana budowa białek i enzymów? Enzymolodzy byli bardzo zaskoczeni gdy odkryli, że niejednokrotnie w samym procesie przyspieszania reakcji bierze udział tylko kilka aminokwasów! Sama reakcja chemiczna zachodzi bowiem w tak zwanym „centrum aktywnym”, które jest najczęściej niewielkim wgłębieniem lub niszą w enzymie, do którego wiążą się cząsteczki chemiczne

(substraty) przetwarzane przez enzym. To właśnie w stronę przestrzeni centrum aktywnego zwrócone są w precyzyjnie określonych miejscach aminokwasy

i tak wiele różnych reakcji potrafią przyspieszać, że enzymolodzy mają wiele pracy na kolejne dziesiątki lat badań. W samym ludzkim organizmie ocenia się –



Ryc. 7 Hierarchiczna struktura białek tworzona przez sekwencję aminokwasową łańcucha polipeptydowego (struktura 1^o-rzędowa), gdzie **A**) to sposób zwinięcia (struktura 2^o-rzędowa) w charakterystyczne helisy (czerwone), β -kartki (niebieskie) i spinki (zielone), **B**) i **C**) przestrzenna organizacja struktur 2^o-rzędowych w strukturę 3^o-rzędową, zawierającą charakterystyczne motywy, takie jak pęki helis, zwijającą się β -kartkę, β -baryłkę, których funkcją może być wytworzenie miejsca wiązania cząsteczki (ciemno- i jasnoszara kulkowa struktura substratu w **B**) oraz zapewnienie wyizolowanego środowiska dla aktywnych aminokwasów katalizujących reakcję (aminokwasy w centrum baryłki w **C**). Na panelu **D**) przedstawiono 4^o-rzędową organizację tworzoną przez odrębne łańcuchy polipeptydowe (oznaczone różnymi kolorami); **A**) fragment struktury modelu homologicznego dehydrogenazy Δ^1 -3-ketosteroidowej ze *Sterolibacterium denitrificans* [3], **B**) komórkowe białko wiążące retinol z *Homo sapiens* (kod PDB 5FAZ) **C**) i **D**) dehydrogenaza tiocyjanianowa z *Thioalkalivibrio paradoxus* (kod PDB: 5F75).

zaangażowane w przyspieszenie reakcji chemicznej. Centrum aktywne można więc wyobrazić sobie jak najeżoną wyspecjalizowanymi ramionami robotów taśmę produkcyjną w wielkiej fabryce. Od dziesięcioleci próbujemy zrozumieć, jak enzymy osiągają te fenomenalne rezultaty za pomocą relatywnie niewielkich i uniwersalnych środków. Niestety wciąż poszukujemy pełnej odpowiedzi, bo czynników odpowiedzialnych za katalityczną perfekcję enzymów wydaje się być wiele. Rozumiemy, że kluczem do wszystkiego jest właśnie obniżanie energii aktywacji danej reakcji za pomocą tych kilku odpowiednio ułożonych aminokwasów lub kofaktorów, czyli niewielkich cząsteczek organicznych lub kompleksów metali, które poszerzają spektrum dostępnych chemicznych procesów. Enzymów jest jednak tak wiele

na podstawie analizy genomu – że biokatalizatorów, katalizujących prawie 900 różnych procesów, może być ponad 2 700 [17]. A większość organizmów żywych naszej planety nie została jeszcze scharakteryzowana genetycznie!

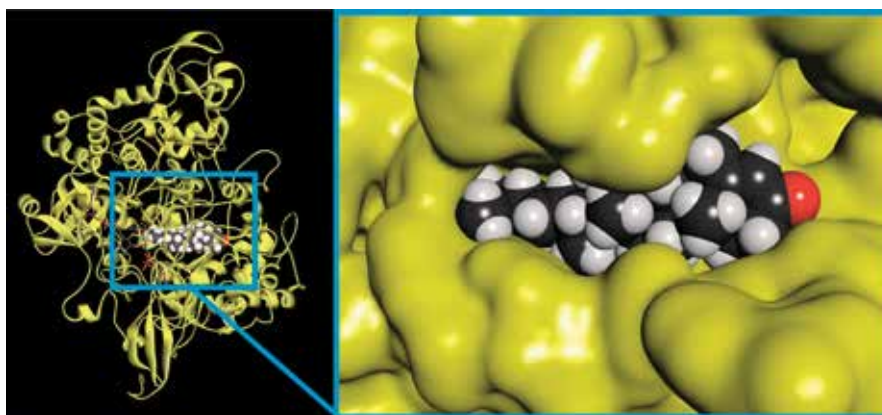
Centrum aktywne

Należy sobie zadać pytanie, dlaczego Natura wytworzyła tak skomplikowane cząsteczki, by ostatecznie zbudować coś tak prostego, jak centrum aktywne? Czy enzymy nie mogłyby składać się właściwie tylko z tych kilku kluczowych aminokwasów, które katalizują reakcję? Przecież tak właśnie budujemy nasze katalizatory my, chemicy – i jakoś to działa! Powodów, dla których Natura wybrała to pozornie

bardziej skomplikowane rozwiązanie jest kilka. Po pierwsze, jak już wspomniałem, białka, a w szczególności enzymy, produkują się poniekąd same. Po przetłumaczeniu kodu genetycznego na łańcuch białkowy sama struktura polimeru białkowego związa się w docelowy kształt. Ten kształt jest tak zaprojektowany przez ewolucję, aby umieścić katalitycznie aktywne aminokwasy w odpowiedniej, optymalnej pozycji. Pozostałe aminokwasy nie tylko stanowią rusztowanie, na którym katalitycznie aktywne aminokwasy są zamocowane, ale również budują kształt centrum aktywnego, które przypomina formę pod odlew rzeźby dla reagujących w reakcji cząsteczek. Innymi słowy cząsteczki reagentów „pasują” do centrum aktywnego niczym ręka do dobrze dobranej rękawiczki i każdy fragment cząsteczki chemicznej wchodzi do odpowiedniego „palca” tej rękawiczki. Oczywiście dobre „dopasowanie” reagenta do centrum aktywnego wykracza poza czysto makroskopowe mechaniczne dopasowanie kształtu, chociaż jest to również istotny czynnik (są to tak zwane efekty steryczne) (Ryc. 8).

chemiczną „malutką rączkę dziecka” od „wielkiej męskiej graby”, czy „kobiecej rączki o długich palcach i wypielęgnowanych paznokciach”. Innymi słowy enzym wybierze z wielu cząsteczek chemicznych pływających w komórkowej cytoplazmie tylko te związki, do których modyfikacji został zaprojektowany. Dzięki tej niezwykłej zdolności w naszych komórkach potrafią biec obok siebie bardzo różne reakcje chemiczne, podczas gdy my, w chemicznej fabryce, musimy każdy z procesów chemicznych prowadzić w osobnym reaktorze, by nasze katalizatory „nie pomyliły się” i modyfikowały tylko jeden wybrany przez nas związek chemiczny.

Selektywność jest wielką zaletą enzymów i ma bardzo duże znaczenie dla ich zastosowania w przemyśle. Co ciekawe – jest jednocześnie zaletą i wadą biokatalizatorów. Otóż tak długo, jak chcemy odtworzyć w fabryce proces, który występuje w Naturze (na przykład chcemy syntetyzować antybiotyk wykorzystując enzymy z grzybów, które naturalnie go wytwarzają), tak długo ta niezwykła selektywność



Ryc. 8. Katalityczna podjednostka dehydrogenazy C25 steroidowej wraz z substratem w jej centrum aktywnym [18]. Na prawym panelu przedstawiono doskonałe dopasowanie substratu do powierzchni białka. Część aminokwasów przesłaniających substrat od strony czytelnika ukryto w celu lepszej wizualizacji kompleksu enzym-substrat (ES).

Bardzo ważną rolę pełnią też oddziaływania elektrostatyczne – aminokwasy o naładowanych (dodatnio lub ujemnie) łańcuchach bocznych umieszczone są w takich miejscach, aby korzystnie oddziaływać z przeciwnie naładowanymi grupami substratu lub też umożliwić powstanie stabilizujących kompleks enzymu z substratem wiązań wodorowych. To właśnie dzięki tym doskonale zaprojektowanym oddziaływaniom centrum aktywnego z substratem enzymy uzyskują niezwykłą przewagę nad naszymi prostymi chemicznymi katalizatorami. Przewagą tą jest wspomniana wcześniej selektywność. Rozpoznając kształty i właściwości cząsteczek chemicznych nasza „enzymatyczna rękawica” dba nie tylko o to aby „kciuk” czy „palec wskazujący” cząsteczki trafił w odpowiednie miejsce rękawicy, ale jest też w stanie rozróżnić

enzymów działa na naszą korzyść. Enzym wytworzy tylko jeden, pożądaný przez nas produkt i kompletnie zignoruje zanieczyszczenia. W przemyśle jednak bardzo często chcemy stworzyć cząsteczki, których Natura nie używa albo które zawierają nietypowe atomy. Wtedy ta wysoka specjalizacja biokatalizatorów działa na naszą niekorzyść, bo enzymy są zbyt wysoce wyspecjalizowane, by dobrze przyspieszać przemianę nietypowych cząsteczek. Nietypowe cząsteczki mające trochę inny chemiczny kształt oraz rozkład ładunków i nie pasują dobrze do centrum aktywnego. Aby poradzić sobie z tym problemem biotechnolodzy „przesiewają” wiele enzymów pochodzących z różnych organizmów, by znaleźć takie, które nie są aż tak bardzo wyspecjalizowane lub posiadają inną, bardziej pasującą do celów danej syntezy, specyficzność

substratową. Czasem udaje się znaleźć enzym, którego ewolucja nie doprowadziła jeszcze do skrajnej specjalizacji. Dzięki temu jest on w stanie rozpoznać i łączyć w centrum aktywnym szerszą gamę związków chemicznych i może służyć naszym celom. Takie poszukiwania przypominają jednak szukanie igły w stogu siana – nigdy nie mamy pewności, że odnajdziemy enzym o pożądanych cechach. Na szczęście dzięki postępom biologii molekularnej nie jesteśmy zdani tylko na łut szczęścia i Naturę – możemy liczyć na pomoc ze strony przyspieszonej i ukierunkowanej ewolucji enzymów w laboratorium.

Sztuczna ewolucja enzymów

Proces ewolucji polega na stopniowych, losowych zmianach w kodzie genetycznym kodującym sekwencje białek. Enzymy odpowiedzialne za kopiowanie DNA są zazwyczaj bardzo dokładne i bardzo rzadko popełniają błędy. Czasem jednak pojedyncze pomyłki „umkną ich uwadze” i w ten sposób następuje mutacja punktowa w kodzie DNA. Niekiedy zmiana pojedynczego elementu DNA nie prowadzi do poważnych zmian, czasem zmodyfikowane białko ma właściwości mniej przydatne niż jego pierwowzór, ale czasem jest ono lepsze. Ponieważ lepsze rozwiązania zwiększają szanse na przeżycie danego organizmu i wydanie na świat potomstwa (a więc przekazanie nowego typu białka swoim dzieciom), dobre rozwiązania się kumulują, a złe eliminują (bo często zmniejszają szansę przeżycia i przekazania gorszego białka potomstwu).

W sztucznie kierowanej ewolucji to my decydujemy, jakie będą warunki „przeżycia” danej losowej mutacji. Są nimi zdolności enzymu do katalizowania wybranej przez nas reakcji chemicznej. Dzięki postępom w dziedzinie biologii molekularnej posiadamy specjalne narzędzia biotechnologiczne umożliwiające częste wprowadzanie losowych, jak i celowych zmian w DNA i następnie produkcji białek kodowanych przez zmienione DNA w bakteriach. Posiadamy też narzędzia umożliwiające mieszanie się kodu genetycznego pomiędzy podobnymi, homologicznymi genami, w podobny sposób jak w procesie płciowego rozmnażania [19]. Powtarzając proces mutacji i selekcji wielokrotnie dla dużej liczby wariantów enzymu (niczym kolejne pokolenia w normalnej ewolucji) jesteśmy w stanie przekształcić enzym, który był słaby, w katalizator, który nie tylko przyspieszy reakcję nawet i 1000-krotnie, ale jeszcze zniesie wysokie stężenie rozpuszczalników organicznych, wysoką temperaturę czy jakże odmienne od przytulnego

wnętrza komórki warunki panujące w reaktorze chemicznym. Dzięki poszerzającej się wiedzy na temat zależności struktury białek i ich właściwości jesteśmy coraz częściej w stanie przewidywać (za pomocą modelowania molekularnego), jakie modyfikacje należy wprowadzać, by skierować ewolucję w danym kierunku, i jakie rejony białka najlepiej jest poddawać mutacjom. Dlatego nie musimy już poruszać się zupełnie na ślepo, co pozwala optymalizować właściwości katalityczne enzymów metodą ewolucji kierowanej dla mniejsze ilości białek [11]. Co więcej, dzięki technikom inżynierii genetycznej i mikrobiologii jesteśmy w stanie wytwarzać te enzymy w sposób tani i bezpieczny dla środowiska. Stało się to możliwe dzięki zrozumieniu kodu genetycznego, stanowiącego instrukcję do produkcji poszczególnych enzymów oraz rozwojowi narzędzi molekularnych pozwalających tę instrukcję kopiować, modyfikować i przenosić do innych organizmów. Za pomocą technik transformacji genetycznych wprowadzamy odpowiednio przygotowaną genetyczną instrukcję do pospolitych mikroorganizmów (np. bakterii *Escherichia coli* czy drożdży *Pichia pastoris*), namnażamy je i wydajemy im „chemiczny rozkaz” nakazujący produkcję pożądanego enzymu w dużej ilości. Ten „chemiczny rozkaz”, nazywany fachowo „indukcją”, wydajemy za pomocą dodatku do hodowli chemicznych związków (takich jak np. laktoza czy ramnoza), które zmieniają właściwości białek regulujących ekspresję genetyczną w mikroorganizmach. W obecności tych substancji białka regulatorowe odłączają się od DNA mikroorganizmu (w szczególności zaś od DNA sztucznie wprowadzonego przez biologów molekularnych do zmodyfikowanej bakterii) i umożliwiają transkrypcję zakodowanej instrukcji produkcji pożądanego enzymu. Dzięki takim osiągnięciom genetycznie zmodyfikowane organizmy (czyli GMO) dostarczają nam m.in. tak zwanych rekombinowanych enzymów. Jest to sposób produkcji podpuszczki do produkcji serów (nie musimy więc zabijać jagniąt by ekstrahować enzym z ich żołądków), wytwarzania enzymów rozkładających skrobię do syropu glukozowego (soki słodkie nawet w zimie) czy produkujących lipazy usuwające tłuste plamy z pranej odzieży (tanie proszki zawierające enzymy pozwalają na pranie w niskiej temperaturze, co oszczędza prąd i chroni środowisko). Na marginesie należy wspomnieć, że te same metody inżynierii genetycznej służą do produkcji bardzo cennych leków, takich jak insulina ludzka, ludzki hormon wzrostu czy też innowacyjne leki przeciw chorobom autoimmunologicznym, takim jak choroba Leśniowskiego-Crohna, wrzodziejące zapalenie jelita grubego,

łuszczycy czy reumatoidalne zapalenie stawów [2]. Te biologiczne leki również zbudowane są z aminokwasów i wytwarzane są w zmodyfikowanych genetycznie komórkach eukariotycznych (tj. nie bakteryjnych – najczęściej w komórkach jajnika chomika chińskiego – CHO). Przeciwciała wytwarzane w GMO mają również zastosowanie w diagnostyce biomedycznej (jako molekularne czujniki wykrywają np. hCG w teście ciążowym), jak również jako sztuczne biokatalizatory, czyli rodzaj wytworzonych przez chemików enzymów [20]. Jak więc widać nie należy się ślepo obawiać GMO dla samej zasady – to, co modyfikowane genetycznie niejednokrotnie ratuje nasze życie i zdrowie, a przy tym wspiera ochronę środowiska.

Podsumowanie

Otoczający nas świat zmienia się czasem niepostrzeżenie. Jeszcze 20–30 lat temu enzymy wykorzystywali

tylko specjaliści w laboratoriach czy fabrykach farmaceutycznych. Dziś, czasem nieświadomie, wykorzystują je gospodynie domowe (lub samodzielnie robiący pranie mężczyźni) dolewając żelu do prania z formułą enzymatyczną usuwającą plamy z białek, tłuszczu i cukrów. Korzystają z nich piekarze, dodający enzymatycznych polepszaczy, które sprawiają, że chleb jest bardziej sprężysty i aromatyczny, czy kucharze, wykorzystujący enzymatyczne marynaty, by mięso nabrało odpowiedniej miękkości i delikatności. Stosuje się enzymatyczne preparaty proteolityczne, by sklarować piwo produkowane w lokalnym mikro-browarze. No i oczywiście każdy z nas, w każdej sekundzie naszego istnienia, wykorzystuje tysiące enzymów – po to, by po prostu żyć.

Bibliografia

1. Arrhenius, S, Über die Dissociationswärme und den Einfluss der Temperatur auf den Dissociationsgrad der Elektrolyte. In *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 1889; Vol. 4, p 96.
2. Brekke, OH; Sandlie, I. (2003). Therapeutic antibodies for human diseases at the dawn of the twenty-first century. *Nat. Rev. Drug Discov.* 2: 52–62.
3. Chiang, YR; Ismail, W; Gallien, S; Heintz, D; Van Dorsselaer, A; Fuchs, G. (2008). Cholest-4-En-3-one-Delta(1)-dehydrogenase, a flavoprotein catalyzing the second step in anoxic cholesterol metabolism. *Appl. Environ. Microbiol.* 74: 107–113.
4. Glasstone, SLKJEH, *The Theory of Rate Processes The Kinetics of Chemical Reactions, Viscosity, Diffusion and Electrochemical Phenomena*. McGraw-Hill Book Company: New York, N.Y., 1941.
5. Herriott, RM. (1938). Kinetics of the Formation of Pepsin from Swine Pepsinogen and Identification of an Intermediate Compound. *J. Gen. Physiol.* 22: 65–78.
6. Hoffken, HW; Duong, M; Friedrich, T; Breuer, M; Hauer, B; Reinhardt, R; Rabus, R; Heider, J. (2006). Crystal structure and enzyme kinetics of the (S)-specific 1-phenylethanol dehydrogenase of the denitrifying bacterium strain EbN1. *Biochemistry* 45: 82–93.
7. Izake, EL. (2007). Chiral discrimination and enantioselective analysis of drugs: an overview. *J. Pharm. Sci.* 96: 1659–76.
8. Johnson, KA; Goody, RS. (2011). The Original Michaelis Constant: Translation of the 1913 Michaelis–Menten Paper. *Biochemistry* 50: 8264–8269.
9. Koshland, DE; Némethy, G; Filmer, D. (1966). Comparison of Experimental Binding Data and Theoretical Models in Proteins Containing Subunits*. *Biochemistry* 5: 365–385.
10. Li, Q; Mu, Z; Zhao, R; Dahal, G; Viola, RE; Liu, T; Jin, Q; Cui, S. (2016). Structural Insights into the Tetrameric State of Aspartate-β-semialdehyde Dehydrogenases from Fungal Species. *Scientific Reports* 6: 21067.
11. Lutz, S. (2010). Beyond directed evolution—semi-rational protein engineering and design. *Curr. Opin. Biotechnol.* 21: 734–743.
12. Monod, J; Wyman, J; Changeux, JP. (1965). On the Nature of Allosteric Transitions: A Plausible Model. *J. Mol. Biol.* 12: 88–118.
13. Moult, J; Pedersen, JT; Judson, R; Fidelis, K. (1995). A large-scale experiment to assess protein structure

- prediction methods. *Proteins: Struct. Funct. Bioinform.* 23: ii–v.
14. Nguyen, LA; He, H; Pham-Huy, C. (2006). Chiral drugs: an overview. *Int. J. Biomed. Sci.* 2: 85–100.
 15. Pauling, L. (1948). Chemical achievement and hope for the future. *Am. Sci.* 36: 51–8.
 16. Rohman, A; van Oosterwijk, N; Thunnissen, A-MWH; Dijkstra, BW. (2013). Crystal Structure and Site-directed Mutagenesis of 3-Ketosteroid $\Delta 1$ -Dehydrogenase from *Rhodococcus erythropolis* SQ1 Explain Its Catalytic Mechanism. *J. Biol. Chem.* 288: 35559–35568.
 17. Romero, P; Wagg, J; Green, ML; Kaiser, D; Krummenacker, M; Karp, PD. (2004). Computational prediction of human metabolic pathways from the complete human genome. *Genome Biology* 6: R2.
 18. Rugor, A; Wójcik-Augustyn, A; Niedzialkowska, E; Mordalski, S; Staroń, J; Bojarski, A; Szaleniec, M. (2017). Reaction mechanism of sterol hydroxylation by steroid C25 dehydrogenase – Homology model, reactivity and isoenzymatic diversity. *J. Inorg. Biochem.* 173 28–43
 19. Stemmer, WPC. (1994). Rapid evolution of a protein in vitro by DNA shuffling. *Nature* 370: 389–391.
 20. Wentworth, P; Janda, KD. (2001). Catalytic antibodies. *Cell. Biochem. Biophys.* 35: 63–87.

Maciej Szaleniec, Agnieszka Rugor, Instytut Katalizy Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera, Polskiej Akademii Nauk.
E-mail: ncszalen@cyfronet.pl

KURKUMA – ROŚLINNE PANACEUM

Joanna M. Wierońska (Kraków)

Streszczenie

Kurkuma jest rośliną występującą dziko w krajach tropikalnych. Jest wykorzystywana jako przyprawa oraz jako barwnik spożywczy. Czynniki biologicznie aktywnymi, którym kurkuma zawdzięcza swoje niezwykle właściwości i kolor, są kurkuminoidy. Jest to grupa substancji, do których zaliczamy kurkuminę, demetoksykurkuminę oraz bis-demetoksykurkuminę. Dominującą procentowo jest kurkumina i jest ona też uznana za najcenniejszą spośród wszystkich kurkuminoidów. Substancje te wykazują działanie pleiotropowe, czyli mają zdolność do wielokierunkowego działania na organizm. Do najważniejszych prozdrowotnych działań obserwowanych po podaniach kurkuminoidów zaliczamy działanie przeciwzapalne, przeciwnowotworowe i antyoksydacyjne. Wykazano również skuteczność kurkuminoidów w leczeniu zaburzeń metabolicznych, a także zaburzeń ze strony ośrodkowego układu nerwowego. Pozytywne rezultaty widoczne były zwłaszcza w modelach chorób neurodegeneracyjnych, jak np. choroby Alzheimera lub Parkinsona, jednakże odnotowywano także pozytywne działanie u pacjentów z depresją.

Ograniczeniem w stosowaniu kurkuminy jest przede wszystkim niska biodostępność kurkuminoidów oraz słaba rozpuszczalność w wodzie. Jednakże jest to substancja dość dobrze tolerowana i nie zaobserwowano poważnych skutków niepożądanych po podaniach doustnych.

Abstract

Turmeric is a wild plant found in tropical countries. It is known as popular spice and also as a natural yellow pigment. The biologically active agents that turmeric owes its unusual properties and color are curcuminoids. This is a group of substances that include curcumin, demethoxycurcumin and bis-demethoxycurcumin. Curcumin is the most abundant and is considered to be the most valuable of all curcuminoids. These substances have pleiotropic effects, it means they have the capacity for multidirectional action in the body. The most important health effects observed after administration of curcuminoids are anti-inflammatory, anti-cancer and antioxidant effects. Curcuminoids have also been shown to be effective in the treatment of metabolic disorders as well as disorders of the central nervous system. Positive results were evident especially in models of neurodegenerative diseases such as Alzheimer's or Parkinson's disease, but positive effects have also been reported for patients with depression. The limitation of the use of curcuminoids is primarily its low bioavailability and water solubility. However, the substances are well tolerated and no serious adverse effects have been observed after their oral administration.

Wstęp

Substancje lecznicze uzyskiwane z roślin od zarania stanowiły podstawowe źródło substancji terapeutycznych. Dopiero nie tak dawny rozwój chemii oraz przemysłu farmaceutycznego umożliwił korzystanie z gotowych, często syntetycznych produktów. Jednakże nasi przodkowie musieli się zadowalać tym, co dała im natura.

W obecnych czasach, pomimo ogromnego rozwoju przemysłu farmaceutycznego, naturalne środki i substancje lecznicze wciąż cieszą się dużą popularnością. Produkty ziołolecznictwa są bardzo często stosowane jako ostatnia deska ratunku nawet w ciężkich stanach chorobowych, niejednokrotnie przyczyniając się do wygranej walki z chorobą. Dlatego też substancje aktywne pochodzenia roślinnego były, są i będą przedmiotem zainteresowania znacznej części społeczeństwa. Bazuje na tym przemysł farmaceutyczny, często starając się wyizolować substancje czynne z roślin, a następnie stosować pojedyncze jednorodne związki lub też syntetyczne analogii. W wielu przypadkach okazuje się, że taka manipulacja obniża potencjał leczniczy tych substancji.

Spośród niezliczonej ilości roślin o potencjale leczniczym na uwagę zasługuje niewątpliwie popularna również w naszym kraju kurkuma. Jest to powszechnie stosowana przyprawa, nadająca potrawom charakterystyczny smak i pomarańczowy kolor. Powstało co najmniej kilka tysięcy doniesień naukowych dotyczących leczniczych właściwości kurkumy.

Właściwości lecznicze i prozdrowotne kurkumy swoje źródło mają w medycynie bliskowschodniej, a ściślej w indyjskiej ajurwerdzie. Jednym z bardziej prozdrowotnych i wzmacniających napojów na bazie kurkumy jest tak zwane „złote mleko”. Jest to napój, do wykonania którego potrzeba dwóch składników: pasty z kurkumy oraz mleka roślinnego (najlepiej kokosowe). Przepis na poniższe mleko podaję na końcu artykułu.

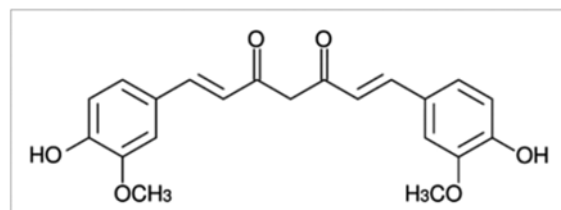
Kurkuma jest kłączem rośliny z rodziny imbirowatych (Ryc. 1) o nazwie ostrzyż długi (*Curcuma longa* L.) (kurkuma, szafran indyjski). Jest uprawiana głównie w Bengalu, Chinach, Tajwanie, na Sri Lance, Jawie, w Peru, Australii i zachodnich Indiach. Substancjami biologicznie aktywnymi występującymi w kłączu i jednocześnie nadającymi mu charakterystyczny, pomarańczowy kolor są kurkuminoidy. Występują trzy rodzaje kurkuminoidów: ok. 77% wszystkich kurkuminoidów stanowi kurkumina (Kur I), 17% to demetoksykurkumina (Kur II) oraz 3% to bis-demetoksykurkumina (Kur III).

Curcuma longa jest podstawowym źródłem kurkuminoidów, jednakże wykazano, iż mniejsze ich ilości mogą występować w korzeniach innych bylin należących do tej rodziny, jak na przykład *C. aromatica*, *C. mangga*.

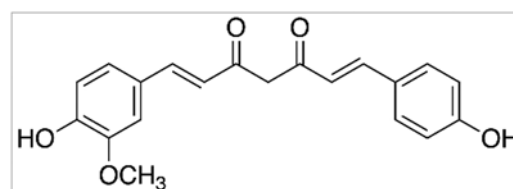


Ryc. 1. Kłącze *Curcuma longa* L

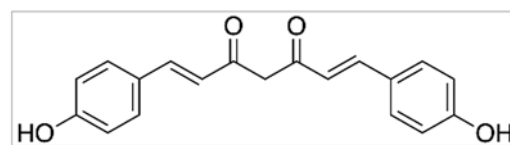
Kurkumina jest cząsteczką zaliczaną do związków fenolowych, która może występować w dwóch różnych formach zawierających tę samą liczbę tych samych atomów w cząsteczce, ale inaczej z sobą połączonych (tzw. tautomery). Tautomery kurkumin występują w formie keto-enolowej (Ryc. 3).



Kurkumina



Demetoksykurkumina

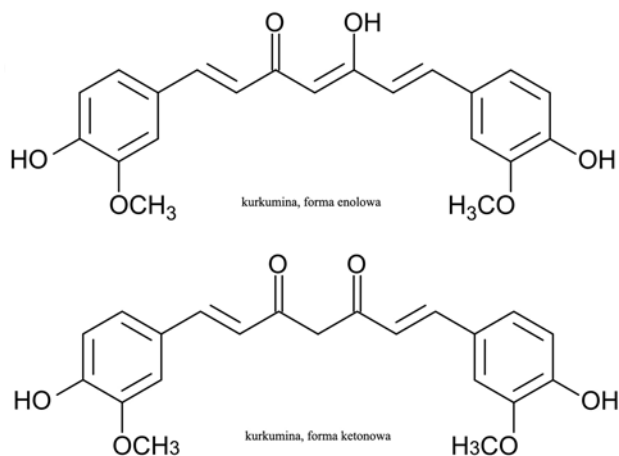


Bis-demetoksykurkumina

Ryc. 2. Struktura chemiczna kurkuminy oraz jej pochodnych.

Wieloletnie badania naukowe na temat właściwości kurkuminoidów wykazały, iż substancje te mają między innymi właściwości przeciwutleniające, przeciwzapalne, przeciwnowotworowe. Ponadto mogą hamować rozprzestrzenianie się pasożytów, bakterii oraz grzybów chorobotwórczych. Badania ostatnich lat wykazały również ich skuteczność w kontekście

chorób ośrodkowego układu nerwowego. Poniżej przedstawiony zostanie krótki przekrój najważniejszych badań opisujących potencjał terapeutyczny kurkuminoidów. Jednakże zaznaczyć należy, iż przeciwpalna aktywność kurkumy i kurkuminoidów stanowi w dużej mierze podstawę ich aktywności w kierunku innych chorób. Dlatego też, aby lepiej zrozumieć mechanizm terapeutycznego działania kurkuminoidów, poniżej zostanie przytoczony dokładniejszy opis przebiegu procesu zapalnego.



Ryc. 3. Struktura chemiczna dwóch form tautomerycznych kurkuminy.

Ogólnie rzecz ujmując zapalenie jest wieloetapowym i dość skomplikowanym procesem zachodzącym w organizmie, a jego rolą jest usunięcie czynnika chorobotwórczego i powrót tkanki do stanu fizjologicznego. Stan zapalny indukowany może być przez niezliczoną ilość czynników zewnętrznych i wewnętrznych (mogą to być organizmy chorobotwórcze bądź uszkodzenia tkanek pod wpływem urazów), które aktywują reakcję zapalną organizmu. Prawdłowo przebiegający proces zapalny jest procesem wieloetapowym i bardzo precyzyjnym, w którym biorą udział komórki immunologiczne, naczynia krwionośne oraz mechanizmy na poziomie molekularnym. To wszystko ma na celu indukowanie migracji leukocytów w miejsce zapalenia i eliminowanie patogenu [4, 19].

W pierwszym etapie zakażenia komórki immunologiczne rozpoznają antygen, pod wpływem którego zostają aktywowane i dochodzi do wydzielania mediatorów reakcji zapalnej. W wyniku tego następuje rozszerzenie naczyń krwionośnych, zaczerwienienie tkanki, często podwyższona temperatura, nierzadko reakcja bólowa. Ułatwia to migrację neutrofilii i makrofagów do miejsca zapalenia. Komórki te wydzielają cały szereg substancji: aminy wazoaktywne (histamina i serotonina), eikosanoidy (prostaglandyna E₂ oraz leukotrieny), tlenek azotu. W dalszej kolejności aktywowane są leukocyty, które wydzielają

swoiste dla siebie czynniki zapalne. U każdego zdrowego człowieka procesy zapalne zachodzące prawidłowo eliminują czynniki chorobotwórcze z organizmu. Są jednakże sytuacje, w których proces zapalny przechodzi w fazę przewlekłą. Może to wynikać na przykład z niemożności usunięcia patogenu. W sytuacji przewlekłego zapalenia główną rolę w reakcji zapalnej przejmują monocyty i limfocyty.

W procesie zapalnym aktywowanych jest również szereg białek biorących udział w gojeniu się ran, apoptozie, proliferacji komórek. Do najważniejszych należy rodzina metaloproteinaz (MMP1-9), zależnych od cynku enzymów proteolitycznych, należących do endopeptydaz, których podstawową funkcją jest udział w fizjologicznych i patologicznych procesach przebudowy składników macierzy pozakomórkowej i ich degradowanie. Ważnym czynnikiem biorącym udział w regulacji procesu zapalnego jest również NF-κB. Jest to czynnik transkrypcyjny regulujący transkrypcję DNA komórki, produkcję cytokin oraz jej przeżywalność. Odgrywa kluczową rolę w reakcji organizmu na stres, zapalenie, w procesach pamięci oraz neurodegeneracji. Zaburzenia w regulacji NF-κB są powiązane z nowotworami, zapaleniami oraz chorobami autoimmunologicznymi, wstrząsem septycznym, zakażeniami wirusowymi oraz niewłaściwym rozwojem układu odpornościowego.

Przewlekła reakcja zapalna oraz ciągłe stymulowanie produkcji czynników prozapalnych może zapoczątkować rozwinięcie się szeregu chorób autoimmunologicznych i przewlekłych, których leczenie zwykle nie należy do łatwych. Mechanizm przeciwpalnego działania kurkumin opiera się między innymi na hamowaniu wytwarzania syntazy tlenu azotu, aktywności cyklooksygenazy 2 (COX-2), hamowaniu produkcji cytokin prozapalnych, takich jak interleukiny (IL-1, IL-6, IL-8, IL-12), interferonu γ (IFN γ), czynnika wzrostu nowotworów (TNFα), hamowanie jądrowego czynnika transkrypcyjnego κB (NF-κB) lub też wewnątrzkomórkowych białek sygnalizacyjnych (np. kinazy białkowe). Regulują też aktywność metaloproteinaz wielu innych białek wchodzących w reakcję zapalną [2].

Lecnicze działanie kurkuminoidów w wybranych schorzeniach o podłożu zapalnym

Typowymi przykładami chorób o podłożu zapalnym są: alergie, zapalenie kości i stawów, reumatoidalne zapalenie stawów, niektóre schorzenia układu pokarmowego.

Reumatoidalne zapalenie stawów oraz zapalenie stawów i mięśni to choroby przewlekłe, dotyczące

głównie osoby w wieku podeszłym. Cechami charakterystycznymi tych schorzeń są przede wszystkim utrata tkanki chrzęstnej, przebudowa kości, przerost tkanki kostnej. Zmiany te powstają w wyniku zaburzonych procesów naprawczych tkanki chrzęstnej. Głównymi objawami zapalenia stawów i mięśni są bóle w okolicy stawów, zaburzone procesy ruchu, trzeszczenie, wybroczyny i lokalny stan zapalny. Przyczyną powstawania choroby może być na przykład przeciążenie stawów lub uraz, w wyniku czego dochodzi do przewlekłego zapalenia. Toczący się proces zapalny doprowadza do destrukcji zdrowych tkanek.

Wykazano, iż pacjenci cierpiący na zapalenie kości i stawów mają wyższy poziom niektórych czynników zapalnych w tkance maziowej, jak na przykład $\text{TNF}\alpha$, interleukina 1 beta ($\text{IL-1}\beta$), $\text{NF}\kappa\beta$ oraz cyklooksigenazy 3 (COX-3), metaloproteinazy 1 i 3. Indukuje to chondrolizę (destrukcję komórek chrzęstnych) oraz niszczenie substancji zewnątrzkomórkowej. Typowymi lekami stosowanymi w leczeniu zapalenia stawów i mięśni są niesteroidowe leki przeciwzapalne lub glukozamidy.

Wykonano około 15 badań klinicznych dotyczących roli kurkuminoidów w leczeniu zapalenia kości i stawów. W badaniach podawano ekstrakty z korzeni *Curcuma longa* i wyizolowane kurkuminoidy, a także kurkuminoidy z nośnikami poprawiającymi ich biodostępność (szerzej opisane na końcu artykułu). Wykazano, iż podanie mikstury wyciągów z różnych kłączy przez 3 miesiące dawało pozytywne rezultaty, jeżeli chodzi o zmniejszenie wrażliwości na ból podczas ruchu, ilość wybroczyn oraz ogólną wrażliwość stawów. Ogółem liczba pacjentów skarżących się na ból stawów zmalała po podaniach ekstraktów z kłączy kurkumy. Wykazano też, iż podanie kurkuminoidów w połączeniu z glukozamidami, tradycyjną farmakoterapią zapalenia stawów, znacznie zwiększało efektywność leczenia, w większym stopniu eliminując ból, ilości wybroczyn, wrażliwości stawów oraz możliwość wykonywania ruchów, niż w grupie otrzymującej tylko glukozamidy. Natomiast podania ekstraktów z *Curcuma longa* wykazało zdolność zahamowania syntezy COX-2 w płynie maziowym u pacjentów z zapaleniem stawów.

Badania nad mechanizmami leczniczego działania kurkumy w zapaleniu kości i stawów wykazały, iż kurkuminoidy zapobiegały zgubnym skutkom działania $\text{IL-1}\beta$, która wydzielana w stanie zapalnym powoduje zahamowanie proliferacji chondrocytów oraz indukuje ich apoptozę. Kurkuminoidy obniżały poziom kaspazy 3, enzymu degradującego białka komórkowe, a także zwiększały ilość czynników zapobiegających śmierci komórki, takich jak Bcl-2,

Bcl-xL. Obniżeniu ulegał także poziom czynników zapalnych, takich jak metaloproteinazy MMP-3 i MMP-9, COX-2 , prostaglandyny E2.

Innym typem chorób o podłożu zapalnym, w leczeniu których sprawdzane były właściwości kurkumy, były zaburzenia żołądkowo-jelitowe. Wykazano, iż suplementacja kurkumą przynosiła pozytywne efekty w takich schorzeniach jak zapalna choroba jelit, niestrawność, zapalenie trzustki, oraz rak układu pokarmowego.

Zapalna choroba jelit to chroniczna postępująca choroba autoimmunologiczna, której przyczyną jest przewlekły stan zapalny. Wyróżnia się dwa typy tego schorzenia: wrzodziejące zapalenie okrężnicy (UC) oraz choroba Crohna (CD). Objawami zapalenia okrężnicy są: bóle jelita, owrzodzenie błony śluzowej, krwawienie i biegunka, natomiast objawami choroby Crohna jest zapalenie całego przewodu pokarmowego, od jamy ustnej po sam odbył. W patogenie zaburzeń istotną rolę gra nierównowaga pomiędzy czynnikami zapalnymi i przeciwzapalnymi. W obu przypadkach mamy do czynienia z rozwojem odpowiedzi zapalnej na antygen bakteryjny. W zapaleniu okrężnicy obserwuje się głównie wzrost poziomu IL-5 , natomiast w chorobie Crohna wzrost poziomu $\text{IFN-}\gamma$, IL-12 oraz TNF . Lekami stosowanymi w tych chorobach są standardowe leki przeciwzapalne, kortykosteroidy oraz immunomodulatory.

Wykonano 5 prób klinicznych u pacjentów z objawami chronicznego zapalenia jelit. Podania kurkumy ogólnie przyczyniały się do cofania symptomów chorobowych pacjentów, w podobnym stopniu obserwowane u pacjentów z chorobą Crohna i z chronicznym zapaleniem jelit. Kurkuma podawana była również łącznie z konwencjonalnymi lekami, a jej stosowanie było bezpieczne i dobrze tolerowane. Nie obserwowano żadnych skutków niepożądanych [19].

Innym częstym schorzeniem układu pokarmowego o podłożu zapalnym jest zakażenie wywołane bakteriami *Helicobacter pylori*. Wykazano, iż kurkuminoidy hamowały wzrost bakterii *in vitro*. Wykazano także, iż suplementacja kurkumą zapobiegała skutkom zapalenia wywołanym *H. pylori* w modelu mysim tej choroby. Badania kliniczne okazały się jednakże rozczarowujące, jako iż tylko u 3 spośród 25 pacjentów otrzymujących kurkumę zaobserwowano wyeliminowanie bakterii *H. pylori*. W innych badaniach klinicznych również nie wykazano zmian w poziomie produkcji czynników prozapalnych u pacjentów z zakażeniem *H. pylori* [18].

Lecnicze działanie kurkuminoidów w wybranych schorzeniach metabolicznych

Jedną z najczęstszych chorób metabolicznych jest cukrzyca. Choroba charakteryzuje się hiperglikemią (podwyższonym poziomem glukozy we krwi) wynikającą z defektu produkcji lub działania insuliny wydzielanej przez komórki beta trzustki. Przewlekła hiperglikemia wiąże się z zaburzeniem czynności i niewydolnością różnych narządów.

Kurkuma i kurkuminoidy były szeroko badane zarówno w eksperymentalnych zwierzęcych modelach cukrzycy, jak i w kilku próbach klinicznych z udziałem pacjentów. W trakcie badań wykazano, iż długotrwałe (kilka tygodni) przyjmowanie kurkumy w dużych dawkach (ok. 100 mg/kg) zapobiegało nadmiernemu przyrostowi tkanki tłuszczowej, obniżało poziom glukozy oraz hemoglobiny we krwi pacjentów oraz zwierząt eksperymentalnych. Zaznaczyć należy, iż poziom tzw. hemoglobiny glikolowanej (HbA1c) jest ważniejszym wskaźnikiem glikemii niż poziom cukru, gdyż pozwala określić, czy utrzymywany był prawidłowy poziom glukozy w krwi chorego w ciągu ostatnich 10-12 tygodni. Podwyższone poziomy hemoglobiny glikolowanej świadczą o złym wyrównaniu cukrzycy, a to zwiększa ryzyko pojawienia się powikłań pocukrzycowych. Im stężenie hemoglobiny glikolowanej jest wyższe, tym ryzyko rozwoju tych powikłań jest większe.

Dodatkowo zaobserwowano, iż kurkuminoidy (lub kurkuma) zapobiegały odkładaniu się „złego” cholesterolu, regulowały funkcje adipocytów (komórki tuczne), zapobiegały neuropatii cukrzycowej oraz zaburzeniom pracy nerek obserwowanych często u pacjentów cukrzycowych. Nie we wszystkich eksperymentach podawanie kurkuminoidów wykazało pozytywne rezultaty. W niektórych modelach zwierzęcych cukrzycy nie zaobserwowano wpływu przyjmowania kurkumy na poziom glukozy, insuliny lub też trójcyloglicerydów [20].

Lecnicze działanie kurkuminoidów w chorobach nowotworowych

Terapia antynowotworowa jest przedmiotem wielu badań na całym świecie, przede wszystkim za względu na dużą śmiertelność będącą wynikiem choroby, jak i coraz częstszym występowaniem nowotworów u młodych ludzi. Aktywność przeciwnowotworowa kurkuminoidów jest bardzo dobrze udokumentowana. W badaniach *in vitro* oraz w badaniach *in vivo* (na zwierzętach) wykazano, iż kurkuminoidy hamują czynniki odpowiedzialne za proliferację, migrację

oraz zjadliwość komórek nowotworowych, aktywują także szlaki apoptozy, czyli programowanej śmierci komórek.

Najbardziej charakterystycznymi cechami komórek nowotworowych, które decydują o ich zjadliwości, jest zdolność do szybkiej i nieograniczonej proliferacji (namnażania się) poprzez podwyższone aktywność enzymu telomerazy, co umożliwia ominięcie fizjologicznego limitu ilości podziałów jednej komórki. Komórki nowotworowe charakteryzuje też zdolność do migracji (co sprzyja powstawaniu przerzutów) oraz do unikania apoptozy, czyli programowanej śmierci komórki. Zatem substancje o właściwościach przeciwnowotworowych powinny mieć zdolność ograniczenia przynajmniej jednego z czynników promujących rozwój nowotworów. Liczne badania wykazały, iż substancje te modulują mechanizmy odpowiedzialne za poszczególne cechy zjadliwości nowotworów, w ten sposób ograniczając rozrost komórek nowotworowych.

W liniach komórek nowotworowych pochodzących z ludzkiego raka nosogardzieli, gardła, jelita grubego oraz glejaka wielopostaciowego wykazano, iż kurkuminy hamowały procesy proliferacyjne komórek nowotworowych oraz wywoływały apoptozę zależną od szlaku kaspazy 3 [7, 8, 11]. Ponadto w hodowlach komórkowych glejaka ludzkiego (U87) wykazano, iż kurkuminy aktywowały również szlak antyapoptotyczny zależny od Bcl-2, przy czym najbardziej efektywna była kurkumina 2 (demetoksykurkumina) [13].

W innych badaniach wykazano, iż kurkuminoidy nie tylko wpływają na zdolność do namnażania się komórek nowotworowych, ale mogą także wpływać ujemnie na zdolność ich migracji i inwazji na sąsiednie tkanki poprzez regulowanie szlaków ważnych w tych procesach, m. in. metaloproteinaz (MMP) oraz aktywatora urokinazy plazminogenu (uPA). Urokinaza plazminogenu katalizuje przemianę plazminogenu w plazminę, która podobnie jak metaloproteinazy bierze udział w degradowaniu macierzy pozakomórkowej. Kurkuminoidy obniżały poziom uPA, aktywnej MMP-2, oraz MMP-9 w komórkach ludzkiej fibrosarcomy, przy czym dla demetoksykurkuminy i bis-demetoksykurkuminy efekt ten był najsilniejszy. Ponadto oba związki poprzez obniżanie poziomu aktywności enzymów odpowiedzialnych za degradację substancji zewnątrzkomórkowej obniżały ich zdolność do łączenia się z macierzą zewnątrzkomórkową [2].

Jedną z cech komórek nowotworowych jest wytwarzanie mechanizmów opornościowych na terapię, co czyni niektóre z bardziej zjadliwych nowotworów niewrażliwymi na chemioterapeutyki. Są to na przykład

zwiększona ekspresja pompy glikoproteinowej oraz aktywacja białek oporności na leki (MRP1). Wykazano, iż suplementacja kurkuminoidami może wspomóc chemioterapię poprzez osłabianie mechanizmów opornościowych komórek nowotworowych. W tych badaniach najaktywniejsza była pierwsza forma kurkuminoidów, kurkumina 1 [3].

Badania *in vivo* są drugim etapem sprawdzania aktywności biologicznej substancji, zanim wejdą one do badań klinicznych. Aktywność przeciwnowotworowa kurkuminy została sprawdzona na kilku modelach eksperymentalnych raka u myszy. Badania zostały wykonane zarówno z udziałem naturalnych kurkuminoidów, jak i tych syntetycznych. Związki przebadano m. in. w modelu nowotworu wywołanego wirusem brodawczaka, w eksperymentalnym raku skóry, żołądka, dwunastnicy oraz jelita grubego. Kurkuminoidy naturalne wykazywały aktywność przeciwnowotworową wobec wszystkich wymienionych typów nowotworów, przy czym najaktywniejsza okazała się kurkumina 3 [1, 8]. Spośród pięciu przebadanych syntetycznych kurkuminoidów największą aktywność antynowotworową wykazywał salicylokurkuminoid [1, 10]. Wykazano też, iż wzbogacenie cząsteczek kurkuminy w jony miedzi znacznie zwiększało zdolności antynowotworowe tych chelatów (czyli związków organicznych, które w swojej strukturze zawierają jon metalu, w tym przypadku kurkuminoidy z miedzią) [9].

W badaniach na zwierzętach nie wykazano aktywności przeciwnowotworowej w kierunku raka płuc i piersi [8].

Badania dotyczące aktywności przeciwnowotworowej kurkuminoidów zostały zwieńczone badaniami klinicznymi. Wykazano, iż podanie kurkuminoidów pacjentom cierpiącym na glejaka mózgu (w formie mikrokapsulek, w celu zwiększenia ich biodostępności) powodowało kumulację tych związków w tkance guza, tym samym prawdopodobnym jest, iż związki mogły wpływać na metabolizm komórek [6].

Mechanizm przeciwnowotworowego działania kurkuminoidów w dużej mierze angażuje te same procesy, które leżą u podstaw reakcji zapalnej. Najważniejszymi punktami uchwytu w walce z nowotworami są: hamowanie NF- κ B i COX-2 (często podwyższone w chorobie nowotworowej), hamowanie metabolizmu kwasu arachidonowego poprzez lipooksygenazy oraz wychwyt wolnych rodników, hamowanie ekspresji cytokin zapalnych, hamowanie enzymów odpowiedzialnych za proliferację komórek (kinaza białkowa C).

Lecnicze działanie kurkuminoidów w chorobach ośrodkowego układu nerwowego

Leczenie schorzeń centralnego układu nerwowego jest bardziej skomplikowane niż leczenie schorzeń obwodowych, przede wszystkim ze względu na konieczność pokonania przez związki bariery krew-mózg.

Ze względu na potencjał antyoksydacyjny, przeciwzapalny oraz zdolność do tworzenia chelatów, kurkuminoidy mają duży potencjał w leczeniu chorób neurodegeneracyjnych. Potencjał ten wykazano w dość licznych badaniach na zwierzętach i z udziałem pacjentów. Poniżej krótki, syntetyczny opis najbardziej udokumentowanych mechanizmów działania kurkuminoidów.

Choroba Alzheimera

Jedną z najbardziej powszechnych chorób neurodegeneracyjnych jest choroba Alzheimera. Jedną z cech charakterystycznych tej choroby jest nadmierna akumulacja w przestrzeniach zewnątrzkomórkowych białka beta amyloidu (A β) oraz wewnątrzkomórkowa akumulacja nadmiernie ufosforylowanych form białek tau, tworzących sploty neurofibrylarne (NFT), w wyniku czego dochodzi do śmierci komórki. W patofizjologii choroby Alzheimera często mamy do czynienia z ekscytotoksycznością, zapaleniem komórek nerwowych czy też stresem oksydacyjnym. Wszystkie te czynniki przyczyniają się do śmierci komórek i procesu neurodegeneracyjnego. Typowymi objawami choroby Alzheimera są zaburzenia poznawcze, następnie stopniowo tracone są funkcje życiowe, co w końcu prowadzi do śmierci [5].

Badania dotyczące roli kurkuminy w chorobie Alzheimera są bardzo obiecujące. Szereg badań zostało wykonanych zarówno *in vitro*, jak i *in vivo* oraz z udziałem pacjentów. Wykazano, iż kurkuma może być wykorzystywana w celach diagnostycznych, jako że podania doustne lub dootrzewnowe kurkuminoidy wybarwiały blaszki A β , co można było obserwować za pomocą metod fluorescencyjnych zarówno u żywych myszy, jak i w badaniach post mortem ludzkich mózgów [5].

W badaniach *in vitro* wykazano, iż kurkuminoidy mają zdolność ograniczenia stopnia tworzenia się blaszek beta amyloidu, a także osłabiania neurotoksyczności oraz cytotoksyczności wywoływanej przez beta amyloid. Kurkuminoidy dawko-zależnie hamowały powstawanie włókien A β oraz ich agregacji, jak również wywoływały rozdzielenie się pre-agregatów. Wykazano, iż efekt ochronny na komórki zachodził poprzez zahamowanie aktywności kaspazy 3 oraz

ufosforylowanej formy kinazy białkowej B (fosfo-AKT), jak również poprzez zahamowanie reaktywnych cząsteczek tlenu. Wykazano także, iż kurkuminoide hamowały fosforylację białek tau. Dodatkowo wykazano, iż hamowały one produkcję czynników zapalnych wydzielanych przez astrocyty indukowane A β , takich jak cyklooksygenaza (COX 2), interleukiny (IL1 i IL6). W badaniach czynnościowych kurkuminoide zapobiegały zaburzeniom indukowanym przez A β , jak również zwiększały stopień fagocytozy A β przez makrofagi [5].

W licznych badaniach wykonanych *in vivo*, na myszach lub szczurach wykazano, iż kurkuminoide podawane doustnie przez 6 miesięcy hamują tworzenie się blaszek amyloidowych, zapoczątkowują ich rozpad oraz ograniczają rozprzestrzenianie się blaszek, które już powstały. Dodatkowo wykazano, iż podanie kurkumy odwracało deficyty poznawcze u zwierząt w testach na pamięć przestrzenną oraz na pamięć krótkotrwałą.

Choroba Parkinsona

Choroba Parkinsona, podobnie jak choroba Alzheimera, jest dość rozpowszechnioną chorobą neurodegeneracyjną. Jest to samoistna, powoli postępująca, zwyrodnieniowa choroba ośrodkowego układu nerwowego, należąca do chorób układu pozapiramidowego. Jednym z objawów choroby są zmiany zwyrodnieniowe komórek nerwowych dopaminergicznych (DA) w istocie czarnej oraz obecność tzw. ciał Lewy'ego w obszarach mózgu objętych chorobą. Danych dotyczących aktywności kurkuminoidów w kierunku leczenia choroby Parkinsona jest niewiele. Istnieją w zasadzie dwa opracowania, w których wykazano, iż suplementacja kurkuminoidami przez okres kilku tygodni zapobiegała neurodegeneracji neuronów DA wywołanej podaniem MPTP (tetrahydropirydyny) u myszy. Dodatkowo obserwowano, iż podania kurkuminoidów zapobiegały zaburzeniom lokomotorycznym indukowanym podaniem MPTP [16].

Proces zapalny a choroby neurodegeneracyjne

Trzeba nadmienić, iż procesy zapalne mogą zapoczątkowywać śmierć komórek nerwowych poprzez produkcję wolnych rodników lub tlenu azotu, a złoży białek patologicznych (np. amyloid) może być produkowany przez aktywowany mikroglej i astrocyty pod wpływem cytokin prozapalnych, takich jak TNF i interleukiny. Dlatego też hamowanie przez kurkuminoide czynników zapalnych może przyczynić się do osłabienia produkcji amyloidu (lub też innych białek patologicznych typowych dla innych chorób neurodegeneracyjnych). Zarówno w badaniach *in vitro*,

jak i *in vivo* wykazano, iż podanie kurkuminoidów obniżało poziom czynników zapalnych, tym samym przyczyniając się do zahamowania neurodegeneracji (np. w liniach komórkowych HT22 lub w hodowlach pierwotnych glejowo-neuronalnych, w których czynnikiem wywołującym neurotoksyczność był glutamian lub lipopolisacharyd).

Depresja

Oprócz chorób neurodegeneracyjnych, kurkuminoide zostały przebadane również w kontekście chorób psychicznych. Najwięcej badań dotyczy przeciwdepresyjnych właściwości tych substancji. Opisano trzy próby kliniczne, w których pacjentom podawano kurkuminoide jako suplementację lub też jako podstawową terapię. Wykazano, iż podania kurkuminoidów w dawkach ok. 500 mg/dzień wykazywało wyższą skuteczność niż placebo w odwracaniu obniżonego nastroju (skala IDS-SR30 lub Hamiltona) [12, 15]. W innym badaniu wykazano, iż dodanie kurkumin do standardowej antydepresyjnej terapii (1000 mg/dzień) przez 6 tygodni dawało lepsze rezultaty w somatycznych i kognitywnych zaburzeniach związanych z depresją (skala BDI-II) [17].

Ograniczenia w stosowaniu kurkumy

Kurkumina jest substancją dobrze tolerowaną oraz nietoksyczną, w związku z czym w zasadzie nie ma przeszkód do stosowania jej u pacjentów. Głównym ograniczeniem kurkuminoidów jest bardzo słaba ich biodostępność, głównie ze względu na niską rozpuszczalność w wodzie, niską stabilność w roztworze, szybki efekt pierwszego przejścia oraz metabolizm wątrobowy. Efekt pierwszego przejścia to nic innego, jak przetransportowanie substancji czynnych podanych doustnie do krwioobiegu przez układ krążenia wrotnego, co oznacza, iż cała wchłonięta dawka leku przechodzi najpierw przez wątrobę. W wątrobie leki są poddawane działaniu enzymów wątrobowych i metabolizowane. Im szybszy jest ten metabolizm, tym niższa biodostępność danego leku. Kurkuminoide są też stosunkowo szybko wydalane z organizmu, głównie z kałem. Szacuje się, że ok. 1% substancji czynnych przechodzi do krwioobiegu. Dlatego też podjęto szereg badań mających na celu zwiększenie biodostępności kurkuminy oraz jej rozpuszczalności. Jednym ze sposobów jest podgrzanie roztworu zawierającego kurkuminę. Jej biodostępność zwiększa się wtedy 12-krotnie. Udowodniono też, iż przyjmowanie kurkumy łącznie z tłuszczami, najlepiej kokosowym, lub też w towarzystwie pieprzu ułatwia jest przyswajanie przez organizm (pieprz

zawiera bioaktywny składnik piperynę, która wzmacnia wchłanianie kurkumin, tak jak np. w przyprawie curry). Innymi, bardziej profesjonalnymi sposobami polepszenia biodostępności kurkuminoidów są próby utworzenia kompleksów fosfolipidowych, polisacharydowych, liposomów, miceli oraz nanocząstek. Połączenie kurkuminoidów z polisacharydami (np. kwas hialuronowy, wodorochlorek chitozanu) znacznie ułatwiała penetrację przez barierę krew-mózg. Zsyntetyzowano też pięć analogów kurkuminy, 4,4'-di-*O*-(karboksymetylo)-kurkuminę, 4-*O*-(2-hydroksyetylo)-kurkuminę, 4,4'-di-*O*-allylo-kurkuminę, 4,4'-di-*O*-(acetylo)-kurkuminę oraz 3,3'-bisde-metylokurkuminę [14].

Nie ustalono precyzyjnie, jakie dawki kurkumy i kurkumonoidów są optymalne. Dopuszczalne dzienne spożycie w świetle zaleceń Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) wynosi 3 mg/kg masy ciała, co dla człowieka o przeciętnej masie ok. 70-80 kg stanowi ok 200-250 mg. Rozporządzenie polskiego ministra zdrowia z 2008 r. w wielu przypadkach nie nakładało ograniczeń ilościowych do stosowania kurkuminy jako dodatku do żywności. Osoby zdrowe, chcące przyjmować kurkumę jako substancję wzmacniającą organizm i ewentualnie jako profilaktykę prozdrowotną, nie mają potrzeby przekraczać tej dawki. Przyjmując kurkumę w celach terapeutycznych należy dawkę tę oczywiście znacznie zwiększyć, nawet do 1,5 grama dziennie (zaokrąglona łyżeczka do herbaty). Jednakże okres przyjmowania tej zwiększonej ilości przyprawy nie powinien być długi. Należy też pamiętać, iż kurkuma w dużych dawkach potencjalnie może wchodzić w interakcję z lekami. Kurkumy nie powinny przyjmować w nadmiernej ilości kobiety w ciąży, przyprawa może wywołać skurcze macicy, tym samym doprowadzić do poronienia.

W aptece można kupić gotowe wyciągi z korzenia kurkumy w formie tabletek. Takimi preparatami są np. Turmeric Curcumin lub Curcumin Complex (dostępnych jest dużo więcej). Opis stosowania oraz bezpieczeństwo stosowania opisane są na ulotce, w razie niejasności zawsze warto skonsultować się z lekarzem lub farmaceutą. Należy pamiętać, iż nawet najbardziej bezpieczne substancje w zbyt wysokim stężeniu mogą powodować niepożądane skutki uboczne, w tym śmierć. Jednakże stosowanie kurkumy w niewielkich ilościach w codziennej diecie, a nawet w wyższych stężeniach, jak na przykład w złotym mleku, nie przyniosły efektów negatywnych.

Możliwości włączenia kurkumy w codzienną dietę

Najczęściej kurkumę stosuje się jako przyprawę. Jest to najprawdopodobniej najbardziej optymalny sposób dostarczania jej do organizmu przez ludzi zdrowych. Można też komponować na bazie kurkumy różne napoje, najbardziej popularne jest tzw. „złote mleko” (przepis poniżej). Oprócz tego kurkumę można nakładać na skórę, dziąsła, rany, stosować jako pastę, okłady lub żel. Ze względu na swoje właściwości hamowania produkcji wolnych rodników, czynników zapalnych i generowania cząsteczek reaktywnego tlenu świetnie sprawdza się jako okład na rany, zaczerwienienia, oparzenia. Dodatkowo może być stosowana w celach kosmetycznych, gdyż może opóźniać procesy starzenia. Należy jednakże pamiętać, że dość silnie (choć nie trwale) barwi skórę na kolor pomarańczowy.

Najczęściej stosuje się kurkumę w proszku, jednakże na rynku można również dostać świeże korzenie rośliny.

Przepis na złote mleko

Łyżeczka pasty z kurkumy *

Pół łyżeczki oleju kokosowego

Szklanka mleka, najlepiej kokosowego (ewentualnie mleko zwierzęce)

Wszystko razem wymieszać, podgotować, jednakże nie doprowadzić do wrzenia. Pić najlepiej na czczo. Kurkuma ma działanie pobudzające, więc nie polecam picia przed snem.

*Pasta z kurkumy

2 łyżki kurkumy w proszku

Pół łyżeczki pieprzu czarnego

Pół łyżeczki imbiru

Dodać dwa razy tyle wody, ile jest suchych składników. Gotować ok. 8 minut, aż pasta stanie się gęsta. Przechowywać w słoiczku. Można dodawać też do innych dań, np. jogurtu.

Bibliografia

1. Anto R.J., George J., Babu K.V., Rajasekharan K.N., Kuttan R. (1996) Antimutagenic and anticarcinogenic activity of natural and synthetic curcuminoids. *Mutat Research*, 370(2):127-131.
2. Boonrao M., Yodkeeree S., Ampasavate C., Anuchapreeda S., Limtrakul P. (2010) The inhibitory effect of turmeric curcuminoids on matrix metalloproteinase-3 secretion in human invasive breast carcinoma cells. *Archives of Pharmacal Research*, 33(7):989-998.
3. Chearwae W., Anuchapreeda S., Nandigama K., Ambudkar S.V., Limtrakul P. (2004) Biochemical mechanism of modulation of human P-glycoprotein (ABCB1) by curcumin I, II, and III purified from Turmeric powder. *Biochemical Pharmacology*, 68(10):2043-2052.
4. Chin K.Y. (2016) The spice for joint inflammation: anti-inflammatory role of curcumin in treating osteoarthritis. *Drug Design, Development and Therapy*, 10:3029-3042.
5. Chin D., Huebbe P., Pallauf K., Rimbach G. (2013) Neuroprotective properties of curcumin in Alzheimer's disease--merits and limitations. *Current Medical Chemistry*, 20(32):3955-85.
6. Dützmann S., Schiborr C., Kocher A., Pilatus U., Hattingen E., Weissenberger J., Geßler F., Quick-Weller J., Franz K., Seifert V., Frank J., Senft C. (2016) Intratumoral Concentrations and Effects of Orally Administered Micellar Curcuminoids in Glioblastoma Patients. *Nutrition and Cancer*, 68(6):943-8.
7. Hsu Y.C., Weng H.C., Lin S., Chien Y.W. (2007) Curcuminoids-cellular uptake by human primary colon cancer cells as quantitated by a sensitive HPLC assay and its relation with the inhibition of proliferation and apoptosis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(20):8213-8222.
8. Huang T.Y., Tsai T.H., Hsu C.W., Hsu Y.C. (2010) Curcuminoids suppress the growth and induce apoptosis through caspase-3-dependent pathways in glioblastoma multiforme (GBM) 8401 cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(19):10639-45.
9. John V.D., Kuttan G., Krishnankutty K. (2002) Anti-tumour studies of metal chelates of synthetic curcuminoids. *Journal of Experimental and Clinical Cancer Research*, 21(2):219-24.
10. Leyon P.V., Kuttan G. (2003) Studies on the role of some synthetic curcuminoid derivatives in the inhibition of tumour specific angiogenesis. *J Exp Clin Cancer Res*. 22(1):77-83.
11. Lin Y.T., Wang L.F., Hsu Y.C. (2009) Curcuminoids suppress the growth of pharynx and nasopharyngeal carcinoma cells through induced apoptosis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(9):3765-70.
12. Lopresti A.L., Maes M., Maker G.L., Hood S.D. (2014). Drummond PD. Curcumin for the treatment of major depression: a randomised, double-blind, placebo controlled study. *Journal of Affective Disorders*, 167:368-75.
13. Luthra P.M., Lal N. (2016) Prospective of curcumin, a pleiotropic signalling molecule from *Curcuma longa* in the treatment of Glioblastoma. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 109:23-35.
14. Mahmood K., Zia K.M., Zuber M., Salman M., Anjum M.N. (2015) Recent developments in curcumin and curcumin based polymeric materials for biomedical applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 81:877-90.
15. Ng Q.X., Koh S.S., Chan H.W., Ho C.Y. (2017) Clinical Use of Curcumin in Depression: A Meta-Analysis. *Journal of American Medical Directors Association*, Feb 21.
16. Ojha R.P., Rastogi M., Devi B.P., Agrawal A., Dubey G.P. (2012) Neuroprotective effect of curcuminoids against inflammation-mediated dopaminergic neurodegeneration in the MPTP model of Parkinson's disease. *Journal of Neuroimmune Pharmacology*, 7(3):609-18.
17. Panahi Y., Badeli R., Karami G.R., Sahebkar A. (2015) Investigation of the efficacy of adjunctive therapy with bioavailability-boosted curcuminoids in major depressive disorder. *Phytotherapy Research*, 29(1):17-21.
18. Sarkar A., De R. (2016) Mukhopadhyay AK. Curcumin as a potential therapeutic candidate for *Helicobacter pylori* associated diseases. *World Journal of Gastroenterology*, 22(9):2736-48.
19. Vecchi Brumatti L., Marcuzzi A., Tricarico P.M., Zanin V., Girardelli M., Bianco A.M. (2014) Curcumin and inflammatory bowel disease: potential and limits of innovative treatments. *Molecules*, 19(12):21127-53.
20. Zhang D.W., Fu M., Gao S.H., Liu J.L. (2013) Curcumin and diabetes: a systematic review. *Evidence- Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013:636053.

ZRÓŻNICOWANIE PTASZNIKÓW (THERAPHOSIDAE), CZYLI GDZIE MIESZKAJĄ I JAK ŻYJĄ WŁOCHATE BESTIE POLUJĄCE NA PTAKI

Patryk Grabowski, Paweł Szymkowiak (Poznań)

Streszczenie

Zainteresowanie egzotycznymi gatunkami pajaków w naszym kraju rośnie. Niniejszy artykuł skupia się wokół zagadnień związanych z biologią, ekologią oraz zoogeografią popularnej grupy zwierząt hodowanych w terrariach, czyli ptaszników. Do tej pory opisano 1357 gatunków występujących na wszystkich kontynentach. Największą różnorodność gatunkową można spotkać na obszarach o klimacie tropikalnym i subtropikalnym. Ptaszniki różnią się znacznie ubarwieniem ciała, rozmiarami oraz siedliskiem życia. Ich pożywieniem są bezkręgowce, ale ofiarami tych pajaków padają również drobne kręgowce (gryzonie, ptaki, gady, płazy). W artykule opisano wybrane aspekty biologii ptaszników oraz przybliżone zostały najciekawsze gatunki występujące w Afryce, Europie, Ameryce Południowej oraz Południowej Azji.

Abstract

Interest in exotic species of spiders in our country is growing. This article focuses on issues of biology, ecology and zoogeography of popular groups of animals raised in terrariums that are tarantulas. So far, 1357 species have been described on all continents. The most varied species can be found in tropical and subtropical climates. Bird-spiders differ in coloration, size and habitat. Their food is invertebrates but the victims of these spiders are also small vertebrates (rodents, birds, reptiles, amphibians). The most interesting species from Africa, Europe, East Asia and Asia have been described in this article.

Czym ptaszniki wyróżniają się pośród innych pajaków?

Ptasznikami nazywamy pająki, które kojarzą się nam z wielkimi i krwiożerczymi bestiami, a w rzeczywistości są to piękne, imponujące zwierzęta, często o łagodnej naturze.

Pająki te należą do rodziny Theraphosidae, która wraz z innymi 14 rodzinami należy do infrarzędu Mygalomorphae [20], którego przedstawiciele różnią się od innych współcześnie występujących pajaków z infrarzędu Araneomorphae równoległym ułożeniem kolców jadowych, obecnością dwóch par płucotchawek i prostą budową kądziółków przednich [2], [10].

Są one odmiennie nazywane w różnych językach: vogelspinne (niem.), mygale (fr.), bird-spiders, tarantula babon spiders (ang.), hierba (mex.). Nazwa ptaszniki – pająki jedzące ptaki, została po raz pierwszy użyta w pracy “Metamorphosis insectorum

Surinamensium” w roku 1705 przez niemiecką biolog – Marię Sibillę Merian, która stworzyła rycinę przedstawiającą kolibra zjadanego przez dużego pajaka – ptasznika zwyczajnego (*Avicularia avicularia*) (Ryc. 1) [12].

Rozmiary tych zwierząt są bardzo zróżnicowane. Do grupy tej należy zarówno najmniejszy ptasznik mierzący ok. 5,5 cm – *Tmesiphantes mirim*, który został opisany w 2015 roku [5] oraz największy ptasznik – ptasznik goliat, ptasznik gigant (*Theraphosa blondi*), którego długość może dochodzić nawet do 30 cm. Ptaszniki występujące w Nowym Świecie posiadają włoski parzące (ang. *urticating hairs*), natomiast te, które występują w regionie afro-tropikalnym są ich pozbawione [1]. Charakteryzują się rozmieszczeniem pantropikalnym występując w regionach: orientalnym, indyjskim, australijskim, afro-tropikalnym oraz neo-tropikalnym (Południowa i Centralna Ameryka), ale największą różnorodność

gatunkową można spotkać na obszarach o klimacie tropikalnym i subtropikalnym (Ryc. 2) [11]. Pająki te zamieszkują naszą planetę, zasiedlając możliwie



Ryc. 1. Ilustracja przedstawiająca interakcje różnych grup bezkręgowców, w tym ptasznika – *Avicularia avicularia* ze schwytanym kolibrem (Merian 1705, tablica 18). Skan ilustracji pozyskany dzięki uprzejmości The Göttingen State and University Library (numer katalogowy: GR 2 ZOOL.Vf. 3904 RARA).



Ryc. 2. Omawiani w niniejszym artykule przedstawiciele ptaszników (Theraphosidae) występują na różnych kontynentach i na różnych szerokościach geograficznych na świecie. Mapa konturowa: <http://www.outline-world-map.com/>.

wszystkie naturalne środowiska – od terenów półpustynnych i pustynnych po wilgotne lasy równikowe, z wyłączeniem bagien i łąk zalewowych. Oczywiście dla nas są to zwierzęta egzotyczne, gdyż w naszym kraju ptaszników, poza tymi w hodowlach, nie spotkamy. Podstawowym pożywieniem tych pajaków są bezkręgowce, ale ofiarami ptaszników padają również drobne kręgowce (gryzonie, ptaki, gady, płazy) [4].

Jad ptaszników

Pomimo iż wszystkie gatunki pająków z rodziny Theraphosidae są jadowite, do tej pory nie odnotowano wśród ludzi śmiertelnego przypadku ukąszenia przez ptasznika. Jak dotąd skutki ukąszeń przedstawicieli wszystkich rodzajów nie są jeszcze dobrze znane.

Choć ukąszenia wielu gatunków nie stanowią większego bólu niż użądlenie przez osę, to w niektórych przypadkach skutkiem iniekcji jadu są silne skurcze mięśni, mogące trwać nawet kilka dni. Przykładem gatunku, którego jad daje się we znaki jest *Pelinobius muticus*, występujący w Afryce. Jad tego pajaka często wywołuje silne halucynacje połączone z bólem mięśni [22]. W przypadku popularnych w hodowli przedstawicieli z rodzaju *Poecilotheria*, naukowcy zbadali i opisali ponad 20 przypadków ukąszeń powodujących ciężkie i rozległe skurcze mięśni trwające nawet kilka dni. Jako antidotum w takiej sytuacji dobrze spisują się benzodiazepiny oraz magnez, skutecznie zwalczające dolegliwość [21]. Mając kontakt z ptasznikami należy pamiętać, iż każdy przypadek ukąszenia przez pajaka wymaga kontroli medycznej, gdyż u niektórych osób może wystąpić silna reakcja alergiczna, zagrażająca w skrajnych przypadkach życiu i zdrowiu.

Stopy a środowisko życia

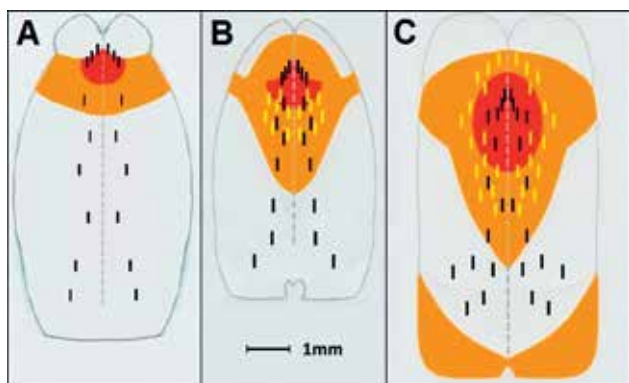
Ze względu na rozmieszczenie pionowe ptaszniki można umownie podzielić na trzy grupy: gatunki podziemne, naziemne oraz nadrzewne. Te ostatnie różnią się od gatunków naziemnych długością i wielkością odnóży (są dłuższe i mniej masywne) oraz smuklejszą sylwetką ciała. Dodatkowo można zauważyć różnice w budowie stóp tych pajaków. Gatunki nadrzewne posiadają szersze i bardziej prostokątne stopy, co daje im lepszą powierzchnię przylegania podczas ruchu po pionowej powierzchni. Z kolei gatunki naziemne mają stopy bardziej okrągłe, z mniejszą powierzchnią przylegania do podłoża, lecz są bardziej skuteczne podczas kopania w ziemi.

Wyniki badań, które prowadzimy, świetnie obrazują zróżnicowanie topografii powierzchni i uszczęcinienia stóp ptaszników żyjących w odmiennych środowiskach (Ryc. 3).

Ptaszniki podziemne i naziemne mają zbliżoną budowę odnóży. Najbardziej znaczącą różnicę można zaobserwować w budowie IV pary odnóży, która u gatunków podziemnych jest masywniejsza.

Zdolności akustyczne oraz rogi na głowotulowiu

Ptaszniki mają szczękoczułki zaopatrzone w gęste włosy (scopula) oraz/lub w organy strydulacyjne służące sygnalizacji akustycznej, używanej m.in. wtedy, gdy są zaniepokojone. Pocierają wtedy jednocześnie szczecinami umieszczonymi na nogogłaszczkach i szczękoczułkach wysyłając syczące dźwięki, podobne do tych, jakie wytwarzają węże. Przykładem wykorzystania w świecie ptaszników zjawiska strydulacji jest wydawanie dźwięków przez gatunki z rodzaju *Haplopelma*. Są to pająki żyjące pod ziemią,



Ryc. 3. Kształt, topografia powierzchni oraz rozmieszczenie szczecin na brzusznej stronie stóp pierwszej pary odnóży u *Brachypelma smithi* (A), *Pterinochilus murinus* (B), *Poecilotheria regalis* (C). Pola o kolorze białym, pomarańczowym i czerwonym pokrywające całą powierzchnię stóp są pokryte szczecinami pierzastymi odpowiadającymi za kontakt z podłożem i przyczepność. Pola o kolorze białym są najmniej wypukłe i tworzą podstawową powierzchnię stopy. Pola oznaczone kolorem pomarańczowym stanowią wybrzuszenia średniej wysokości, a kolorem czerwonym – powierzchnie położone najwyżej. Pionowe kreski przedstawiają położenie poszczególnych szczecin. Kreski czarne oznaczają długie szczeciny ponadpokrywowe (krótko owłosione), kreski żółte oznaczają krótkie szczeciny ponadpokrywowe (prążkowane). Ilustracja: Patryk Grabowski.

które licznie występują w południowo-wschodniej Azji. Osiągają spore rozmiary (nawet do 15 cm rozpiętości odnóży) [19]. Ciekawostką jest to, że ich IV para odnóży jest znacznie masywniejsza niż u innych ptaszników. Służy ona do kopania głębokich nor i skutecznego pozbywania się wykopanego materiału (Ryc. 4). Zdolnościami do „przygrywania” mogą pochwalić się również gatunki z rodzaju *Ceratogyrus* [17]. Posiadają one również rzadko spotykany w świecie pająków duży keratynowy wzgórek lub róg (!) (Ryc. 5) [3]. Znajduje się on na karapaksie, czyli na szczycie głowotulowia ptasznika. W zależności od gatunku róg ten może mieć różne rozmiary, a jego funkcją jest stabilizowanie mięśni i utrzymywanie innych narządów wewnętrznych w prawidłowym położeniu [8].

Ptaszniki afrykańskie

Pisząc o ptasznikach afrykańskich, należy przede wszystkim wspomnieć o pająkach z „flagowego”

rodzaju *Pterinochilus*. Należą do niego gatunki naziemne o bardzo agresywnym usposobieniu. Świetnym przykładem, odzwierciedlającym gorący tem-



Ryc. 4. Ptasznik – *Haplopelma lividum* charakteryzuje się umiejętnością strydulacji oraz posiada masywniejszą IV parę odnóży pozwalającą na wydajniejsze kopanie i usuwanie substratu z nory. Fot. Kamil Sosno.

perament tych pająków, jest ptasznik słoneczny (*Pterinochilus murinus*). W naturalnym środowisku występuje w Kenii oraz Tanzanii i preferuje suchy klimat [13]. Ptasznik słoneczny jest pająkiem, który początkującym hodowcom potrafi przysporzyć wiele



Ryc. 5. Pokrój ptasznika – *Ceratogyrus darlingi* posiadającego keratynowy róg na grzbietowej stronie głowotulowia. Fot. Michał Kula.

problemów. Z doświadczenia wiemy, że uchylenie pokrywki terrarium na kilka sekund może skończyć się spektakularną ucieczką pająka, którego później nie jest łatwo złapać. Gatunek ten zaciekle broni swej prywatności i jest w stanie kąsać wszystko, co pojawi się na jego drodze. Pająk ten jest interesujący nie tylko z powodu agresywnego temperamentu. Fascynujące są również jego formy barwne: TCF (Typical Colour Form), UMF (Usambara Mountain Vatiant), DCF (Dark Colour Form), RCF (Red Colour Form). Spotykane są różne warianty kolorystyczne o barwach przechodzących od koloru beżowego (TCF) aż do odmiany ognisto-czerwonej (RCF). Odmiana UMF występuje jedynie w Górach Usambara w Tanzanii i charakteryzuje się połączeniem barw TFC i RCF (Ryc. 6). Gatunki należące do tego rodzaju posiadają także zdolność strydulacji, co demonstrują w warunkach stresu [9].



Ryc. 6. Ptasznik słoneczny (*Pterinochilus murinus*) w odmianie barwnej usambara (UMF). Fot. Helena Marcolla.

Oprócz gatunków naziemnych z rodzaju *Ceratomyrus* i *Pterinochilus*, w Afryce możemy spotkać również ptaszniki podziemne i nadrzewne. Chociaż nie jest ich zbyt wiele, także i te są bardzo agresywne. Świetnym przykładem afrykańskich gatunków podziemnych jest rodzaj *Hysteroocrates*. Należą do niego duże pająki występujące głównie w Afryce Zachodniej. IV para odnóży u przedstawicieli tego rodzaju przekształcona jest w bardzo masywne odnóża grzebne, podobnie jak u gatunków z rodzaju *Haplopelma*. Prowadząc podziemny tryb życia zaciekle bronią swojej głębokiej nory podczas ataku intruza. Ich duża popularność wśród hodowców sprawiła, że powstało wiele hybryd poprzez nierozważne krzyżowanie osobników w niewoli (Ryc. 7). Jeżeli chodzi o ptaszniki nadrzewne, to pierwszoplanowymi są dwa rodzaje: *Heteroscodra* i *Stromatopelma*.

Ptasznik śnieżny (*Heteroscodra maculata*) (Ryc. 8) i ptasznik wiosłonogi (*Stromatopelma calceatum*) (Ryc. 9) są podobne do siebie nie tylko z wyglądu.

Oba gatunki dysponują bardzo silnym jadem i występują w podobnym środowisku. Są to ptaszniki nadrzewne i zamieszkują dziuple lub inne zaciemnione miejsca, które są dogodne do zbudowania gniazda [14], [15]. Pająki te polują głównie na owady, potrafią upolować także, co jest niezwykle pośród ptaszników, owady latające (!). A jak to robią? Otóż w spo-



Ryc. 7. *Hysteroocrates gigas*, którego hodowlane formy są często hybrydami, charakteryzuje się masywniejszymi odnóżami IV pary. Fot. Adam Staranowicz



Ryc. 8. Ptasznik śnieżny (*Heteroscodra maculata*) świetnie porusza się po korze drzew. Fot. Michał Kula.

sób bardzo spektakularny, poprzez skok i schwytywanie ofiary w powietrzu, ale na tym nie koniec. Niektóre ptaszniki, w tym ptasznik wiosłonogi, mają zdolność do lotu ślizgowego, czyli skoku, który polega na takim ułożeniu ciała, aby lecący osobnik mógł bezpiecznie poszybować w dół, przemieszczając się na pewną odległość. Oba gatunki można śmiało uznać za bardzo agresywne i szybkie, które z pewnością nie powinny znaleźć się w terrarium początkującego

hodowcy. Ptasznika wiosłonogiego można spotkać w Sierra Leone, a ptasznik śnieżny występuje w lasach Togo i Kamerunu.



Ryc. 9. Ptasznik wiosłonogi (*Stromatopelma calceatum*) tworzy gniazda w koronach drzew lasów tropikalnych. Fot. Michał Kula.

Ptaszniki europejskie

Nie sposób nie wspomnieć w tym artykule o ptasznikach europejskich. O ile dla mieszkańców naszego kraju są to zwierzęta egzotyczne, o tyle dla Europejczyków z południa kontynentu pająki te nie są obce.

Gatunkiem, który występuje na terenach Cypru i Turcji jest *Chaetopelma olivaceum*. Rozpiętość odnóży tego ptasznika wynosi około 12 cm. Zamieszkuje on suche i skaliste tereny bogate w naturalne schronienia, które chętnie zajmuje [7]. Ten naziemny gatunek jest bardzo interesujący z tego względu, że samica często opiekuje się młodymi osobnikami i broni swoje potomstwo, czasami nawet do ich trzeciej wylinki. Młode w tym czasie żywią się tym, co zdobędzie matka. Z innych gatunków należących do powyższego rodzaju i żyjących również na obszarze Turcji bądź Cypru można wymienić: *Chaetopelma concolor*, *Chaetopelma karlamani* oraz *Chaetopelma turkesi*, a z innych rodzajów: *Ischnocolus valentinus*, który zamieszkuje Hiszpanię i Sycylię.

Ptaszniki południowoamerykańskie

Przenieśmy się teraz do Ameryki Południowej, na terenie której występuje ogromne bogactwo gatunkowe ptaszników. Pierwsza obserwacja sprzed 300 lat, kiedy to duże, włochate pająki zaczęto nazywać ptasznikami, dotyczy ptasznika zwyczajnego (*Avicularia avicularia*). Do rodzaju *Avicularia* zaliczamy ptaszniki, których siedliskiem życia są zazwyczaj drzewa, a dokładniej korony drzew, w których budują swoje gniazda [6]. Pająki te są niezwykle ubarwione. Bardzo często spotyka się je w hodowli, gdyż uważane są za jedno z najpiękniejszych ptaszników na świecie (Ryc. 10). W siedlisku naturalnym spotkać je można

w lasach deszczowych Ameryki Południowej. Innymi dobrze znanymi ptasznikami, zamieszkującymi ten kontynent, są gatunki z rodzaju *Psalmopoeus*. Pająki te występują w lasach Wenezueli oraz Trynidadu i Tobago. Preferują one środowisko podobne do tego, jakie zamieszkują ptaszniki z rodzaju *Avicularia* i bardzo dobrze skaczą, co pozwala tym gatunkom polować na owady latające [16]. Z własnego doświadczenia wiemy, że gatunki z tego rodzaju nie sprawiają trudności w hodowli w warunkach domo-



Ryc. 10. Ptasznik zwyczajny (*Avicularia avicularia*) uznawany jest za jednego z najpiękniejszych ptaszników na świecie. Fot. Karol Zabost.

wych, gdyż zaniepokojone osobniki wolą wycofać się niż atakować.

Amerykę Południową, w odniesieniu do wielkości ciała ptaszników, można nazwać „krajem gigantów”. W naturze żyją bowiem osobniki o największych rozmiarach, jakie można odnotować wśród stworzeń o czterech parach nóg. Rodzaj *Theraphosa* każdemu, kto interesuje się ptasznikami, powinien kojarzyć się z największymi pająkami, które kroczą po naszej planecie. W lasach Gujany Francuskiej oraz Surinamu można spotkać ptasznika goliata (*Theraphosa blondi*), którego dorosłe osobniki posiadają rozpiętość odnóży przekraczającą 30 cm, a waga dorosłej samicy często dochodzi do 250 gramów. Te największe pająki świata żyją w głębokich norach, które same wykopują bądź zasiedlają obce, napotkane podczas wędrówek. Ciekawostką jest to, że ich jad jest stosunkowo słaby

w porównaniu do jadu ptaszników afrykańskich lub azjatyckich. O sukcesie skutecznego polowania stanowi nie siła jadu, a ilość, jaką w ciągu pojedynczego ukąszenia pająk może zaaplikować. Im większy ptasznik, tym większą ilość jadu dysponuje. Poza tym kolce jadowe u dorosłych osobników z tego rodzaju mogą osiągać nawet 2 cm długości. Ze względu na ich wielkość i możliwość głębokiego wbicia się w ciało ofiary, gatunek ten może być niemiłe widziany, ale jedno jest pewne, że budzi respekt zarówno pośród drobnych bezkręgowców, jak i wśród ludzi, a do tego jeszcze możliwość wstrzyknięcia sporej ilości jadu... Gatunki te pod żadnym pozorem nie powinny znaleźć się w terrariach niedoświadczonego hodowcy.

Ameryka Południowa słynie nie tylko z tego, że zamieszkiwany jest przez gigantyczne pająki, które mogą m.in. zabijać kolibry oraz inne gatunki ptaków, ale również z dużej różnorodności gatunkowej innych ptasznikowatych. Przyciąga zatem nie tylko naukowców, pasjonatów i hodowców, ale również handlarzy tymi pięknymi zwierzętami, co nie zawsze wychodzi ptasznikom na dobre... Rodzaj *Brachypelma* pochodzący z terenów Meksyku, przez nadmierny odłów osobników w celu sprzedaży, praktycznie przestał istnieć w naturze [18]. Obecnie sytuacja się poprawia, gdyż gatunki z tego rodzaju objęte są konwencją CITES, która kontroluje transgraniczny handel zwierzętami i roślinami. Pająki z rodzaju *Brachypelma*, cechuje łagodny temperament, przez co należą one do najczęściej spotykanych w hodowlach terrarystycznych. Ptaszniki należące do tego rodzaju korzystają z różnego rodzaju kryjówek, które znajdują na powierzchni gruntu, gdzie budują swoje gniazda. Są to najbardziej potulne ptaszniki na świecie. Warunki hodowli pajaków z tego rodzaju nie muszą być szczególnie wysublimowane. Pająki te bowiem stosunkowo dobrze znoszą dłuższe okresy suszy oraz braku pokarmu. Można by nazwać je prawdziwymi twardzielami. Ptaszniki te należą również do jednych z najdłużej przeżywających w warunkach hodowlanych pajaków. Samice dożywają wieku nawet powyżej dwudziestu lat, natomiast samce umierają stosunkowo szybko, zazwyczaj już po kilku latach (Ryc. 11).

Ptaszniki południowoazjatyckie

Kiedy przeniesiemy się do Indii to szybko zorientujemy się, że królują tu ptaszniki nadrzewne. Stąd pochodzi m.in. rodzaj *Poecilotheria*, którego sztandarowym gatunkiem jest ptasznik królewski (*Poecilotheria regalis*). Jest to duży, pięknie ubarwiony pająk, którego spotkać można w lasach południowych Indii i Sri Lanki (Ryc. 12). W obrębie tego rodzaju

znanych jest 14 gatunków, pośród których *P. rajaei* został opisany stosunkowo niedawno – w 2012 r. Te



Ryc. 11. Ptasznik czerwono-nogi (*Brachypelma boehmei*) zamieszkuje meksykańskie dżungle. Odwłok tych pajaków pokrywa parzące włoski, które są wytrzępywane podczas reakcji obronnej. Fot. Paweł Szymkowiak.

bardzo szybkie i jadowite pająki są bardzo chętnie hodowane na całym świecie. Charakteryzują się bardzo interesującymi wzorami barwnymi. Na spodzie odnóży zazwyczaj dominują barwy jaskrawożółte lub pomarańczowe. Górna część ciała pokryta jest ornamentem, którego barwa jest zmienna i przechodzi od koloru białocznego przez oliwkowy do niebieskie-



Ryc. 12. Szybki, agresywny i silnie jadowity ptasznik królewski (*Poecilotheria regalis*). Fot. Helena Marcolla.

go. Ubarwienie osobników zależy od gatunku, jednak charakterystyczny wzór na głowotułowiu i odwłoku jest stały i obecny jest u wszystkich przedstawicieli tego rodzaju (biały, nieregularny pas wzdłuż odwłoka oraz ciemna okolica oczu i czarne akcenty barwne na głowotułowiu). Pająki te, podobnie jak inne gatunki nadrzewne, świetnie radzą sobie z pokarmem latającym. W naturze osobniki należące do tego rodzaju budują oprzędy na drzewach lub korzystają z dziupli, które zasiedlają. Z doświadczenia hodowlanego wiemy, że są bardzo szybkie, świetnie skaczą i nie

wahają się pierwsze atakować. Niektórzy hodowcy są w stanie wydać sporo oszczędności, żeby spełnić swoje marzenie, którym jest posiadanie *Poecilotheria metallica*. Ten pięknie ubarwiony ptasznik posiada biały ornament na głowotułowiu i odwłoku oraz niebieskie tło z pomarańczowymi akcentami barwnymi na odnóżach (Ryc. 13). Silny temperament i niecodzienny wygląd często przemawiają za wyborem gatunków z tego rodzaju przez hodowców na swoich pupili. Pają-



Ryc. 13. *Poecilotheria metallica* – gatunek krytycznie zagrożony w naturalnym środowisku występowania. Fot. Adam Staranowicz.

ki te mają w sobie coś oryginalnego... Są nie do opisanie, podobnie jak Indie, z których pochodzą...

Ptaszniki od wieków imponowały ludziom. W niektórych rejonach były ubóstwiane do takiego stopnia, że stawały się bohaterami różnych mitologii. Jedną z takich grup etnicznych, w której historię są wplecione pająki, są Indianie z plemienia Nawaho żyjący w południowych stanach USA i w Meksyku. Legenda głosi, że przodkowie tych Indian widzieli w tych stworzeniach proroków w kształcie potężnych pajaków lub kobiety pajęczyce uczące ludzi prażyć kilimy. Inna opowieść mówi o uratowanych przed powodzią ludziach, którzy zdołali ochronić się przed nią płynąc wodą na tratwie, którą uprzędkła dla nich Stara Matka Ptasznik. Takich opowieści jest wiele... Jak widać pająki mają już od dawna wpływ na ludzi, oddziałując na ich wyobraźnię i emocje. Wciąż na świecie opisuje się nowe gatunki tych zwierząt, a badania naukowe pokazują, że można je również skutecznie wykorzystywać w takich specjalizacjach biologii jak biochemia i biotechnologia oraz w naukach medycznych. Popularność ptaszników na świecie ciągle rośnie.

Bibliografia

1. Bertani, R.; Boston, T.; Evenou, Y.; Guadanucci, J. P.L. (2003). "Release of urticating hairs by *Avicularia versicolor* (Walckenaer, 1837) (Araneae, Theraphosidae)". *Bulletin of the British Arachnological Society*, 12: 395–398.
2. Bond, J.E, Hendrixson, B.E, Hamilton, C.A, Hedin, M. (2012) A reconsideration of the classification of the spider infraorder Mygalomorphae (Arachnida: Araneae) based on three nuclear genes and morphology. *PLoS ONE*, 7: 1–11.
3. Dippenaar-Schoeman, A.S. (2002) Baboon and Trapdoor Spiders of Southern Africa: An Identification Manual. *Plant Protection Research Institute Handbook*, 13: 10–20.
4. Etheridge, K. (2010) Maria Sibylla Merian and the metamorphosis of natural history. *Endeavour*, 35: 1–7.
5. Fabiano-da-Silva, F.W., Guadanucci, J. P. L. and DaSilva, M. B. (2015). *Tmesiphantes mirim* sp. nov. (Araneae: Theraphosidae) from the Atlantic Forest of Bahia, Brazil, biogeographical notes and identification keys for species of the genus. *Zoologia (Curitiba)*, 32: 151–156.
6. Fukushima, C.S. (2011) Taxonomical revision & cladistic analysis of *Avicularia* Lamarck 1818 (Araneae, Theraphosidae, Aviculariinae). Doctor thesis, Institute of Biosciences of the University of Sao Paulo, s. 1–17.
7. Guadanucci, J.P.L., Gallon, R.C. (2008) A revision of the spider genera *Chaetopelma* Ausserer 1871 and *Nesiergus* Simon 1903 (Araneae, Theraphosidae, Ischnocolinae). *Zootaxa*, 1753: 34–48.
8. Gallon, R.C. (2001) Revision of the *Ceratogyrus* spp. formerly included in *Coelogenium* (Araneae: Theraphosidae, Harpactirinae). *Mygalomorph*, 2: 1–20.
9. Gallon, R.C. (2002) Revision of the African genera *Pterinochilus* and *Eucratoscelus* (Araneae, Theraphosidae, Harpactirinae) with description of two new genera. *Bulletin of the British Arachnological Society*, 12: 201–232.
10. Hedin, M and Bond, J. E. (2006) Molecular phylogenetics of the spider infraorder Mygalomorphae using nuclear rRNA genes (18S and 28S): Conflict and agreement with the current system of classification. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 41: 454–471.

11. Lamarck, J. B. de. (1818) Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. Paris, 5: 88–108.
12. Merian, M.S. (1705) Metamorphosis insectorum surinamensium. Ofte Verandering der Surinaamsche Insecten. Amsterdam, s. 31–32.
13. Pedersen, D. (2004) Notes on *Pterinochilus murinus* Pocock, 1897. Journal of the British Tarantula Society, 20: 5–6.
14. Ross, L.K. (2001) Captive care and maintenance of arboreal baboon spiders (*Stromatopelma* and *Heteroscodra*). Journal of the British Tarantula Society, 16: 95–102.
15. Tansley, G. (2011) *Stromatopelma calceatum*: Field Observations and Breeding Notes. Journal of the British Tarantula Society, 27: 8–11.
16. Walters, M. (2008) Our attempt breeding *Psalmopoeus cambridgei*. Journal of the British Tarantula Society, 23: 47–48.
17. Wet de, J.I., Dippenaar-Schoeman, A.S. (1991). A revision of the genus *Ceratogyrus* Pocock (Araneae: Theraphosidae). Koedoe, 34: 39–68.
18. Wet de, J.I., Schoonbee, H.J. (1991) The occurrence and conservation status of *Ceratogyrus bechuanicus* and *C. brachycephalus* in the Transvaal, South Africa. Koedoe, 34: 69–75.
19. Wirth von, V. and Huber, M. (2004) Housing specimens of *Haplopelma* and other tube-dwelling tarantulas. Journal of the British Tarantula Society, 19: 107–112.
20. World Spider Catalog. (2016) Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, version 17.0, dostęp do danych: 24.05.2017.
21. García-Arredondo, Rodríguez-Rios, Díaz-Peña, Vega-Ángeles. (2015) Pharmacological characterization of venoms from three theraphosid spiders: *Poecilotheria regalis*, *Ceratogyrus darlingi* and *Brachypelma epicureanum*. Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases, 21: 1–9.
22. Klátil, Lubomír. (1998) Sklípkani: krasavci s chlupatým nohami. Nakl. Kabourek Zlín, s. 37–40.

Patryk Grabowski, E-mail: patryk.grabowski91@gmail.com,

Paweł Szymkowiak, Zakład Taksonomii i Ekologii Zwierząt, Instytut Biologii Środowiskowej, Wydział Biologii, Collegium Biologicum, Poznań. E-mail: pawel.szymkowiak@amu.edu.pl

PARKI RZECZNE – JAKO FORMA OCHRONY POWIETRZA W MIEJSKIEJ WYSPIE CIEPŁA

Wiktor Halecki (Kraków)

Streszczenie

Ochrona powietrza jest bardzo ważnym tematem w planowaniu przestrzennym miast. Od ponad dwudziestu lat jakość powietrza uległa poprawie. Problemy jednakże pojawiają się w miastach uprzemysłowionych, np. w Pekinie oraz w miastach o słabym przepływie powietrza, sprzyjającym tworzeniu zamgleń, tak jak w Krakowie. Celem artykułu jest podkreślenie znaczenia korytarzy ekologicznych – systemu rzek poprawiających jakość powietrza w miastach. Europejska Agencja Środowiska ogłosiła ranking, z którego wynika, że Kraków jest trzecim najbardziej zanieczyszczonym miastem Unii Europejskiej. Zawartość szkodliwych substancji powietrzu może być obniżona za pomocą korytarzy ekologicznych, reprezentowanych przez system rzek miejskich. Rzeki te tworzą sieć korytarzy przewietrzających, łącząc zarazem fragmenty przestrzeni pokrytych zielenią, parkami, innymi ciekami wodnymi oraz niską zabudową. Korytarze ekologiczne ulepszają jakość powietrza, wprowadzając świeże powietrze z zewnątrz do gęstej zabudowy miasta. Korytarze ekologiczne ograniczają efekt tzw. Miejskiej Wyspy Ciepłej poprzez zacienianie, chłodzenie powietrza i wspomaganie ewapotranspiracji. Zanieczyszczenia powietrza stają się mniejsze wszędzie tam, gdzie dominują systemy korytarzy ekologicznych oraz połączenia z lasami miejskimi, ogrodami i innymi obszarami nasyconymi zielenią. W miastach wskazane jest promowanie działań politycznych i ekologicznych mających na celu ochronę powietrza przed zanieczyszczeniami.

Abstract

Pollution is a sensitive topic in urban planning management. City's air quality has improved over the last two decades. Obstacles of air flow had been removed over time. However, hazardous smog engulfed the heavy industry city like Beijing, or with periods of low wind and clouds of black soot hang over the city such as Krakow. This article has highlighted the importance of boosting green urban areas at the river to improve air condition. Kraków has been ranked by the European Union as having Europe's third dirtiest air. Air-pollution hazards substances may be decreased providing ecological corridors system represented by small rivers. Network of ventilation corridors, and connecting fragments of green space are recognised as a way to create parks, rivers, and low building blocks. Green corridors can improve urban ventilation, allowing for fresh air from outside to penetrate into the more densely built areas. Green corridors reduce the heat island effect that occurs in many city's areas through shading, cooling of air and enhanced evapotranspiration. Air pollution tend to coincide for cleaner of ecological corridors, connections between urban woodlands, gardens and other green space. Many environmental action and municipal events should be reportedly developing to help tackle the city's notorious air pollution.

Ochrona powietrza

Do zagrożeń środowiska na dużą skalę należą zanieczyszczenia atmosferyczne, które są niebezpieczne dla zdrowia społeczeństwa [7]. Transgraniczny zasięg jest niewątpliwie cechą zanieczyszczeń pyłowych. Dotyczą one skażenia na dużych obszarach, dlatego należy je monitorować, wykorzystując systemy informacji geograficznej (GIS) w analizie przestrzennej [6].

Jakość powietrza jest bardzo ważna do codziennego życia w każdym kraju. W Chinach problematyka ochrony powietrza staje się w ostatnich latach priorytetowa [2, 31, 32, 34]. W Chinach problemem jest smog z dwutlenkiem siarki, lotnymi związkami organicznymi – LZO (VOCs, ang. Volatile Organic Compounds) oraz wtórny fotochemiczny smog – z ozonem oraz sadzą [32]. W zimie tworzy się smog pyłowy, a w okresie letnim wtórny fotochemiczny [32]. Wtórny smog zawiera różne zanieczyszczenia, a powstaje jako skutek interakcji pomiędzy cząstkami zawieszonymi, sadzą i współwystępującymi gazami, m.in. ditlenkiem azotu (NO_2) czy dwutlenkiem siarki (SO_2) oraz natlenionym organicznie aerozolem (ang. oxygenated organic aerosol – OOA), a dawką pochłoniętego promieniowania słonecznego [10]. W Polsce również określenia źródeł emisji oraz imisji zanieczyszczeń staje się coraz bardziej istotne dla oceny jakości powietrza [21].

Zagrożeniami dla zdrowia człowieka są wysokie poziomy zawieszonych w powietrzu pyłów PM_{10} (ang. *coarse particles*) – frakcja, w której cząstki pyłu mają średnice poniżej $10\ \mu\text{m}$ – oraz $\text{PM}_{2,5}$ (ang. *fine particles*) – frakcja o średnicy aerodynamicznej poniżej $2,5\ \mu\text{m}$ [29, 30]. W monitoringu i ochronie powietrza ważne jest ciągle monitorowanie osadzających

się cząstek pyłu [3]. W latach 90. XX w. przeciętne wartości stężeń dla pyłu PM_{10} w okresie zimowym w Krakowie nie przekraczały $52\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ [11]. Epizody smogowe są wynikiem występowania niekorzystnego przepływu powietrza w miastach o zwartej zabudowie miejskiej. Wysokie stężenie pyłu zawieszonego frakcji PM_{10} w Krakowie w styczniu 2006 roku wyniosło $600\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na Śląsku i w Małopolsce okresy te najczęstsze są zimą [16]. W Krakowie w styczniu i lutym 2017 roku stężenia pyłów zawieszonych przekraczały normy unijne oraz dopuszczalne przez WHO dawki o 400%, a nawet w niektórych porach doby przekroczenia były 10-krotne. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie poinformował, że w dniu 30 stycznia 2017 r. nastąpiło na terenie Krakowa przekroczenie poziomu alarmowego pyłu zawieszonego PM_{10} , tj. wartości $300\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, i wynosiło w godzinach porannych $374\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ [12, 13, 14, 15].

System rynnowo-korytarzowy w regeneracji powietrza

System korytarzowo-rynnowy to sieć potoków, które przepływają przez miasto. Składa się z korytarzy ekologicznych i stanowi element przewietrzającego zanieczyszczenia w mieście. Korytarze przewietrzania (naturalne kliny napowietrzające) są pasami zieleni i wolnej przestrzeni, ułatwiającymi swobodny przepływ powietrza [26]. Korytarze rzeczne wzdłuż doliny powinny zachować funkcję nawietrzenia miasta, jak np. Prądnik (Ryc. 1 i 2) lub Rudawa (Ryc. 2 i 3). Ponadto powinno się utworzyć parki rzeczne jako obszary węzłowe sieci ekologicznych. Dobrym przykładem takiego systemu byłaby koncepcja zagospodarowania Parku rzecznej w dolinie Drwinki

i potoku Basta w Krakowie [24], gdyż właściwa ocena czystości wody jest bardzo ważna w monitoringu rzek [8]. W planach zagospodarowania, by osiągnąć taki stan i polepszyć jakość powietrza miasta, należy opracować koncepcję układu nawietrzania miasta.

albo-fragilis) oraz nadrzeczna roślinność nitrofilna i ziołorośla nadrzeczne (*Convolvuletalia sepium*), a w dopływach do Wisły – szuwar mozgowy (*Phalaridetum arundinaceae*), charakterystyczny dla rowów melioracyjnych [4]. Nasadzenia roślin łagodzą



Ryc. 1. Rzeka Prądnik (w gminie Kraków zwany Białucha). Ruch kołowy powoduje podnoszenie się zalegającego na ulicach pyłu zawieszonego poprzez turbulencje powietrza. W Krakowie powszechna jest emisja napływowa, czyli przywiewanie różnych zanieczyszczeń z okolic miasta. Systematyczne zabudowywanie spowodowało zmniejszenie naturalnego nawiewania świeżego powietrza i wywiewania zanieczyszczeń poza obręb aglomeracji i stało się barierą ekologiczną. Fot. Wiktor Halecki.

W tym celu należy zbadać czynniki wpływające na regenerację powietrza, powstające wzdłuż rzek i cieków wodnych. Takie obszary źródliskowe nazywa się rynnami spływu powietrza. Potoki nawietrzające: Rudawa, Wilga, Prądnik, Dłubnia i Potok Kościelniczy, powinny tworzyć system korytarzowo-rynnowy przewietrzania miasta. System taki może być zapewniony, gdy wokół cieków wodnych zachowane będą tereny zielone, takie jak roślinność trawiasta, krzewy i drzewa [26]. Nad korytarzami funkcję taką pełnią w miastach wysokie drzewa, a na granicy miasta łąki o dużej powierzchni. W Krakowie taka łąka występuje w okolicach Sudołu – dopływu rzeki Prądnik (Ryc. 4). Łąki te mają wpływ na jakość powietrza, szczególnie te fragmenty, które porastają korytarze przepływu powietrza. Regulują one cechy termiczne powietrza i wpływają na obniżenie wilgotności.

Roślinność dominująca nad rzekami lub blisko brzegów to: łęg wierzbowy (*Salicetum triandro-viminalis*), nadrzeczny łęg wierzbowy (*Salicetum*

skutki upałów w okresie letnim w mieście. Siedliska nasycone roślinnością muszą występować, nie tylko wokół cieków wodnych, ale także w centrum miasta. Szacuje się, że tzw. powierzchnia biologicznie czynna powinna stanowić 70% [26].

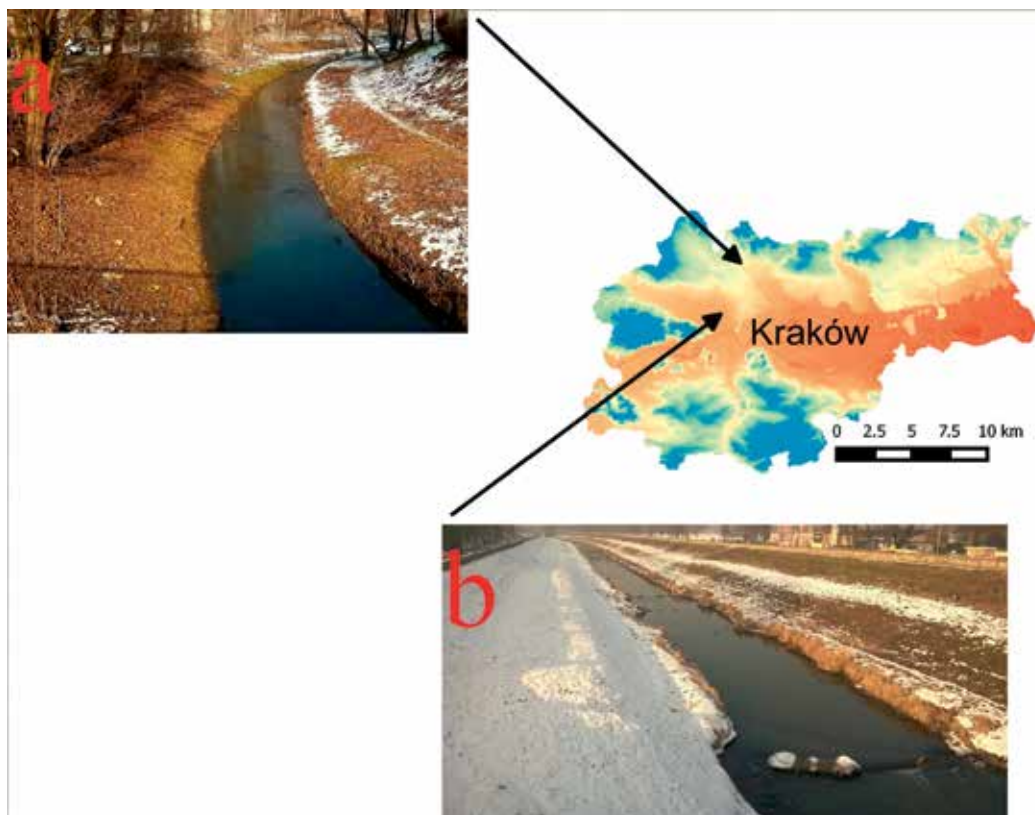
Intensywność Miejskiej Wyspy Ciepła

Kraków jest położony w kotlinie, więc wzrost temperatury powietrza na większych wysokościach silnie utrudnia wymianę powietrza [17]. Dobowe inwersje powietrza (polegające na wzroście temperatury powietrza wraz z wysokością) nad Krakowem są obecne, gdy następuje spływ chłodnego powietrza (o dużej gęstości i cięższego od ciepłego) do obniżen terenu w czasie bezchmurnych nocy [27]. Inwersje temperatury powietrza w mieście charakteryzują się wieloletnią zmiennością w przypowierzchniowej warstwie atmosfery. Inwersje mogą po sobie następować z różnym natężeniem. Inwersje termiczne są

niekorzystne ze względów na występowanie przygruntowych przymrozków, mgieł i zamglań oraz zanieczyszczenie powietrza [23].

Miejska Wyspa Ciepła występuje w obszarach

z przepływami powietrza w układzie poziomym i pionowym w całym mieście [19]. Miejska Wyspa Ciepła w Krakowie ma strukturę mozaikową i jest określana, jako powierzchniowa SUHI (ang. Surface



Ryc. 2 a) Rzeka Prądnik, b) Rzeka Rudawa. Ich doliny tworzą korytarze przewietrzające na terenie Krakowa. Tereny zielone z zadrzewieniami i zakrzewieniami oraz gęstą runią płatów roślin nadrzecznych spełniają środowiskową funkcję pasów wiatrochronnych, których działanie wiąże się z osłabianiu ruchów poziomych mas powietrza. Fot. Wiktor Halecki. Mapa cyfrowa gminy Kraków: źródło danych CODIK, zbiory danych dotyczące numerycznego modelu terenu o interwale siatki co najmniej 100 m, <http://www.codgik.gov.pl/>

zurbanizowanych, charakteryzujących się wyższymi średnimi temperaturami w centrum miasta od zewnętrznych temperatur na przedmieściach. Decydującą rolę odgrywa zabudowa i roślinność [20]. Najcieplejsze są z reguły centra miast, ponieważ budynki emitują dodatkowo wtórne ciepło z powierzchni, np. dachów [25]. Jednym z korzystnych skutków istnienia Miejskiej Wyspy Ciepła jest łagodzenie warunków termicznych, co przyczynia się do przedłużenia okresu wegetacyjnego w przestrzeni miasta. W związku z tym, powinno się wprowadzać **zazieleniania ścian budynków** oraz tzw. obszary zieleni wysokiej do powierzchni zabudowanych na **szerszą skalę** [1].

Kontrasty ciepłe szczególnie uwidaczniają się w lecie. Wtedy różnice temperatury pomiędzy centrum miasta a strefą podmiejską są największe. Wynika to ze zwiększonej pojemności cieplnej sztucznych powierzchni budynków i mniejszej ilości zieleni [5]. Warto nadmienić, że Miejska Wyspa Ciepła nie jest jednorodna i możliwe jest wyróżnienie izoterm (stref) ciepła obok obszarów chłodniejszych. Ma to związek

Urban Heat Islands), czyli powodująca wzrost temperatury w przy powierzchniowej warstwie powietrza tuż nad powierzchnią ulic i dachów budynków oraz koron drzew [28].

Geometria budynków a kontrast termiczny

Stale postępująca zabudowa powoduje zmiany mikroklimatu miasta, wzrost zanieczyszczeń powietrza związany z kierunkiem i prędkością wiatru oraz zmianami natężenia docierającego promieniowania słonecznego [5]. W rozległych kotlinach śródgórskich emisja zanieczyszczeń do atmosfery ma decydujący wpływ na ruchy powietrza, a zadrzewienia i budynki decydują o splywie grawitacyjnym powietrza do niższych form terenu [22]. Natomiast w dnach dolin zmienia się skład chemiczny i jakość powietrza pod warstwą inwersyjną. To powoduje słabą wymianę ciepła z otoczeniem w wyniku tworzenia gradientu suchoadiabatycznego (okresu zmiany temperatury powietrza przy braku wymiany ciepła

z otoczeniem). Powietrze ochładza się o $0,98^{\circ}\text{C}$ w momencie osiągnięcia pułapu 100 m w górę [18].



Ryc. 3. Rzeka Rudawa – mała rzeka wyżynna węglanowa. Doliny rzek miejskich są „korytarzami ekologicznymi”, stanowią kanały wentylacyjne dla powietrza w mieście. Umożliwiają też migrację różnych gatunków ptaków. Korytarze ekologiczne stanowią pasy roślinności wzdłuż dolin rzecznych i decydują o stopniu naturalności ekosystemu. Pełnią funkcję łącznika pomiędzy zbiorowiskami roślinnymi i są szlakiem komunikacyjnym dla zwierząt i grzybów. Fot. Wiktor Halecki.

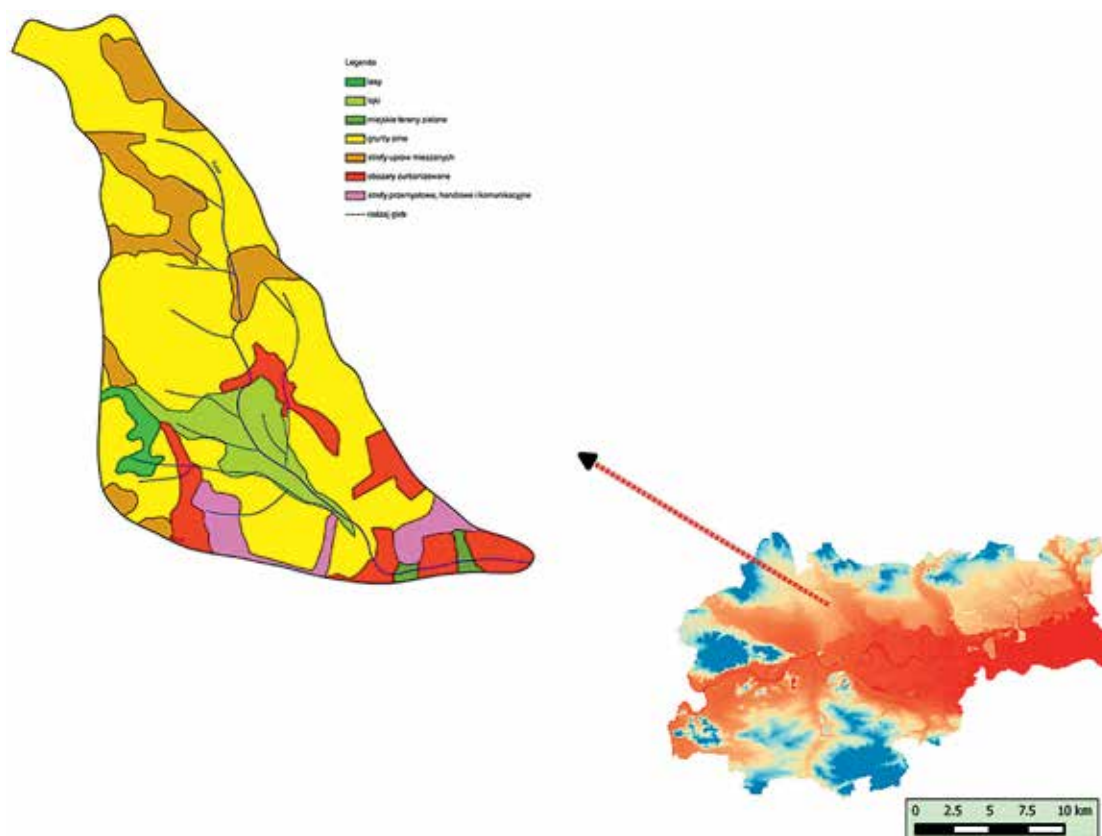
Wg niektórych wyliczeń na przestrzeni pierwszych 500 m od powierzchni Ziemi ponad budynkami przepływ powietrza nie jest chaotyczny, a jego kierunek staje się jednorodny [26]. W tych miejscach powietrze wokół powierzchni w mniejszym stopniu sprzyja krążeniu ciepła, niż cyrkulacja na terenach przyległych do aglomeracji miast.

Zdecydowanie najchłodniejsze są zbiorniki wodne, obszary nasycone zielenią (w Krakowie dobre warunki bioklimatyczne ma Przylasek Rusiecki), lasy (Las Wolski), parki miejskie oraz zadrzewione cieki wodne [28]. Oddziaływanie barier architektonicznych utrudnia efektywne wypromieniowanie energii przez ulice oraz spowalnia przepływ strumieni powietrznych [9]. W przypadku, gdy miasto jest położone w dnie doliny, na cyrkulację powietrzną wpływa ukształtowanie terenu, które bierze udział w powstaniu tzw. basenów zastoiskowych chłodnego powietrza (powodowanych przez ryny spływu powietrza z otaczających wyniesień do doliny rzek). W nich generują się inwersje termiczne oraz mgły

i zamglenia. Lokalne uwarunkowania fizjograficzne i urbanistyczne powodują chaotyczny, niejednorodny przepływ powietrza, zatrzymując zanieczyszczenia w mieście [26].

Przestrzeń między budynkami ma związek z przepływem powietrza. Gęsta zabudowa hamuje przepływ nad budynkami, ruch poziomy jest blokowany, ponieważ wiatr napotyka na swojej drodze sporo przeszkód. Ponadto nagrzane powietrze ma niższy gradient termiczny (temperatura wolniej spada) w przestrzeni pomiędzy budynkami. Powoduje to powolne mieszanie powietrza. Pionowe prądy konwekcyjne zostają zatrzymane. Temperatura przy chodniku w dolnej warstwie atmosfery jest wówczas najwyższa. Stąd też słabsza naturalna konwekcja w miastach. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, że wysoka roślinność dobrze rozprasza ciepło, a niska roślinność nie powoduje turbulencyjnego zawirowania powietrza, które usuwa ciepło do atmosfery. Dlatego centrum miasta różni się od obszaru pozamiejskiego [33]. Budynki powinny być stawiane dłuższą osią równoległą do kierunku przepływu rzeki, by umożliwić przepływ powietrza. Należy też uwzględnić przestrzeń pomiędzy budynkami w celu zwiększenia porowistości wiatru. Gęsta zabudowa wzdłuż ciągów komunikacyjnych powoduje zmniejszenie prędkości wiatru oraz wstępujące ruchy powietrza potęgujące wzrost zanieczyszczeń, np. z terenów przemysłowych albo z centrum miasta, gdzie stężenie zanieczyszczeń jest zwykle największe [26].

Podsumowując, system korytarzowo-rynnowy, gdy pokrywa się z dnami dolin rzek i porośnięty jest powierzchnią biologicznie czynną w postaci różnych gatunków roślin, polepsza warunki aerosanitarnie. Utrzymanie korytarzy ekologicznych (pasów roślinności wzdłuż cieków wodnych) jest istotne, ponieważ są one jednym z warunków zachowania równowagi przepływu powietrza oraz ciągłości ich regeneracji. W miastach, gdzie rejestruje się podwyższone średnie temperatury w centrum (w porównaniu do ich obrzeży), powinno się utrzymać system cieków wodnych, takich które napowietrzają centrum, a w planach przestrzennych zaprojektować system ulic dopasowanych do przepływów strumieni powietrza. Zachować należy strefę zieleni w korytarzach ekologicznych, które wywołują efekt komina (emitują cieplejszego powietrze w wolną przestrzeń z dołu do góry w pionowym układzie) oraz pierścień zieleni w strefach ścisłego centrum do filtrowania powietrza. Poza tym układ budynków powinien być tak skonstruowany, aby umożliwić wytworzenie lokalnych ruchów powietrza.



Ryc. 4. Obszary wokół lewego dopływu rzeki Prądnik – Sudółu Dominikańskiego (Rozrywka; 7 km długości) oraz prawego dopływu rzeki Prądnik – Sudółu (9 km długości) w Krakowie są odnogami głównych korytarzy nawietrzających z północy miasta. Obszar „Tonie” jest agrocenozą łąkową na gruntach porolnych, będących korzystnym dla Krakowa terenem zielonym. Mapa cyfrowa gminy Kraków; model wykonany w programie QGIS wersja 2.8.1 (Vien), zgodnie zasadami Powszechnej Licencji Publicznej (GNU): źródło danych CODIK, zbiory danych dotyczące numerycznego modelu terenu o interwale siatki co najmniej 100 m, <http://www.codgik.gov.pl/>

Bibliografia

1. Błażejczyk K., Kuchcik M., Milewski P., Dudek W., Kręcisz B., Błażejczyk A., Szmyd J., Degórska B., Pałczyński C. M. (2014) Miejska wyspa ciepła w Warszawie – uwarunkowania klimatyczne i urbanistyczne, Wyd. Akadem. SEDNO oraz Wyd. IGiPZ PAN, Warszawa, ss. 176, ISBN, 978-83-7963-018-9.
2. Cao C., Lee X., Liu S., Schultz N., Xiao W., Zhang M., Zhao L. (2016) Urban heat islands in China enhanced by haze pollution. *Nature Communications*, 7: 12509.
3. Cembrzyńska J., Krakowiak E., Brewczyński P. Z. (2012) Zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym PM10 oraz PM2,5 w warunkach silnej antropopresji na przykładzie miasta Sosnowiec. *Particulate pollution of PM10 and PM2.5 due to strong anthropopressure in Sosnowiec city. Medycyna Środowiskowa - Environmental Medicine*, 15, (4): 31-38.
4. Dubiel E. (2005) Mapa zbiorowisk roślinnych III Kampusu Uniwersytetu Jagiellońskiego i okolic. *Compass*, Kraków.
5. Fortuniak K. (2003) Miejska Wyspa ciepła. Podstawy energetyczne, studia eksperymentalne, modele numeryczne i statystyczne, Wyd. UŁ, 233.
6. Frigerio I., Ventura S., Strigaro D., Mattavelli M., de Amicis M., Mugnano S., Bof M. A. (2016) GIS-based approach to identify the spatial variability of social vulnerability to seismic hazard in Italy. *Applied Geography*, 74: 12-22.
7. Ge Y., Zhang H., Dou W., Chen W., Liu N., Wang Y., Shi Y., Rao W. (2017) Mapping Social Vulnerability to Air Pollution: A Case Study of the Yangtze River Delta Region, China. *Sustainability*, 9: 109.
8. Halecki W. (2015) Wskaźniki jakości gleb i wód powierzchniowych. *Wszechświat*, 116, (10-12): 267-269.

9. Hien W. N. (2016) Urban heat island research: Challenges and potential. *Frontiers of Architectural Research*, 5: 276-278.
10. Hu W., Hu M., Hu W., Jimenez J. L., Yuan B., Chen W., Wang M., Wu Y., Chen C., Wang Z., Peng J., Zeng L., Shao M. (2016) Chemical composition, sources, and aging process of submicron aerosols in Beijing: contrast between summer and winter. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121: 1955-77.
11. Hoek G., Forsberg B., Borowska M., Hlawiczka E., Vaskövi H., Welinder M., Branis I., Benes F. Kotesovec L., Otto Hagen J., Cyrys M., Jantunen W., Roemer B. (1997) Brunekreeft Wintertime PM10 and black smoke concentrations across Europe: results from the PEACE study. *Atmospheric Environment*, 31: 3609-3622.
12. <http://monitoring.krakow.pios.gov.pl/komunikaty>, dostęp z dnia 30. 01. 2017
13. <http://www.codgik.gov.pl>, dostęp z dnia 12. 02. 2017
14. <http://powietrze.malopolska.pl/pop/obszary>, dostęp z dnia 12. 02. 2017
15. <http://zielonainfrastruktura.pl/miejska-wyspa-ciepla-negatywne-skutki-urbanizacji-oraz-mozliwosci-przeciwdzialania-na-przykladzie-krakowa>, dostęp z dnia 12. 02. 2017
16. Juda-Rezler K., Reizer M., Oudinet J. P. (2011) Determination and analysis of PM10 source apportionment during episodes of air pollution in Central Eastern European urban areas: The case of wintertime 2006. *Atmospheric Environment*, 45: 6557-6566.
17. Kaszowski W., Hajto M. (2006) Metody określania głębokości warstwy mieszania – pomiary teledetekcyjne a formuły parametryzacji, *Wiadomości IMGW*, 29: 53-57.
18. Lazaridis M. (2011) *First Principles of Meteorology and Air Pollution*. Springer, 362 ss.
19. Lewińska J. (2000) *Klimat miasta: zasoby, zagrożenia, kształtowanie*, IGPIK, Kraków, 151.
20. Lima Alves E. D., Lopes A. (2017) The urban heat island effect and the role of vegetation to address the negative impacts of local climate changes in a small brazilian city. *Atmosphere*, 8(2): 18.
21. Ministerstwo Środowiska. Departament Ochrony Powietrza, Krajowy Program. Ochrony Powietrza Do Roku 2020 (Z Perspektywą Do 2030), Warszawa 2015, wydanie drugie poprawione.

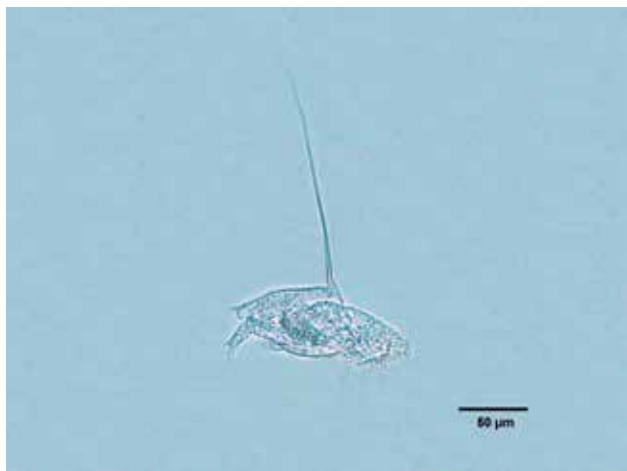
Wiktor Halecki – jest doktorantem na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji. Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. e-mail: wiktor.halecki@urk.edu.pl

OBSERWACJA RZADKIEGO DLA POLSKI GATUNKU WROTKA *SQUATINELLA LONGISPINATA* W SZTUCZNYM SIEDLISKU

Streszczenie

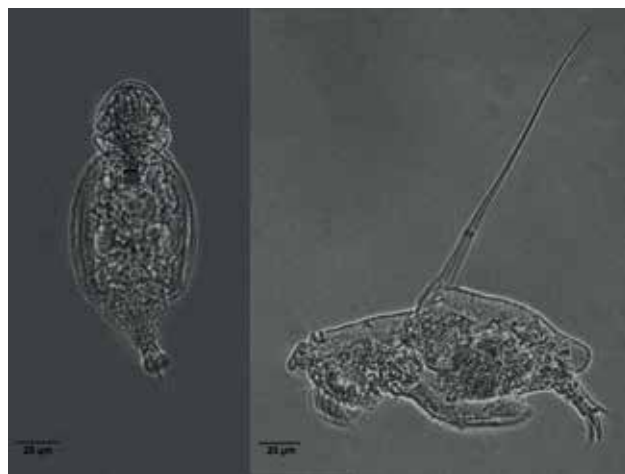
W 2016 roku w akwarium Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach znaleziono wrotka *Squatinella longispinata*, gatunku rzadko spotykanego w Polsce. Podano szczegółowe dane dotyczące parametrów fizyczno-chemicznych wody tego sztucznego siedliska. Badany wrotek żyje tam w podobnych warunkach kwasowości wody, jak w warunkach naturalnych. Gatunek ten zaobserwowano w wodzie o wyższej temperaturze i przewodności elektrycznej właściwej, niż było to podawane dotychczas. Wrotki zaobserwowano wśród moczarki argentyńskiej *Egeria densa*, co potwierdza wcześniejsze sugestie, że należy go zaliczać do grupy wrotków perifitonowych.

Wrotki (Rotifera) należą do jednych z najmniejszych zwierząt żyjących obecnie na Ziemi. Długość ich ciała nie przekracza 1 mm i dlatego trudno je zauważyć, a ich obserwowanie wymaga zastosowania specjalistycznych metod badawczych. Charakteryzuje je obecność aparatu wrotnego (korona, tj. aparat rzęskowy służący do zdobywania pokarmu, obrony, ucieczki, poruszania się, wydalania oraz rozpoznawania osobników tego samego gatunku) na szczycie głowy, wyspecjalizowana gardziel z twardymi szczękami oraz eutelia, czyli stała liczba komórek. Bezkręgowce te występują w różnych środowiskach wodnych, zarówno morskich i słonawych, jak również we wszelkiego rodzaju wodach śródlądowych stojących (kałuże, stawy, jeziora, inne) oraz ciekach (rowy, potoki, rzeki, itp.), gdzie można je spotkać na dnie, na roślinności oraz w toni wodnej. Wrotki mogą także żyć w innych środowiskach związanych z wodą, np. na mokradłach, w bagnach, na mchach i w wilgotnej glebie. Dzięki niezwykłym zdolnościom przystosowawczym do różnych środowisk (możliwości anhydrobiozy, heterogonia, względnie krótki okres rozwoju, wysoka płodność – wiele generacji w ciągu roku) i szerokiemu spektrum pokarmowemu: glonożercy, detrytusożercy, bakteriożercy, drapieżniki (pierwotniaki, nicienie, wrotki, drobne skorupiaki, pasożyty zewnętrzne i wewnętrzne bezkręgowców), zasiedliły one niemal całą kulę ziemską. Dotychczas poznano na świecie około 2 000 gatunków, a w Polsce ok. 590 [1, 3, 7, 9]. Jednym z rzadko spotykanych w kraju wrotków jest gatunek *Squatinella longispinata* (Ryc. 1, 2), którego odkryto w akwarium 10 listopada 2016 w trakcie przygotowywania materiału do jednych z zajęć dydaktycznych prowadzonych na naszej uczelni. Odkrycie to okazało się na tyle nas fascynujące, że postanowiliśmy się podzielić wynikami naszych obserwacji.



Ryc. 1. Wrotek *Squatinella longispinata* w powiększeniu 200-krotnym. Widok z boku. Fot. D. Halabowski.

Wrotek *Squatinella longispinata* (Tattem, 1867) przez nas obserwowany występował w liczbie średnio pięciu osobników na komorę (5 ml), przy czym przeglądano 10 komór z fragmentami roślin. Zgodnie z danymi literaturowymi (co również potwierdzają nasze obserwacje), waży on 0,154 μg i osiąga od 82 do 140 μm długości, przy czym 7–10 μm długości zajmują wyrostki na końcu ciała (pokrytego delikatnym oskórkiem – kutykulą) o kształcie cylindrycznym do jajowatego. Na głowie posiada wąski kaptur zakrywający aparat rzęskowy z niewielkimi wyrostkami w formie uszek. Na stronie grzbietowej, w środkowej linii, gatunek ten posiada długi (96–240 μm), ostry kolec służący do ochrony przed drapieżnikami oraz pułapkami pęcherzykowatymi roślin z rodzaju *Utricularia*. Struktura ta powiększa powierzchnię ciała wrotka, przez co staje się on zbyt duży, aby zmieścić się w pułapce. Wrotek ten ma trzyczłonową nogę z niewielkim igłowatym wyrostkiem u podstawy na stronie grzbietowej [5, 8, 9].



Ryc. 2. Wrotek *Squatinella longispinata* w powiększeniu 400-krotnym. Widok z dołu i z boku. Fot. D. Halabowski.

Osobniki tego gatunku spotykane są wśród roślinności wodnej i bagiennej (mchy, pływacz, turzycy), w części przybrzeżnej (litoral) zarówno drobnych zbiorników wodnych, jak też większych akwenów, np. stawów, jezior oraz cieków wodnych, np. rzek, występuje również na torfowiskach i łągach. Znajdowany był w wodzie o temperaturze od 8,5°C do 16,4°C i przewodności elektrycznej właściwej wynoszącej od 5 μs/cm do 16 μs/cm. *S. longispinata* ma szeroki zakres tolerancji na stopień zakwaszenia siedliska – od 3,5 do 9,7 pH, ale najliczniej występuje w wodach lekko kwaśnych, ok. 6,2 pH [2, 4, 8, 10].

Squatinella longispinata występuje w Europie, Ameryce północnej i Azji, w Polsce jest rzadko spotykany, jedynie na pojezierzu mazurskim, szczególnie w kwaśnych jeziorach humusowych [4, 5, 10, 11].

Systematyka *Squatinella longispinata* wg [10]:

Typ: Rotifera

Gromada: Eurotatoria

Podgromada: Monogononta

Nadrząd: Pseudotrocha

Rząd: Ploima

Rodzina: Lepadellidae

Rodzaj: *Squatinella*

Opisywanego wrotka zaobserwowano w akwarium (Ryc. 3) o wymiarach 49,5 na 24,5 cm długości i szerokości oraz 26 cm wysokości, o łącznej objętości 29 063,23 cm³, znajdującym się w Katedrze Ekologii Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwer-

Echinodorus quadricostatus i stroiczka kardynalska *Lobelia cardinalis*. Oprócz wrotków występują m.in. zatoczki *Planorbis* sp. i gupiki *Poecilia reticulata*. Do opisywanego siedliska *S. longispinata* dostał się prawdopodobnie wraz z roślinami, które zakupione zostały w sklepie akwarystycznym. Dlatego niemożliwe jest ustalenie dokładnej drogi, którą gatunek ten dostał się do akwarium. Mniej prawdopodobne jest, aby omawiany wrotek dostał się do akwarium inną drogą, choć niewykluczone jest, że wraz ze zwierzętami.

Stwierdzenie *S. longispinata* wśród moczarki argentyńskiej, a także wcześniejsze dane literaturowe o jego występowaniu wśród płyczaczy z rodzaju *Utricularia*, mchów *Bryophytes* i turzyc *Carex* wska-



Ryc. 3. Sztuczne siedlisko (akwarium) zaobserwowanego gatunku wrotka *Squatinella longispinata*. Fot. D. Halabowski.

sytetu Śląskiego w Katowicach. Dno tego akwarium stanowi drobny żwir. Szczegółowe parametry fizyczno-chemiczne analizowanej wody w tym sztucznym siedlisku badanego wrotka przedstawiono w tabeli 1 celowo, gdyż znane z piśmiennictwa informacje na temat ekologii tego gatunku w warunkach naturalnych są niedostateczne. Wartości odczynu wody w tym akwarium są zbliżone do wartości spotykanych w warunkach naturalnych siedlisk, w których *S. longispinata* był najliczniej wykazywany. Natomiast zarówno temperatura, jak i przewodność elektryczna właściwa wody ze sztucznego siedliska tego wrotka są dużo wyższe niż podawane w literaturze [2, 10]. Na uwagę zasługuje szczególnie wysoki poziom fosforanów w opisywanym sztucznym środowisku, w którym ten gatunek został zaobserwowany (Tab. 1).

Osobniki *Squatinella longispinata* zaobserwowano wśród moczarki argentyńskiej *Egeria densa*, która dominuje w omawianym akwarium. Obok tej rośliny rośnie tam m.in. także żabienica czterożebrowa

zując, że ten gatunek można zaliczyć do grupy wrotków tzw. peryfitonowych [4, 5, 6, 8, 10]. Natomiast niewiele jest danych dotyczących parametrów fizyczno-chemicznych wody z siedlisk występowania *S. longispinata*, a jeżeli już są, to dotyczą temperatury, odczynu pH i przewodności elektrycznej właściwej wody [2, 10].

Tab. 1. Parametry fizyczno-chemiczne wody w akwarium z wrotkiem *Squatinella longispinata*.

Nazwa parametru	Wartość parametru
Temperatura [°C]	22,4
Wartość pH	7,3
Przewodność elektryczna właściwa [$\mu\text{S cm}^{-1}$]	470
Substancje rozpuszczone [mg dm^{-3}]	220
Nasycenie wody tlenem [%]	86,2
Azot amonowy [mg dm^{-3}]	0,7
Amoniak [mg dm^{-3}]	0,8
Azot azotynowy [mg dm^{-3}]	0,1
Azotyny [mg dm^{-3}]	0,5
Azot azotanowy [mg dm^{-3}]	23,1
Azotany [mg dm^{-3}]	102,3
Twardość [$\text{mg CaCO}_3 \text{ dm}^{-3}$]	260
Zasadowość [mmol dm^{-3}]	0,8
Zasadowość [$\text{mg CaCO}_3 \text{ dm}^{-3}$]	40
Wapń [mg dm^{-3}]	75
Magnez [mg dm^{-3}]	17,74
Fosforany [mg dm^{-3}]	12,5
Chlorki [mg dm^{-3}]	18
Żelazo [mg dm^{-3}]	0
Siarczany [mg dm^{-3}]	61

Bibliografia

1. Arndt H. 1993. Rotifers as predators on components of the microbial web (bacteria, heterotrophic flagellates, ciliates) - a review. *Hydrobiologia*, 255 (1): 231-246.
2. Bērziņš B., Pejler B. 1987. Rotifer occurrence in relation to pH. In: May L., R. Wallace R., Herzig A. (Eds.). *Rotifer Symposium IV. Developments in Hydrobiology* 42. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht: 107–116. Reprinted from *Hydrobiologia* 147.
3. Bielańska-Grajner I. 2009. Typ: wrotki – Rotifera. In: Błaszak C. (Ed.). *Zoologia: bezkręgowce. Tom 1: część 1*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
4. Jersabek C.D., Bolortsetseg E. 2010. Mongolian rotifers (Rotifera, Monogononta) – a checklist with annotations on global distribution and autecology. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia* 159: 119-168.
5. Ejsmont-Karabin J., Radwan S., Bielańska-Grajner I. 2004. Monogonta – atlas gatunków. 32B. In: Radwan S. (Ed.). *Wrotki (Rotifera)*. Fauna słodkowodna Polski. 32. Polskie Towarzystwo Hydrobiologiczne, Uniwersytet Łódzki. Oficyna Wydawnicza Tercja, Łódź.
6. Glime, J.M. 2013. Invertebrates: Rotifer Taxa. Chapt. 4-7. In: Glime, J.M. *Bryophyte Ecology. Volume 2. Bryological Interaction*. 4-7-1. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Last updated 6 July 2013 and available at [www.bryoecol.mtu.edu].
7. Lampert W., Sommer U. 1996. *Ekologia wód śródlądowych*. PWN, Warszawa.
8. Plingfactory. 2013. [http://www.plingfactory.de/Science/Atlas/KennkartenTiere/Rotifers/01RotEng/source/Squatinella%20longispinata.html].
9. Radwan S., Bielańska-Grajner I., Ejsmont-Karabin J. 2004. Część ogólna, *Monogononta* – część systematyczna. 32.A. In: Radwan S. (Ed.). *Wrotki (Rotifera)*. Fauna słodkowodna Polski. 32. Polskie Towarzystwo Hydrobiologiczne, Uniwersytet Łódzki. Oficyna Wydawnicza Tercja, Łódź.

10. Rotifer World Catalog 2014. <http://www.rotifera.hausdennatur.at/Species/Index/1864#TabStripSpecies-1>. (dostęp: 26.02.2017r.).
11. Wiszniewski J. 1953. Fauna wrotków Polski i regionów przyległych. Pol. Arch. Hydrobiol., 1: 317-490.

Mgr Dariusz Halabowski jest doktorantem w Katedrze Hydrobiologii, na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. E-mail: dhalabowski@us.edu.pl

Dr hab. Irena Bielańska-Grajner jest adiunktem w Katedrze Hydrobiologii, na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. E-mail: irena.bielanska-grajner@us.edu.pl

OSTEOLOGIA DINOZAUROW NA PRZYKŁADZIE SZKIELETU GATUNKU *TARBOSAURUS BATAAR* (MALEEV 1955)

Osteologia jest działem anatomii zajmującym się układem kostnym. Pozwala ona na rozpoznanie systematyczne danego osobnika. Umożliwia poznanie biomechaniki zwierzęcia, adaptacji ekologicznych oraz obserwacje trendów ewolucji. Dzięki temu wiemy że przykładowy tarbozaur był rodzajem dinozaura należącym do grupy teropodów, blisko spokrewnionym z słynnym gatunkiem *Tyrannosaurus rex*. Był to duży, dwunożny mięsożerca, polujący na inne dinozaury, o czym świadczą potężne kończyny tylne, zredukowane kończyny przednie, szerokie i masywne szczęki, oraz wielkie szablaste zęby. Skamieniałości tarbozaura znaleziono na terenie dzisiejszych Chin i Mongolii, zamieszkiwał Azję w późnej kredzie, około 70 milionów lat temu.

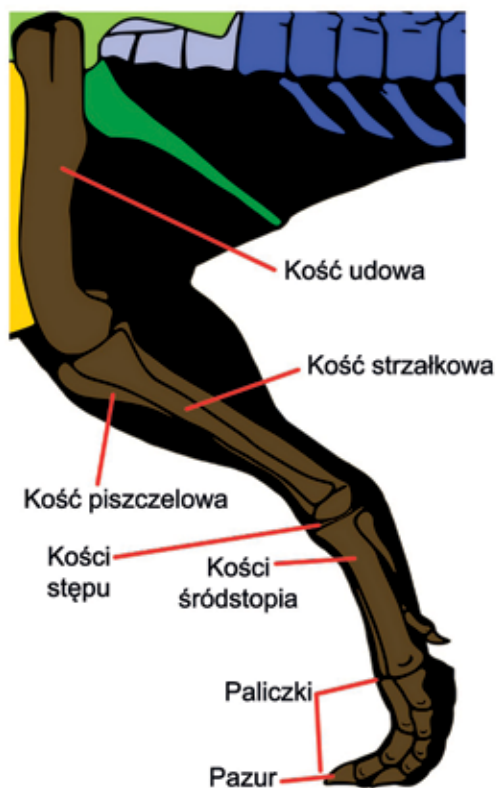
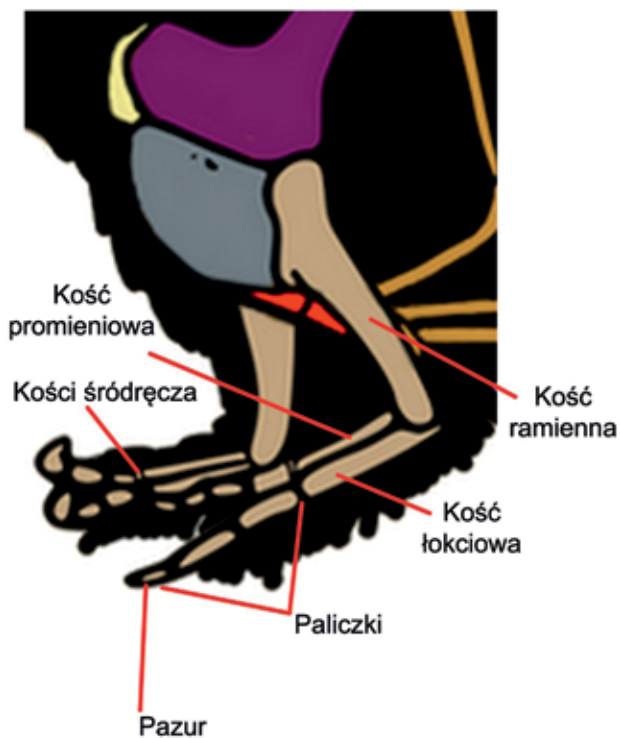
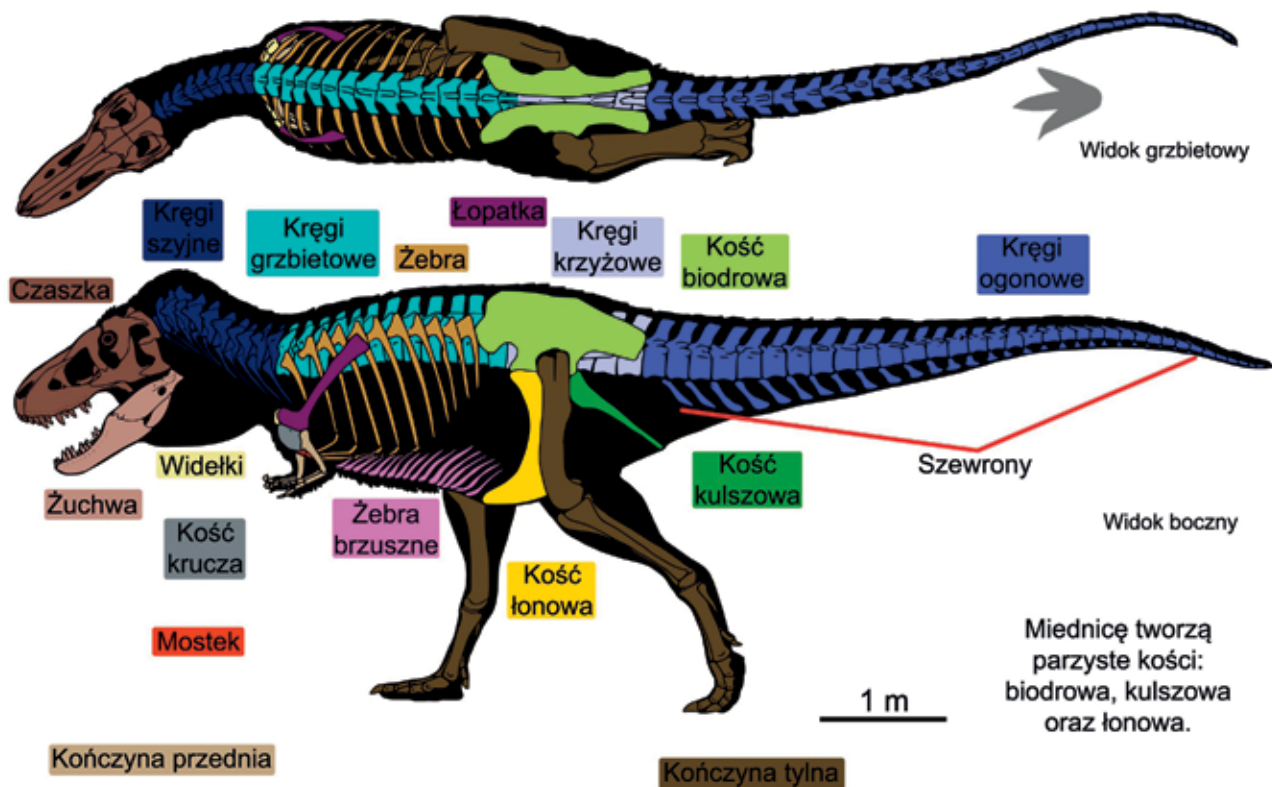
Niniejsze ilustracje powstały, aby ułatwić osobom zainteresowanym anatomią dinozaurów orientację w anatomii oraz mianownictwie polskim. W celu nauczania się angielskich anatomicznych słówek warto odwiedzić stronę Skeletal Drawing.com autorstwa paleontologa i paleoartysty Scotta Hartmana.

*mgr Szymon Górnicki (Kalisz);
e-mail: sgornicki@o2.pl*

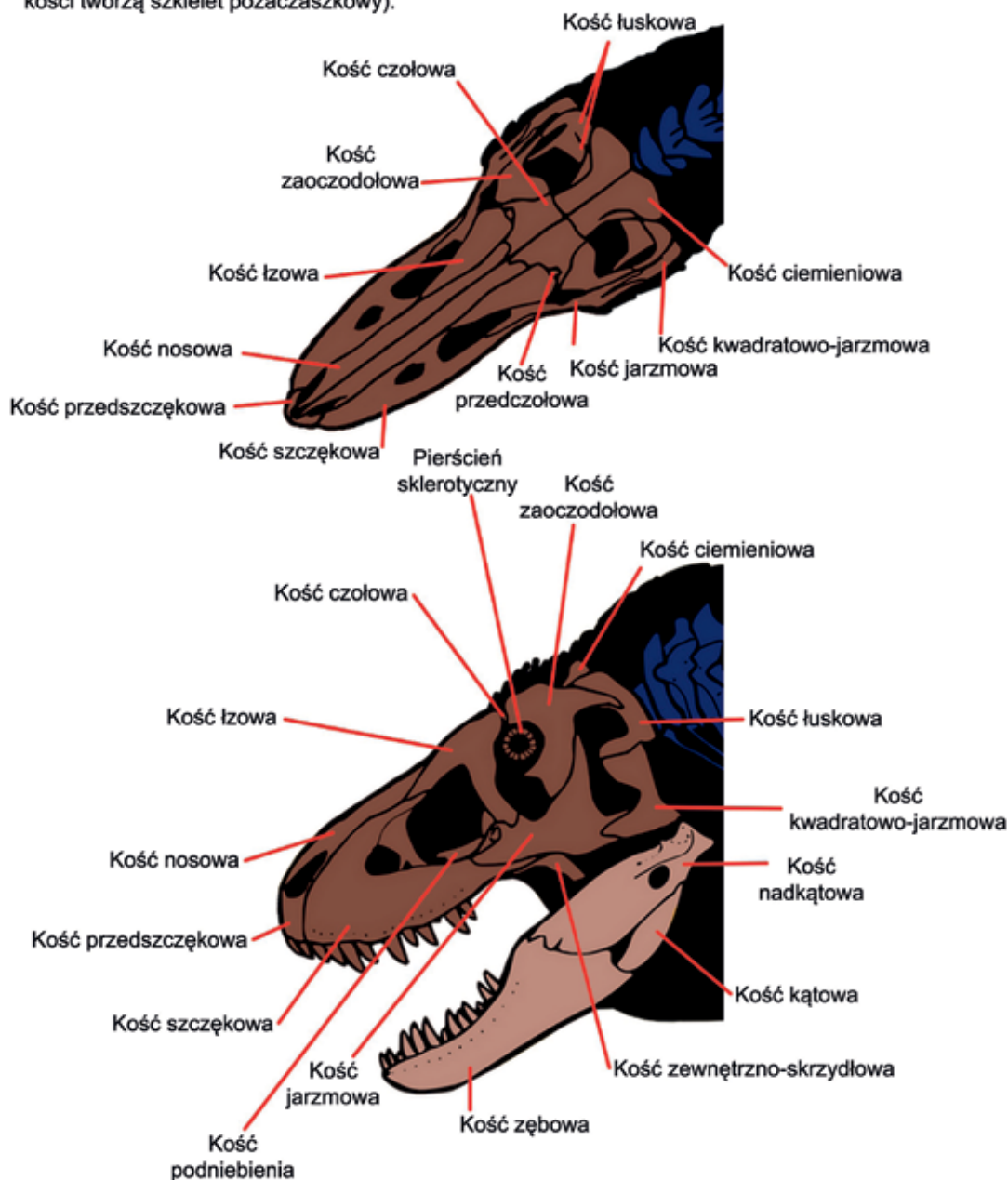
Bibliografia:

1. Aleksandrowicz, R. 1989. Mianownictwo anatomiczne. Wyd. 5. Warszawa: PZWL.
2. Currie, P. J., Hurum, J. H. and Sabath, K. 2003. Skull structure and evolution in tyrannosaurid dinosaurs. Acta Palaeontologica Polonica 48 (2): 227–234.
3. Hartman, S. 2013. Cheat-sheet to basic anatomy terms. Skeletal Drawing.com.
4. Hurum, J.H. and Sabath, K. 2003. Giant theropod dinosaurs from Asia and North America: Skulls of *Tarbosaurus bataar* and *Tyrannosaurus rex* compared. Acta Palaeontologica Polonica 48 (2): 161–190.
5. Larson, P.L., Carpenter, K. 2008. *Tyrannosaurus rex, the Tyrant King*. Indiana University Press. p. 325.
6. Maleev, E. A. 1955, (translated by F. J. Alcock). New Carnivorous Dinosaurs from the Upper Cretaceous of Mongolia. Doklady, Academy of Sciences USSR 104 (5): 779–783.
7. Sabath, K. 2005. Szkielet tarbozaura. Wystawa Muzeum Ewolucji Instytutu Paleobiologii PAN w Warszawie.

Osteologia dinozaurów na przykładzie szkieletu gatunku *Tarbosaurus bataar* (Maleev, 1955).



Kości czaszki widoczne w widoku grzbietowym i bocznym (kości czaszki= szkielet czaszkowy; pozostałe kości tworzą szkielet pozaczaszkowy).



STWIERDZENIE SZCZĄTKÓW PŁAZA BEZOGONOWEGO W WYRZUCONEJ BUTELCE

Powszechnie znany jest negatywny wpływ zaśmiecenia na środowisko przyrodnicze. Wśród nielegalnie wyrzucanych śmieci (w lasach, nieużytkach itp.) dominują butelki, które stanowią niebezpieczną pułapkę dla drobnych zwierząt [1, 2]. Fermentujące w nich pozostałości płynów przyciągają małe zwierzęta, szczególnie bezkręgowce, które z kolei mogą być przynętą dla drapieżników. Gładka i wilgotna

powierzchnia pojemników oraz ich specyficzny kształt nie pozwala wielu z nich wydostać się z pułapki, która często okazuje się śmiertelną – zwierzęta w butelkach giną m.in. z głodu, z powodu wysuszenia lub utopienia, jeśli w butelce zalega woda lub inne płyny [3]. Dotychczas opublikowano liczne doniesienia o znalezionych w wyrzuconych przez ludzi pojemnikach szczątkach małych ssaków [4], bezkręgowców

[5], rzadziej z kolei opisywano przypadki odnalezienia szczątków płazów i gadów. W przypadku gadów opisano znalezienie 150 martwych osobników jaszczurek *Podarcis hispanica atrata*, jednego osobnika *Sceloporus consobrinus* oraz dwóch niezidentyfikowanych jaszczurek [2,6,7]. Z kolei pierwszym stwierdzeniem dotyczącym płazów było odnotowanie 26 martwych osobników salamander z rodziny bezpłucnikowatych w Stanach Zjednoczonych [2].

19 maja 2015 roku w trakcie badań terenowych w okolicy trzech śródpolnych zbiorników wodnych zlokalizowanych we wsi Zacharzew (okolice Ostrowa



Ryc. 1. Kości płaza bezogonowego znalezione w butelce. Fot. M. Przybył.

Wielkopolskiego, południowa Wielkopolska) zebraliśmy nielegalnie wyrzucone pojemniki (butelki i puszki). W jednej butelce znaleźliśmy szczątki (kości długie oraz kręgi) płaza bezogonowego (Ryc. 1). Była to butelka z ciemnego szkła, prawdopodobnie po słodkim napoju lub piwie, o pojemności 0,2 l i średnicy otworu 18 mm. W środku oprócz szczątków płaza znaleźliśmy także martwe bezkręgowce, m.in. z rodziny biegaczowatych i muchowatych. Niestety na podstawie znalezionych kości nie udało się rozpoznać gatunku płaza. Przypuszczalnie był to osobnik należący do jednego z trzech występujących na pobliskich stawach gatunków: ropuchy szarej, kumaka nizinnej lub żaby wodnej. Według naszej wiedzy jest to pierwsze doniesienie o bezogonowym płazu znalezionym w wyrzuconej przez ludzi butelce.

Nasze znalezisko potwierdza, że wyrzucane butelki stanowią zagrożenie dla różnorodności fauny, w tym gatunków chronionych, jakimi są wszystkie występujące w Polsce gatunki płazów. Aby zwiększyć świadomość pro-przyrodniczą społeczeństwa zachęcamy do realizacji projektów mających na celu uprzątnięcie zalegających odpadów w miejscach cennych przyrodniczo (np. w ramach akcji „Sprzątanie Świata”) oraz przeglądania butelek w celu wykazania ich śmiertelnego wpływu na bioróżnorodność.

Bibliografia

1. Morris, P.A., Harper, J.F. 1965. The occurrence of small mammals in discarded bottles. *Proceedings of the Zoological Society of London* 145: 148–153.
2. Benedict, R.A., Billeter, M.C. 2004. Discarded bottles as a cause of mortality in small vertebrates. *Southeastern Naturalist* 3: 371–377.
3. Clegg, T.M. 1966. The abundance of shrews, as indicated by trapping and remains in discarded bottles. *Naturalist (Hull)* 899: 122.
4. Hamed, K.M., Laughlin, T.F. 2015. Small-mammal mortality caused by discarded bottles and cans along a US Forest Service Road in the Cherokee National Forest. *Southeastern Naturalist* 14: 506–516.
5. Kolenda L., Kurczaba K., Kulesza M. 2015. Zaśmiecanie jako śmiertelne zagrożenie dla drobnej fauny. *Przegląd Przyrodniczy* XXVI (2): 53–62.
6. Castilla, A.M., Bauwens, D. 1991. Observations on the natural-history, present status, and conservation of the insular lizard *Podarcis hispanica atrata* on the Columbretes archipelago, Spain. *Biological Conservation* 58: 69–84.
7. Dreier, C.A., Buerer, A.R., Guleso, K. 2015. *Sceloporus consobrinus* (Prairie Lizard). Mortality. *Herpetological Review* 46: 95.

Mgr Przybył Magdalena – Zakład Zoologii Systematycznej, Instytut Biologii Środowiskowej, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań.
E-mail: mesene@interia.pl

Mgr Krzysztof Kolenda Zakład Biologii Ewolucyjnej i Ochrony Kręgowców, Instytut Biologii Środowiskowej, Uniwersytet Wrocławski.
E-mail: krzysztof.kolenda@uwr.edu.pl

Wszechświat, tom II, 1883 (Fragmenty)

Artykuły autorstwa Józefa Nusbaum-Hilarowicza (1859–1917).

Józef Nusbaum-Hilarowicz był polskim zoologiem, ewolucjonistą, tworcą lwowskiej szkoły zoologicznej. Działal naukowo w Warszawie i Lwowie. Słynął jako wspaniały wykładowca z wielkim talentem pedagogicznym i życzliwością dla studentów.

TAJEMNICE Z ŻYCIA KWIATÓW.

napisał Józef Nusbaum,
kand. Nauk. Przyr.

I. Str. 65-67

Któż z nas nie zachwyca się pięknym kobiercem kwiatów, lechących oko jaskrawemi barwy, a zmysł powonienia rozkoszną wonią? I bujający w dziedzinie ideałów poeta i pozytywny badacz przyrody odczuwa piękno kwiatów, ale jakaż różnica w pojmowaniu tego piękna u jednego i drugiego! Pierwszy spogląda na barwny kwiatek, jak dziecię na zabawkę, podoba mu się, bo kształtny, bo mile pachnie; drugiemu widok kwiatów nasuwa na myśl liczne, ciekawe i prawdziwie cudowne fakty z tajemniczego ich życia.

Do czego służą kwiaty roślinom, jaki jest ich cel istnienia? Oto — wydanie owocu i nasienia, czyli utrzymanie przy życiu gatunku. Jak więc korzenie, liście i łodygi służą roślinom do odżywiania, do utrzymania przy życiu danego osobnika, danej jednostki, tak znów kwiaty mają za zadanie zachować przy życiu dany gatunek; roślina też kwiatów pozbawiona, żyje, rośnie, starzeje się, ale potomstwa po sobie nie zostawi.

Każdy z nas wie bezwątpienia o tem, że kwiaty składają się zwykle z kielicha, z różnorodnie zabarwionej korony, a oprócz tego szczególne jeszcze zawierają organy, zwane pręcikami i słupkami. Każdy słyszał zapewne i o tem, że te pręciki zakończone są na wierzchołkach t. z. pylnikami, t.j. szczególnymi woreczkami, które zawierają w sobie delikatny pyłek, zwany kwiatowym. Gdy kwiatek zupełnie dojrzała, woreczki te pękają, a uwolniony pyłek pada na wierzchołek (na t. zw. znamię) słupka i przedostaje się przez jego szyjkę do szczególnego, podstawowego rozszerzenia słupka, zwanego zawiązką, by zapłodnić znajdujące się tam jajeczka. Zapłodnione jajeczka dają początek nasionom, a cały zawiązek przechodzi w owoc, te nasiona otaczający.

Ta czynność tak prosta na pierwszy rzut oka, nie jest w rzeczy samej tak bardzo prostą, jak się niejednemu zapewne wydaje i długo, bardzo długo czekać było potrzeba, zanim zrozumiano, w jaki sposób zapłodnienie u kwiatów odbywa się i na czym właściwie polega.

Jeszcze Harvey, znakomity fizyolog angielski (1651) wyrzekł znany w nauce aforyzm: „Omne vivum ex ovo,” co znaczy, że wszystko co żyje rozwija się z jajka. A że jajko jest niczem innem, jak mniój lub więcej zmodyfikowaną komórką organiczną, możnaby więc powiedzieć, że wszystko, co żyje, rozwija się z komórki.

Długo szukano, gdzie są w jajku ukryte te właśnie komórki jajowate, które po zapłodnieniu w nasiona roślin przekształcić się mają. Dzięki pracom wielu botaników, a między nimi profesora Strasburgera, zagadka ta w zupełności wyświełona została.

Ażeby dać czytelnikom obraz, jak złożony, a przytem jak zajmujący jest proces powstawania komórki jajowej w kwiatku, oraz jej zapładniania, rozpatrzmy jako przykład zapłodnienie u Storczyka (Orchis)¹.

Budowa kwiatka storczyka jest odmienna nieco od budowy innych kwiatów, a przy pomocy załączonego tu rysunku postaramy się wyświełić ją w kilku słowach.

Figura 1 przedstawia schematyczne przecięcie kwiatka storczyka. Na rysunku tym kk oznaczają płatki korony; pręciki są tu dosyć oryginalnie zbudowane, a mianowicie składają się z dwu łodyżek (ll), unoszących na wierzchołkach swych dwie t. zw. masy pyłkowe (p), czyli woreczki, zawierające pyłek kwiatowy. Spoczywają te łodyżki na szczególnej podstaweczce (u), zwaną uczepeką. Poniżej tej ostatniej, w miejscu z znajduje się otwór, wyobrażający znamię słupka; otwór ten prowadzi do wąskiej szyjki (s), rozszerzającej się stopniowo w długi jakby woreczek (w), czyli zawiązek.

Tak więc w kwiatku storczyka nie widać na pierwszy rzut oka słupka, a jego szyjka z zawiązką jest umieszczona w miejscu, które nieświadomy przyjąłby za szypulkę kwiatową, t. j. wprost za ogonek, na którym kwiatek siedzi.

¹ Rodzina Storczyków (Orchideae) należy podobnie, jak lilijowate, trawiaście, palmy i t. d. do Jawnokwiatowych jednoliścieniowych (Monocotyledones). Opis nasz budowy i zapładniania kwiatów storczyków, dotyczy gatunku *Orchis fusca* i przedstawiony jest przeważnie na zasadzie prac Strasburgera.

Prócz wymienionych wyżej organów, na załączonym tu rysunku przedstawioną jest jeszcze jedna bardzo charakterystyczna część kwiatka storczyka, a mianowicie t. z. *ostroga* (sp), t. j. wydłużony, ku dołowi skierowany woreczek, biorący początek poniżej znamienia.

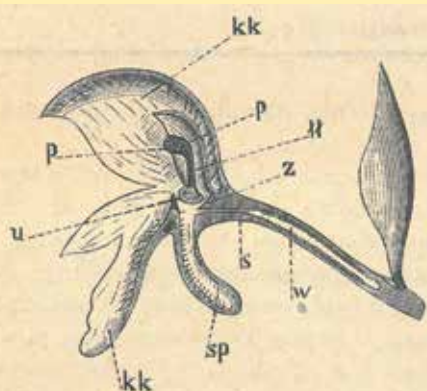


Fig. 1.

Figura 1 przedstawia schematyczne przecięcie kwiatka storczyka. Na rysunku tym kk oznaczają płatki korony; pręciki są tu dosyć oryginalnie zbudowane, a mianowicie składają się z dwu łodyżek (ll), unoszących na wierzchołkach swych dwie t. zw. masy pyłkowe (p), czyli woreczki, zawierające pyłek kwiatowy. Spoczywają te łodyżki na szczególnej podstawie (u), zwaną uczepeką. Poniżej tej ostatniej, w miejscu, gdzie znajduje się otwór, wyobrażający znamie słupka; otwór ten prowadzi do wąskiej szyjki (s), rozszerzającej się stopniowo

Zobaczmy teraz, co znajduje się w owym długim wąskim woreczku w, zwanym zawiązkiem. Aby przyjrzeć się jego wnętrzu, przetnijmy go w poprzek w którymkolwiek bądź miejscu, a dostrzeżemy następujący obraz (fig. 2-ga):

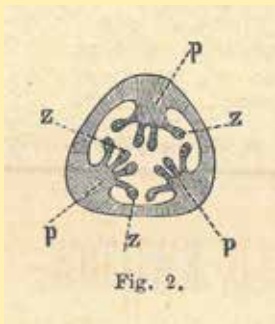


Fig. 2.

Fig. 2. Przecięcie podłużne przez kwiat *Aristolochii*. W bańkowatym rozszerzeniu korony widać dwie muszki (m).

Zobaczmy, że woreczek ten grube posiada ścianki, jest kształtu trójkątnego, a w trzech jego rogach ścianki są zgrubione (p, p, p). Na każdym takim zgrubieniu, zwanem łożyskiem (placenta), siedzą

cztery maleńkie łodyżki, z których każda dźwiga kulisto-owalny pączuszek, czyli zalążek (z). Jeśli poniżej lub powyżej zrobionego cięcia, znów poprzecznie przetniemy zawiązek, podobny otrzymamy obraz, co dowodzi, że owe trzy łożyska ciągną się wzdłuż całego zawiązka i pokryte są prawidłowo, w rzędy ułożonemi zalążkami.

Gdy zapłodnienie ma nastąpić, pyłek kwiatowy z pręcików pada na znamie (fig. 1, z), stąd zaś przez szyjkę (s) dostaje się do zawiązka, a specjalnie do owych zalążków, mieszczących w sobie jajeczka storczyka, czyli komórki jajowe, mające dać początek zarodkom przyszłych roślin.

Nielatwo-to jednak tę komórkę jajową w zalążku odnaleźć. Ale trochę cierpliwości i uwagi, a ręczę, czytelniku, że zadziwią cię zjawiska, jakie się odbywają w tej maleńkiej fabryczce życia.

Zobaczmy przedewszystkiem, jak wyglądają zalążki w młodziutkim storczyku. Użyjmy pomocy mikroskopu, a dostrzeżemy niebawem (fig. 3), że każdy z nich przedstawia kulisto-owalny twór, składający się z mnóstwa małych komóreczek (k), pomiędzy którymi pośrodku mieści się jedna wielka owalna komórka (a) z ziarnistą zawartością (protoplazmą) i dużym jądrem (n). Ta wielka komórka środkowa, błoniaste posiadająca ścianki, zowie się w nauce woreczkiem zarodkowym (saccus embrionalis).

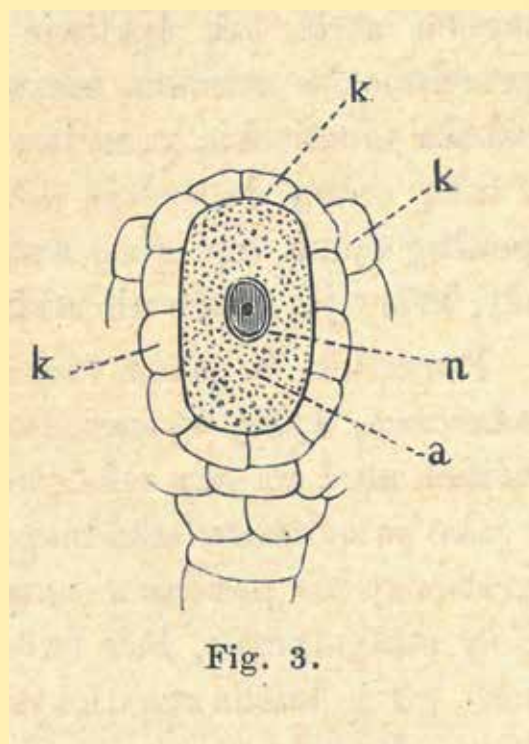


Fig. 3.

Każdy pomyśli, że zapewne ta duża, środkowa komórka jest właśnie jajkiem, owym skarbem w kwiatku storczyka, do którego tak trudny dostęp.

Ale wkrótce zostaniemy rozczarowani, gdy przyjrzymy się, jak dziwnym losom komórka ta z biegiem czasu ulega.

Na pewnym mianowicie stadyjum rozwoju, jądro tej komórki dzieli się, czyli rozpada na dwie połowy. Obie te połowy jądra oddalają się wzajemnie od siebie (fig. 4); jedna (s) oddala się ku górze, druga (b) ku podstawie woreczka zarodkowego, pośrodku zaś między nimi wydziela się oddzielający je płyn wodnisty (p w.).

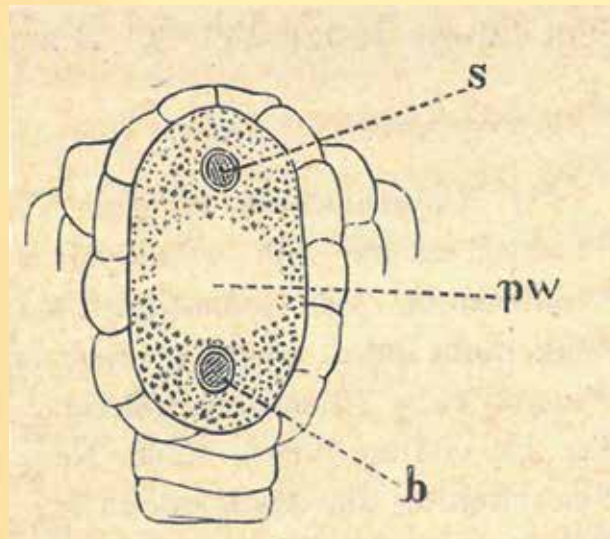


Fig. 4.

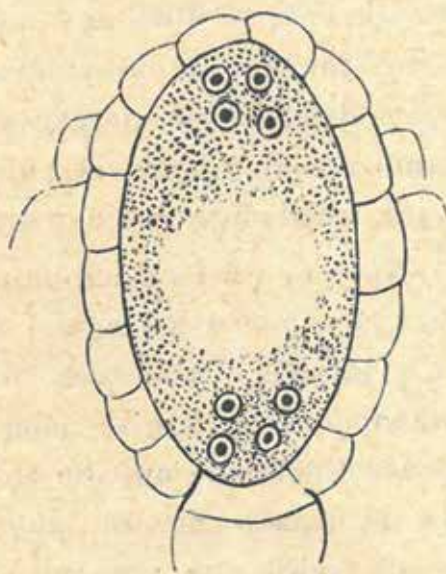


Fig. 5.

Niedługo potem, górne jądro dzieli się na pół, a każda połówka znów na pół, to samo dzieje się i z dolnym jądrem. Cóż z tego wynika? Otóż (fig. 5), wewnątrz pierwotnego woreczka zarodkowego, powstały 4-ry jądra górne i 4 ry dolne, pogrążone w masie zarodki (protoplazmy).

Tak w grupie górnych, jak i dolnych jąder (fig. 6); trzy z nich otaczają się znów dokola specjalną warstwą zarodki, oraz szczególną błoną zewnętrzną i przechodzą w taki sposób w trzy młode komórki (a, b, c, a', b', c'), czwarte zaś jądro (n, n') w obu grupach nie otacza się wcale protoplazmą, lecz pozostaje gołym, jakby osieroconem.

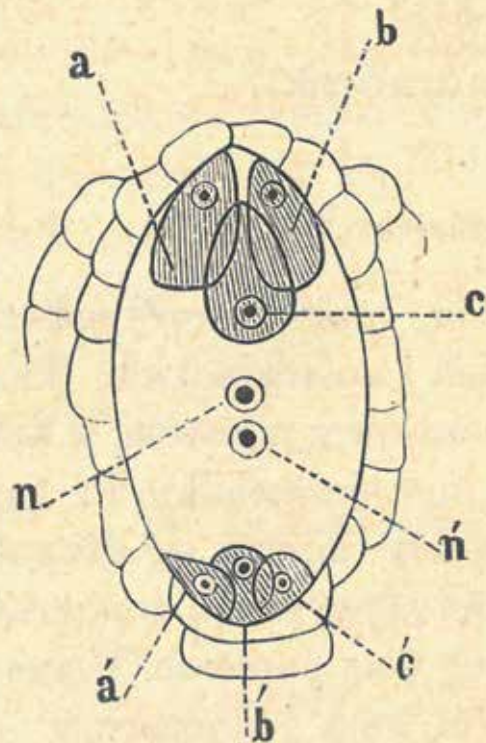


Fig. 6.

Trzy komórki górnej grupy pozostają pewien czas niezmienione na wierzchołku, trzy dolne przy podstawie woreczka zarodkowego, a gołe dwa jądra obu grup zbliżają się wzajemnie ku sobie; górne jądro spuszcza się na dół, dolne wznosi się ku górze, a spotkawszy się po środku drogi, zlewają się razem w jedno wielkie jądro kuliste, które widać na fig. 7-éj (n).

Cóż więc mamy na miejscu pierwotnej komórki (a), którą widzieliśmy pośrodku zalążka na fig. 3-éj ? Oto mamy owalny woreczek, wodnistym

wypełniony płynem i zawierający 3 komórki na górze, czyli wierzchołkowe, 3 u podstawy, czyli podstawowe, oraz w samym środku jedno wielkie kuliste jądro.

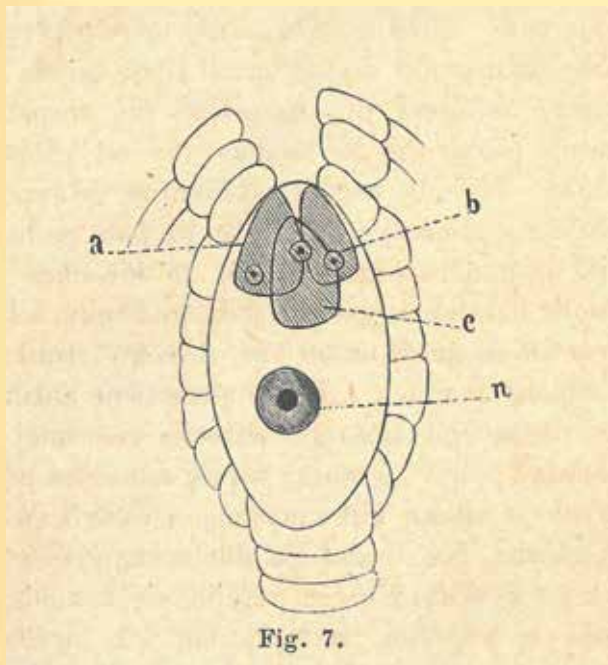


Fig. 7.

Część II, str. 196-199

Wiemy już, że dla wytworzenia nasion potrzebne jest zlanie się zawartości ziarenka pyłku kwiatowego z zawartością zalążka (jajeczka). Pyłek kwiatowy, jak wiemy, pada na znamię słupka i stąd dostaje się do ukrytych w zawiązku zalążków. Przy zjawisku tem różne jednak zachodzić mogą okoliczności. Najprostszą będzie ta czynność wtedy, gdy pyłek z pręcików spadnie na znamię słupka tegoż samego kwiatka; mogą być atoli i inne wypadki, a mianowicie: pyłek kwiatowy czyto za pośrednictwem wiatru, czyto przy pomocy przelatujących z kwiatka na kwiatek owadów przeniesionym być może na znamię słupkowe innego kwiatka tegoż osobnika, lub też na znamię kwiatka, znajdującego się na innym zupełnie osobniku.

Bardzo więc naturalnie zachodzi teraz pytanie, czy dla roślin jest korzystniej, gdy jajeczka kwiatka zapładniane bywają przez własny jego pyłek kwiatowy, czyli; że tak powiem, bywają samozapładniane, czy też — przez pyłek innych kwiatów i czy takie przenoszenie pyłku z jednych kwiatów na drugie, czyli takie krzyżowanie jest dla roślin pożytecznem lub nie, czy z krzyżowania powstałe osobniki będą silniejsze i zdrowsze od tych, które się z jajeczek samozapładnionych rozwinęły? Różni badacze usiłowali rozwiązać to ciekawe i ważne pytanie.

Karol Darwin w pracy swój p. t. „Działanie krzyżowanego zapładniania i samozapładniania” przedstawił rezultaty swych doświadczeń w tym kierunku, dokonanych na 2300 roślinach, należących do 57 różnych gatunków. Praca ta była rezultatem trzydziestoletniego okresu ścisłych obserwacji, podczas których rośliny aż przez 10 często pokoleń badane bywały.

Doświadczenia Darwina wykazały, że jakkolwiek w wielu wypadkach samozapłodnienie w ciągu kilku nawet pokoleń mające miejsce, pod żadnym względem zgubnie na potomstwo nie oddziaływa, to jednak z drugiej strony krzyżowanie widoczny wywiera wpływ na wzmocnienie potomstwa i powiększenie jego siły reprodukcyjnej.

Darwin przychodzi także do ciekawego wniosku, że jeśli krzyżowanie ma miejsce pomiędzy osobnikami bardzo podobnymi, które przez długi czas w jednakowych zupełnie żyły warunkach, nie przynosi wtedy często żadnej prawie korzyści. Jeśli zaś przeciwnie krzyżowanie odbywa się pomiędzy osobnikami, żyjącymi w różnych miejscowościach i przy odmiennych warunkach zewnętrznych, wtedy działanie jego bardzo stać się może pożytecznem. Tak np. opisuje Darwin: przez krzyżowanie osobników tytoniu (*Nicotiana Tabacum*) w jednym rosnących ogrodzie, rośliny nic nie zyskiwały, a nawet przeciwnie z samozapłodnienia powstałe osobniki, przewyższały do pewnego stopnia wzrostem swym osobniki, powstałe drogą krzyżowania. Ale coś nastąpiło, gdy do krzyżowania użyte były osobniki z innego zupełnie pochodzące ogrodu? Otóż pokazało się wtedy, że osobniki powstałe z krzyżowania o wiele przewyższały wzrostem swym te, które powstały drogą samozapłodnienia; wysokość pierwszych do wysokości ostatnich miała się bowiem jak 100 do 72, ciężar zaś pierwszych do ciężaru drugich jak 100 do 63, przy tem pierwsze wyrastały szybciej i kwitły prędkiej, a gdy Darwin hodował pewną ilość osobników obu kategorii w jednej niewielkiej doniczce, osobniki krzyżowane pozostawały zwycięzcami w walce o byt. Fakty tego rodzaju wskazują wymownie, jak pożytecznem dla roślin może być w pewnych razach krzyżowane zapładnianie.

Sir John Lubbock podobne przeprowadzał badania i do tych samych, co Darwin doszedł także wniosków. Tak np. powiada, że gdy zasadził w jednej i tej samej donicy sześć nasion skrzyżowanych i sześć samozapłodnionych rośliny zwaney Powojem purpurowym (*Ipomea purpurea*), z pierwszych wyrosłe osobniki dochodziły do 7 stóp wysokości, z ostatnich tylko do 5, przytem pierwsze wydały kwiaty o wiele większe i piękniejsze niż

ostatnie. Fryderyk Müller posuwa się jeszcze dalej, twierdzi bowiem, że u wielu storczyków pyłek kwiatowy i znamię słupkowe jednego i tego samego kwiatka, przy zetknięciu wzajemnem oddziałują na siebie jak trucizny. Zauważył on mianowicie, że kwiaty, na których znamię słupkowe pada własny ich pyłek, więdną i odpadają; że w tym razie tak ziarenka pylnikowe, jakoteż i znamię, kurczą się i butwieją.

Te i tym podobne fakty przekonywają tedy, że płciowe łączenie się komórek roślinnych (jajeczka i ziarenka pylnikowego) bardzo bliskie mających pochodzenie, (rozwijających się w jednym i tym samym kwiatku) niekorzystnem, a nawet wprost szkodliwem być może dla życia roślin. Jeśli więc tak jest w rzeczy samej, zachodzi tedy pytanie, w jakiż sposób unikają rośliny samozapłodnienia? Zobaczmy, że w tym celu najrozmaitsze istnieją urządzenia. Najbardziej z nich rozpowszechnionem jest poprostu wzajemne oddzielenie obu płci, t. j. kwiatów, posiadających tylko pręciki (kwiaty męskie) od kwiatów, mających tylko słupki (kwiaty żeńskie). W tym razie zachodzić jednak mogą, jak wiadomo, trzy wypadki, a mianowicie: albo na jednym i tym samym osobniku roślinnym istnieją oddzielne kwiaty pręcikowe i oddzielnie słupkowe (są to t. zw. rośliny oddzielnopłciowe — *monoecia*), lub też na jednych osobnikach danego gatunku znajdują się kwiaty tylko pręcikowe, na drugich zaś tylko słupkowe (są to t. zw. rośliny rozdzielнопłciowe — *dioecia*), albo wreszcie na danym osobniku spostrzegamy kwiaty, mające pręciki i słupki, a jednocześnie także kwiaty tylko pręcikowe i tylko słupkowe (są to tak z. rośliny pomieszano-kwiatowe, wielopłciowe — *polygamia*). Wszystkie te urządzenia, polegające na oddzieleniu jednej płci od drugiej, powodują też krzyżowanie w zapłodnieniu pomiędzy kwiatami jednego i tego samego osobnika, lub też pomiędzy kwiatami różnych osobników.

Inne ważne urządzenie, powstrzymujące samozapłodnienie kwiatów polega na tem, że pręciki i słupki nie dojrzewają w kwiatku jednocześnie, a mianowicie, gdy słupek w danym kwiecie zdolnym już jest do przyjęcia pyłku kwiatowego, pylniki jeszcze nie dojrzały, gdy zaś pyłek dojrzewa, otwór znamienia słupkowego zamyka się i już pyłku nie jest w stanie przyjąć. W tych więc razach pyłek kwiatowy bywa przenoszony z jednych kwiatów na drugie, t. j. z tych, w których pyłek kwiatowy zdołał już dojrzeć na te, które posiadają już dojrzałe słupki.

Istnieją jeszcze liczne inne, prawdziwie ciekawe urządzenia, sprzyjające takiemu krzyżowanemu zapłodnieniu, a które poznamy w następujących

pogawędkach; tymczasem zastanówmy się nieco nad tem, w jaki to sposób pyłek kwiatowy przedostaje się z jednych kwiatów na drugie.

Odbywa się to głównie dwiema drogami, a mianowicie: albo przy pomocy wiatru lub też za pośrednictwem owadów, które, jak wiadomo, odwiedzają kwiaty, by wysysać ukryty w nich sok słodki.

Zapładnianie kwiatów za pośrednictwem owadów zdarza się najczęściej, do czego służą szczególne, nader ciekawe urządzenia z jednej strony w budowie kwiatów, z drugiej zaś w budowie niektórych organów samych owadów.

Bez pomocy owadów krzyżowane zapładnianie u kwiatów dokonywa się o wiele rzadziej, jak to np. widzimy w rodzaju *Pilea*, należącym do rodziny Pokrzywowatych, lub też w rodzaju *Broussonetia*, zaliczanym do Morwowatych. U roślin tych pylniki pręcików zwinięte w złożeniu pączkowem, przy dojrzewaniu szybko i energicznie się prostują, wyrzucając przytem z siłą lekki pyłek kwiatowy, który w postaci jakby delikatnej chmurki, w powietrzu zawieszony, unoszony zostaje przez wiatr na organy żeńskie (słupki) innych kwiatów.

Ciekawszy jeszcze przykład przedstawia pod tym względem żyto. Kwiateczki kłosu żytniego otwierają się jeden za drugim zwykle nad ranem. Otóż, przy tem otwieraniu się kwiatów nitki pręcikowe szybko i energicznie prostują się, wyrzucając dojrzałe pylniki poza obręb plewek kwiatowych. Zwieszają się tedy ku dołowi te pylniki na wydłużonych nitkach i pękając niezdługo, uwalniają ciężki i gęsty pyłek kwiatowy, który też spada na niżej siedzące na kłosie kwiatki, lub też na niżej znajdujące się kwiatki sąsiednich kłosów. Pyłek ten spada własnym swym ciężarem, a lekki powiew wietrzyka, kołyszac wybijające kłosa, ułatwia w wysokim stopniu strząsanie pyłku kwiatowego.

Ileż razy podziwialiśmy uroczy obraz kołysania się bujnych łąnów zboża pod wpływem ożywczego tchnienia rannego wietrzyka — ale czy pomyśleliśmy kiedy, jak pożytecznem jest to bujanie dla życia kłosów, jak głęboką tajemnicą, kryjąca się w tem tak powszedniem zjawisku?

Rozpatrzmy teraz kilka przykładów współudziału owadów przy krzyżowanym zapładnianiu kwiatów. Zacniemy od jednego z najbardziej znanych przykładów, opisanego poraz pierwszy przez badawczego i spostrzegawczego Sprengela (1793 r.). Mam na myśli sławną *Aristolochia Clematitis*.

Młody kwiatek tej rośliny (fig. 1) posiada rurkowatą koronę (właściwie okwiat), rozszerzającą się ku górze z jednej strony w szeroki płatek (p), niby żagielek, ku podstawie zaś w kulistą bańkę (b),

poniżej której osadzony jest długi zawieszek (z). Kwiatki na krótkich ogonkach siedzą po kilka razem na łodydze w kątach liści.

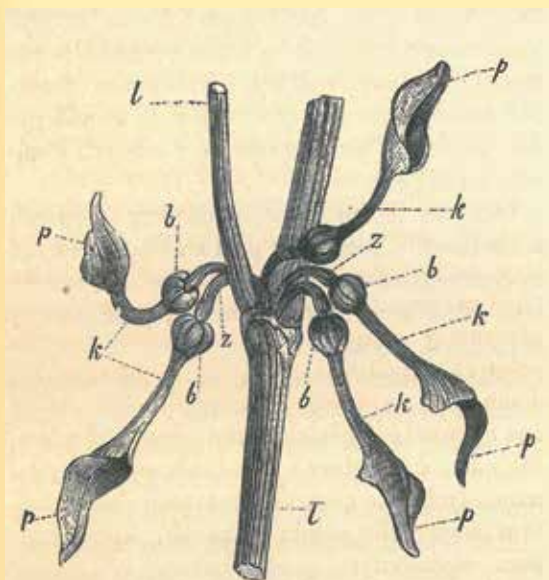


Fig. 1. Kawałek łodygi (l) i ogonka liściowego (l) Aristolochii, w kącie którego siedzą kwiatki (k).

Figura 2-ga przedstawia przecięcie podłużne kwiatu. Widzimy tu, że wewnątrz rurkowatej korony (c) mieszczą się liczne włoski ku dołowi skierowane (w). Wewnątrz bańkowatego rozszerzenia (b) korony, widzimy pośrodku słupek ze znamieniem (n), pod którym umieszczone są pylniki pręcików (p, p).

W młodym kwiatku, w którym jeszcze nie dojrzały pylniki, wchodzą w nadziei znalezienia słodkiego miodu drobne muszki, (m, m) niosąc na włoskach swych grzbietach pyłek kwiatowy, którym w przedtem odwiedzonych przez nie kwiatkach odkryte zostały. — Kierunek w rurce włosów z góry ku dołowi sprzyja ich wędrówce do wnętrza kwiatka, gdyż włoski, lgnąc do ścianek rurki, torują gościom wolną drogę. Wchodzą mali ci goście skrzydlaci do bańkowatego rozszerzenia kwiatu, niby do izby stołowej, — gdzie spodziewają się słodką zastawę. Ale w niegościnnym wnętrzu nic niestety dla biednych owadów nie przygotowano. — Niezadowolone tedy ze swego losu, głodne i zrospaczone, czemprędzej chcą opuścić niegościnnie wnętrze kwiatu. Ale cóż? Gęste włoski w rurce ku dołowi końcami skierowane, nie pozwalają im wydostać się z więzienia. Biegają więc zniecierpliwione muszki po ściankach ciemnego lochu, trzepocą skrzydłkami, ocierają się o słupek, a pyłek kwiatowy spada tymczasem z ich grzbietów i dostaje się na znamieńkę słupkową, by zapłodnienia dokonać. Wkrótce po tem brzożki znamienia zaginają się ku górze.

Gdy zapłodnienie przez obcy pyłek dokonane zostało, pylniki dojrzewają, a wysypujący się z nich pyłek znów pokrywa włosate grzbiety więźniów. Niewola długo już nie trwa; wkrótce po dojrzewaniu pylników, włoski na rurce zanikają, droga staje się wolną i drobne owady pyłkiem obciążone, wydostają się na boży świat, by znów szczęśliwie bujać pośród zdradzieckiego kwiecia.

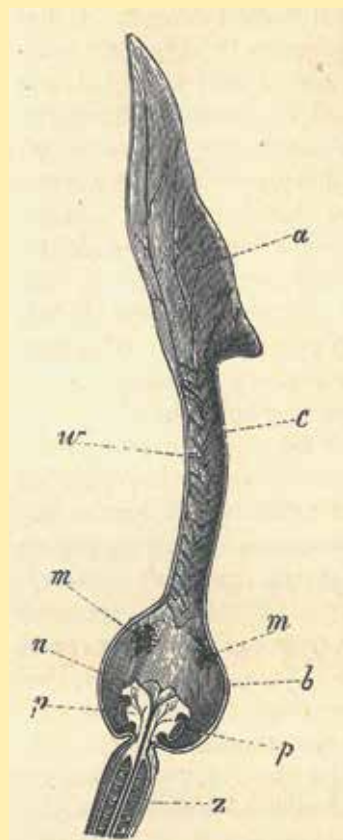


Fig. 2. Przecięcie podłużne przez kwiat Aristolochii. W bańkowatym rozszerzeniu korony widać dwie muszki (m).

Niepomne widocznie na przykrości długiej niewoli, znów dążą na inne młode kwiatki Aristolochii, zapładniając je w podobny sposób unoszonym przez siebie pyłkiem kwiatowym. Kwiaty, które raz przez owady odwiedzane, przy ich pośrednictwie zapłodnione już zostały, nie potrzebują więcej ich odwiedzin; to też wnet po opuszczeniu przez maleńkich gości kwiatka, żagielkowaty płatek (fig. 2, a) niby chorągiew pochyla się nad otworem korony, zamykając niegościnnie wrota przed krążącymi w pobliżu owadami.

Oto piękny przykład kwiatów, gdzie skutkiem niejednoczesnego dojrzewania słupka i pręcików odbywa się krzyżowane zapłodnienie przy pomocy skrzydlatego światka.

MUZYKA OWADÓW.

Str. 232–236

skreślił Józef Nusbaum,

Gdy po skwarным dniu letnim wyjdziemy wieczorem na łękę, by swobodnie i głęboko odetchnąć, wszystkie zmysły nasze dziwnie przyjemnego doznają uczucia. Oko gubi się w cudownym obrazie zachodzącego słońca, woń ziół polnych mile nas upaja, a ucho chwytą monotonną, posępną, lecz przytem tyle uroku mającą piosnkę drobnych śpiewaków natury. To chrząszcz jaki zabrzęczy nam w locie nad uchem i jak upiór przepada w cieniach zmroku, to konik polny zaszumi i nagle spłoszony ucicha na chwilę, by znów piosenkę rozpocząć, to wreszcie donośny głos świerszcza rozdziera uroczą ciszę.

Muzyka owadów oddawna zwracała na siebie uwagę badaczy i wszystkich tych, którzy w poznawaniu tajemnic natury przyjemności szukać umieją. Już Arystoteles w swój „Historii zwierząt” zastanawia się nad dźwiękami owadów i stara się objaśnić różne sposoby ich powstawania, a poeci greccy (Anakreon) piszą ody na cześć tych maleńkich synów Euterpy.

Pomiędzy wszystkimi, dźwięki wydającymi owadami, bezwątpienia prym trzymają sławne piewiki (Cicadidae), należące do rzędu owadów półtępokorych (Hemiptera). Nieraz pewno zdarzało się czytelnikowi znajdować w lecie na liściach lub gałązkach różnych roślin białe kupki śluzu, zupełnie do śliny ludzkiej na pierwsze wejrzenie podobne. Otóż w śluzie tym ukryte są drobne zielonawe gąsieniczki małego owadka, zwanego skoczkiem piewikiem; śluz ten wydziela z siebie gąsieniczka, by ukryć się przed wzrokiem nieprzyjaciół. Ten to właśnie skoczek piewik jest jednym z najpospolitszych u nas przedstawicieli rodziny piewików (Cicadina), których gatunki egzotyczne nadzwyczajną posiadają zdolność wydawania dźwięków. Z pośród tych śpiewaków zamieszkuje południową Europę gatunek zwany piewikiem mannikiem (Cicada orni), prócz śpiewu słynny także i z tego, że przez nakłucie młodych pędów jesionu mannowego (Fraxinus ornus), powoduje wyciekanie z nich soku, tężejącego na powietrzu i dającego t. zw. mannę leczniczą. Inny gatunek piewika, zwany śpiewającym (Cicada plebeja), żyje nie tylko w południowej, lecz i w środkowej Europie.

Dźwiękami piewików zachwycali się starożytni Grecy, a myt ich o pieśniach tych stworzonek prawdziwie poetyckim tchnie duchem. Dwaj harfiarze, Eunomos i Ariston wszczynają z sobą zapasy,

gdy wtem pierwszemu pęka struna u harfy; ale w tej chwili przylata piewik, siada na jej miejscu i zwycięstwo sprowadza. Stąd też na harfie siedzący piewik stanowił u Greków wyobrażenie muzyki. Starożytni, podobnie jak to obecnie jeszcze czynią Chińczycy, zamykali owady te w klatkach i trzymali po domach, by przysłuchiwać się ich śpiewowi. „Musi więc śpiew ten być widocznie przyjemnym dla pewnych uszu” — powiada Darwin („Dobór płciowy”). Piewiki Ameryki południowej równie znane są ze swego śpiewu. „Każdy, kto spacerował — pisze Darwin — po zwrotnikowych lasach, słyszeć musiał wrzaskliwy i hałaśliwy śpiew samców skoczków (Cicadidae). Wrzaskliwy śpiew ten słyszeliśmy i na pokładzie statku „Beagle”, kiedyśmy zarzucili kotwicę o ćwierć mili od brzegów Brazylii, a kapitan Hancock powiada, że słyszeć go i w odległości mili” („Dobór płciowy”). — Dźwięki te, które jako skrzypienie, świst, świerk, śpiew przedstawiają się uchu, powstają w osobliwszy sposób. Bliższe poznanie ciekawego aparatu muzycznego tych owadów, zawdzięczamy szczególnie znakomitemu badaczowi, H. Landois, który w pięknej swej pracy „O przyrządach dźwiękowych owadów” (1867) rozjaśnił mnóstwo dotyczących wogóle tego przedmiotu kwestyj. W roku 1878 Paul Mayer (Zeitschrift f. wiss. Zool.) zapoznał nas jeszcze dokładniej z przyrządami muzycznymi piewików.

Wszystkie owady oddychają zapomocą tak zw. dychawek (tracheae). Budowę tych przyrządów można sobie wystawić w następujący sposób. Po bokach ciała znajdują się parami ułożone maleńkie otworki; otóż otworki te na powierzchni ciała ułożone, a zwane otworami oddechowymi (przetchniki, stigmata), prowadzą do szczególnych rurek, dychawek, rozgałęziających się we wnętrzu ciała owada i otaczających różne jego organy. Powietrze przenika zzewnątrz przez otworki i rozchodzi się rurkami po całym wnętrzu ciała; ponieważ zaś ścianki tych rurek bardzo są cienkie, następuje tedy przez nie wprost dyfuzja gazów i w taki sposób tkanki ciała wciąż otrzymują świeże zapasy tlenu.

Otóż Landois rozpatrywał u piewika szczególną budowę pary takich otworów oddechowych, znajdujących się z boków brzusznej strony zatulowia (methatorax). Są one bardzo długie i nader wąskie, tak, że przedstawiają się wprost w kształcie małych szczelin. Każda z tych szczelin otoczona jest z obu stron dwiema błoniastymi, delikatnymi listewkami, które Landois nazywa głosowemi (Stimmbänder). Szparkowaty otworek zatem znajduje się pośrodku pomiędzy dwiema listewkami głosowemi. Gdy powietrze z dychawek na zewnątrz przez otwory

oddechowe wychodzi, listewki drgać zaczynają, podobnie jak drgają brzegi otworu pieszczalki, gdy do jęj wnętrza powietrze wpędzimy, sprawiając w ten sposób powstawanie dźwięków.

Tak więc powstają dźwięki u piewika, a do wzmocnienia ich służy specjalny przyrząd, mający znaczenie rezonatora. Przyrząd ten, znany już dawniejszym badaczom (Réaumur, Rösel), był przez nich uważany za właściwy aparat dźwiękowy piewików i dopiero Landois pierwszy zwrócił uwagę na prawdziwe jego znaczenie. Przyrząd ten łatwo u piewika odszukać. Na brzusznej stronie zatulowia znajdują się poza parą odnóży tylnych dwie szerokie łuski bloniaste. Gdy łuski te podniesiemy, dostrzeżemy pod nimi dwa głębokie dolki, jeden przy drugim leżące. Na dnie każdego z tych dołków znajduje się nadzwyczaj delikatna, tęczowemi kolorami błyszcząca błoneczka. Każdy z tych dołków, niby bębenków bloniastych, otoczony jest jeszcze chitynowym pierścieniem, w związku z którym znajduje się duża bloniasta łuska. Przy podstawie każdej z tych ostatnich leży właśnie szparka oddechowa zatulowia. Cały ten złożony przyrząd ma na celu wzmocnianie dźwięków, powstających przy wychodzeniu powietrza z otworów oddechowych. Tylko samce piewików zdolne są do wydawania głosu, samice zupełnie są nieme.

Dźwięki piewików powstają tedy za pośrednictwem organów oddechowych, stąd też słusznie dźwięki ich głosem nazywać można. W podobny zupełnie sposób wydają także głos i niektóre muchy nasze, jak to wkrótce zobaczymy. Brzęczenie komarów, much i pszczoł każdemu jest znane. Różni naturaliści rozmaicie objaśniali powstawanie tych dźwięków, a w szczególnie dowcipny sposób tłumaczył je sobie Arystoteles. Wiadomo, że u muchowatych i pszczołowatych owadów tułów łączy się z odwłokiem zapomocą cienkiej bloniastej części. Otóż Arystoteles wyobrażał sobie, że przez tę bloniastą rurkę przepędzane wciąż powietrze, wprawia w drganie delikatne jęj ścianki, powodując powstawanie charakterystycznego brzęku. Ale proste doświadczenie przekonać nas może o mylności takiego przypuszczenia. Jeśli bowiem ową rurkę, łączącą pierś z odwłokiem, przewiążemy pośrodku nitką tak, że komunikacja zostanie w niej przerwana, to nie tylko owad dźwięków nie przestanie wydawać, ale dźwięki te nawet nie osłabną wcale.

Landois przekonał się, że muchy są w stanie wydawać brzęczenie rozmaitymi częściami swego ciała. I tak, naprzód powstają dźwięki przez drganie skrzydeł, dalej przez wzajemne tarcie pierścieni odwłoka, wreszcie przez tarcie o przedni brzeg

tułowia głowy, szybko poruszanej. Najniższy ton wydają skrzydła, wyższy cokolwiek pierścienie odwłoka, najwyższy zaś powoduje ruch głowy. W taki sposób dźwięki much powstają przez drganie rozmaitych zewnętrznych części ciała. Ale prócz tego muchy są także zdolne, podobnie jak piewiki, wydawać głos za pośrednictwem organów oddechowych. By przekonać się o tem, następujące można zrobić doświadczenie. Schwyćmy wielką lśniącą, brzęczącą przy szybkiej muchę, odetnijmy jęj szybko głowę i skrzydelka, oderwijmy wszystkie sześć nóżek i wreszcie oddalmy odwłok. Pozostanie więc sam tułów, pozbawiony wszystkich organów zewnętrznych, zdolnych do wytwarzania dźwięków, a jednak tułów ten przez pewien jeszcze czas silnie wydawać będzie dźwięki. Muszą więc tu być jakieś wewnętrzne przyrządy głosowe, a niemi są właśnie otworki oddechowe tułowia. Znajdujemy ich tu cztery pary. U licznych much, zdolnych do wydawania głosu, otworki oddechowe tułowia szczególną posiadają budowę. A mianowicie, otwór każdej z nich nie prowadzi, jak zwykle, wprost do rurkowatej dychawki, lecz do osobnego pęcherzykowatego, półkulistego rozszerzenia (jak to np. u muchy plującej (*Musca vomitoria*) widać), które dopiero w rurkowatą przedłuża się dychawkę. Ścianka tego pęcherzykowatego rozszerzenia wielokrotnie jest sfalderowaną, a fałdki te mają postać nader delikatnych bloniastych blaszek; gdy więc prąd powietrza przez taki pęcherzyk przechodzi, wprawione w drganie blaszki powodują powstawanie głosu. Dosyć jest zalepić kropelką gumy arabskiej lub woskiem otworki oddechowe, ażeby głośno brzęcząca pierś oniemiała. Jakkolwiek powyższe doświadczenie bardzo wymownie przemawia za teorią D-ra Landois, co do sposobu powstawania głosu w opisywanym wypadku, to jednak w ostatnich czasach znakomity na polu fizjologii głosu badacz, profesor P. Grützner² stanowczo teorii tej się sprzeciwił. Prof. Grützner twierdzi, że dźwięki, jakie izolowany tułów muchy wydaje, powstają skutkiem szybkich kurczów mięśni piersiowych, wprawiających w drganie ścianki. Przez zalepianie zaś otworów oddechowych nie dlatego, według Grütznera, pierś muchy brzęczeć przestaje, iż ustają drgania bloniastych blaszek dychawkowych, lecz jedynie dlatego, że skutkiem braku powietrza czynność samych mięśni w wysokim stopniu się osłabia.

Zwróćmy się teraz do skrzypków owadziego koncertu. — Wiele bardzo owadów wydaje dźwięki

² „Physiologie d. Stimme u. Sprache» von D-r P. Grützner, 1879.

zapomocą specjalnych przyrządów, które zupełnie do skrzypców porównać można. Mamy tu bowiem wszędzie dwa narzędzia, które pocierając się wzajemnie jak smyczek po strunach, wydają najrozmaitsze brzęczące i piskliwe dźwięki.

Do takich artystów-skrzypków należą liczni przedstawiciele rzędu owadów prostoskrzydłych (Orthoptera), oraz chrząszczy (Coleoptera).

Jako przykład, rozpatrzmy budowę przyrządu muzycznego dołączana (*Stenobothrus pratorum*). Owad ten do konika polnego podobny, zamieszkuje setkami nasze łąki i latem głośnie wydaje na nich koncerty.

Smyczki umieszczone są u tych owadów na udach tylnej pary nóg. Golem okiem doskonale odróżnić można na wewnętrznej powierzchni każdego uda ciągnącą się wzdłuż listewkę. Rozpatrując zapomocą mikroskopu, widzimy, że listewka ta jest utworzona przez rząd delikatnych ząbeczków, których liczba wynosi 85-93. Ząbki te jednakowej są wielkości. Kształt mają lancetowaty i znajdują się w jednakowej jeden od drugiego odległości.

Inne części przyrządu muzycznego dołączana mieszczą się na pokrywach skrzydłowych, a mianowicie na każdej z nich ciągną się liczne żyłki, z których jedna, podłużna, szczególnie silnie jest rozwinięta i od dołu ząbkowana. — Gdy zwierzę pociera wewnętrzną powierzchnię swego uda o odpowiednią pokrywę skrzydłową, ząbki uda zahaczają się o ową wystającą żyłkę skrzydła, skutkiem czego następują drgania całej pokrywy, powodujące pewne dźwięki. Owad jednocześnie zwykle obydwoma udami obie pokrywy skrzydeł pociera.

Landois bardzo trafnie porównywa cały ten aparat dźwiękowy dołączana do skrzypców. Udo odpowiada smyczkowi, a jego ząbkowana, wystająca listewka włosom końskim na smyczku naciągniętym. Wystająca na pokrywie skrzydłowej żyłka jest to struna skrzypców, a przy jej pocieraniu spółdziwicy cała pokrywa, jak pudło rezonansowe skrzypców.

O prawdziwości takiego sposobu wydawania dźwięków przez dołączana, łatwo każdy przekonać się może. Dosyć jest u nieżywego nawet dołączana sztucznie pocierać udem o pokrywę skrzydłową, a natychmiast powstaną dźwięki, jakie zwierzę za życia wydaje.

Inne owady prostoskrzydłe, jak np. świerszcze, w podobny do opisanego sposób wydają dźwięki, z tą tylko różnicą, że u nich cały aparat muzyczny umieszczony jest na pokrywach skrzydeł. Tak np. u świerszcza polnego znajdujemy na dolnej powierzchni jednej z pokryw skrzydłowych wystającą żyłkę, składającą się ze 131-138 ostrych, poprzecznych,

jeden przy drugim ułożonych ząbków. Podobna żyłka mieści się także na górnej powierzchni przeciwległej pokrywy skrzydłowej. Owad pociera naprzemian raz lewe skrzydło o prawe, to znów prawe o lewe, poczem następuje chwila pauzy i obie pokrywy wznoszą się jednocześnie w górę dla wzmocnienia dźwięku.

U owadów prostoskrzydłych także tylko samce są zdolne do wydawania dźwięków. — Landois zauważył zajmujący fakt, że u wielu gatunków samice posiadają także przyrządy muzyczne, podobne do tych, jakie u samców spotykamy. Ale u samic przyrządy te są bardzo słabo rozwinięte, stanowią tylko organy szczątkowe i do wydawania dźwięków zupełnie są niezdolne.

Nader interesujące i różnorodne urządzenia muzyczne spotykamy także u chrząszczy, a wszystkie one dadzą się ostatecznie zredukować do istnienia na różnych częściach ciała specjalnych żeberk i listewek, które przy wzajemnem pocieraniu dźwięki różnorodne wydają. Na zakończenie zapytajmy wreszcie, jakież jest znaczenie muzyki owadów, do czego im ona służy, oraz, jak się rozwinęły te tak różnorodne aparaty muzyczne. Odpowiedź na to dał nam Darwin. Muzyka owadów podobne ma znaczenie, jak śpiew ptaków lub też jaskrawe barwy i różnorodne ozdoby ciała, jakie w państwie zwierzęcem tak często spotykamy. Są to wszystko t. zw. drugorzędne znamiona płciowe, które przeważnie samcom właściwe mają na celu przypodobanie się samicom. Znamiona te rozwinęły się powoli w ciągu długiego okresu czasu drogą doboru naturalnego. Te osobniki, które posiadały najpiękniejsze barwy ciała lub też najpiękniejsze wydawały dźwięki, pozostawały zwycięskimi rywalami w walce o samice, a wydając potomstwo, przelewały na nie drogą dziedziczności wszystkie swe cechy. W taki sposób z pokolenia na pokolenie coraz bardziej nagromadzały i wzmacniały się te cechy, korzystne w walkach o posiadanie drugiej płci. Poszukiwania Darwina i bardzo wielu innych badaczy stanowczo też stwierdziły, że dźwięki przez największą część samców owadów wydawane, mają przede wszystkim na celu przypodobanie się samicom i zwabienie ich do siebie. Samice owadów nie-tylko odszukują samców przez śpiew ich, ale tak jak samice ptaków kierują się zapewne wyborem i dają pierwszeństwo tym samcom, które posiadają głos najdźwięczniejszy i najmiłszy.

Teksty wybrała i przygotowała Maria Śmiałowska; pomoc techniczna Sylwia Mądro.

„PIEKIELNA” GEOTURYSTYKA

Włodzimierz Mizerski (Warszawa)

Odwiedzając ciekawe obiekty przyrody nieożywionej kierujemy się różnymi kryteriami ich wyboru. Najczęściej pragniemy po prostu zobaczyć efekty pracy procesów geologicznych, które ze skały potrafią wyczarować obiekty przypominające różnorodne twory przyrody lub baśniowe kształty przenoszące nas w świat, nie tylko dziecięcych, marzeń. Nazwy tych obiektów są najczęściej związane z ich kształtem lub wyglądem. Stąd biorą się „maczuga Herkulesa”, „kamienne miasto”, „szmaragdowe jezioro” czy „błędne skały”. Czasem jednak wygląd, tajemniczość czy lokalizacja tych obiektów powodowały, że nadawano im nazwy spotykane w wierzeniach ludowych i legendach. Pojawia się często w nazwach obiektów przyrody nieożywionej przymiotnik „diabelski”. Częstokroć z „diabelskim” obiektem związane były całkiem rozbudowane legendy. Udajmy się zatem do niektórych regionów naszego kraju tropem „sił nieczystych”, by poznać przynajmniej niektóre z form skalnych związanych w podaniach i legendach z diabłem. W ten sposób połączymy na szlaku zamiłowanie do geologii z etnografią. Wszak łączenie ze sobą różnych dyscyplin jest dzisiaj nie tylko modne, ale i z pewnością interesujące.

Roztocze



Ryc. 1. Progi skalne w rezerwacie przyrody „Czartowe Pole”. Fot. Archiwum LOT „Roztocze”.

Na Lubelszczyźnie ciekawym obiektem tego typu jest rezerwat przyrody **Czartowe Pole**. Został on utworzony w 1958 r. w celu zachowania malowniczego odcinka rzeki Sopot przez strefę krawędziową

Roztocza. W obrębie doliny rzecznej, w północnej i centralnej części rezerwatu, na odcinku ok. 0,5 km występują progi skalne tworzące liczne wodospady, powstałe na ławicach wapieni miocenów (Ryc. 1). W środkowej części rezerwatu występują unikalne odsłonięcia iłów krakowieckich – osadów typowych dla głębszej części miocenowego zapadliska przedkarpacciego. Progi skalne zbudowane są z wapieni organodetrytycznych, lokalnie piaszczystych, w których widać wielkoskalowe warstwowania skośne. Wapienie zbudowane są głównie z fragmentów kolonii krasnorostów i mszywiolów. Sporadycznie występuje w nich makrofauna, głównie małe gruboskorupowce. Wapienie przewarstwione są pakietami mułowców wapiennych, lokalnie marglistych. W środkowej części rezerwatu, w przykorytowych partiach lewego zbocza doliny, odsłaniają się szare iłowce margliste i pyłowce ilaste warstwowane poziomo, zawierające miejscami cienkie (do 2 cm miąższości) przewarstwienia tufitów. Są to sarmackie ily krakowieckie. Nazwa **Czartowe Pole** pochodzi od legendy związanej z objętą rezerwatem polaną, o której mówiono, że *jeno czarci tam hasali*.

Pomnikiem przyrody nieożywionej na Lubelszczyźnie jest też **Piekielko**. Został on ustanowiony w 1961 r. w celu ochrony form skałkowych położonych w strefie szczytowej wzgórza Kamień koło Stanisławowa na Roztoczu Środkowym. Wzgórze ostańcowe Kamień utworzone jest z wapieni (często skrzemionkowanych) i wapieni piaszczystych badenu (miocen) leżących na piaskach kwarcowych. Na szczycie wzgórza znajdują się dwie baszty skalne. Największa z powstałych w utworach miocenu jest przykładem grawitacyjnego rozpadu wzgórza ostańcowego. Nazwę miejsca tłumaczy legenda. Zgodnie z nią diabeł postanowił założyć się z jednym z miejscowych chłopów, że w ciągu jednej nocy wybuduje na wzgórzu piekło. Jeśli zdołałby to uczynić, wówczas chłop miałby oddać mu swoją duszę. Piekło zostało już niemal ukończony, jednak gdy diabeł niósł ostatni głaz, zapalił kur, oznajmiając świt. Pozostawione na wzgórzu skały są więc pozostałościami po diabelskiej budowli.

Innym obiektem w regionie o tej samej nazwie jest ścisły rezerwat przyrody nieożywionej **Piekielko** w miejscowości Łaszczówka koło Tomaszowa Lubelskiego. Został on utworzony w 1962 r. w celu

zachowania dużego skupienia głazów narzutowych. Na powierzchni 1,24 ha ochroną objęto 68 głazów, z których największe mają do 10 m obwodu (Ryc. 2). Są to piaskowce kwarcowe sarmatu (tzw. Piaskowiec batiatycki) zapadliska przedkarpackiego, utworzone w czasie wysładzania się zbiornika morskiego, z dużą zawartością miki (uważanej niegdyś za związek srebra), oderwane przez lądolód niedaleko z podłoża. Nazwa rezerwatu wiąże się z kilkoma legendami;

Są też przesłanki, że było to prasłowiańskie miejsce kultu zwane *Uroczyskiem*.



Ryc. 2. Jeden z głazów w rezerwacie geologicznym „Piekielko” koło Tomaszowa Lubelskiego.

Małopolska

Wiele „diabelskich” obiektów geoturystycznych znajduje się w Małopolsce. Jednym z nich jest grupa ciekawych form skałkowych nazywana **Diabelskim Kamieniem** (Ryc. 3), znajdująca się na najwyższej kulminacji Pogórza Wielickiego. Za pomnik przyrody nieożywionej zostały uznane w 1998 r. Skałki, obejmujące basztę przewieszoną i mur skalny. Występują one w obrębie płaszczowiny śląskiej i zostały wypreparowane w górnokredowych piaskowcach istebniańskich. Obiekty buduje bardzo gruboławicowy szary piaskowiec kwarcowy średnio- i drobnoziarnisty (rzadziej gruboziarnisty). Najwyższe formy skałkowe mają wysokość około 9 m. Procesy wietrzeniowe działające na skałki od plejstocenu pozostawiły wiele śladów, głównie w postaci kawern i żłobków erozyjnych oraz rdzawych pól żelazistych. Skałki wypreparowane zostały z mocniej scementowanych, odporniejszych na wietrzenie mechaniczne ławic piaskowcowych w warunkach klimatu peryglacjalnego w plejstocenie.

Z Diabelskim Kamieniem w Rudniku związana jest legenda o kamieniu upuszczonym przez diabła.

Inny pomnik przyrody nieożywionej w Małopolsce – **Diabelskie Ściany** został utworzony w 1990 r. w celu ochrony form skałkowych w paśmie Jaworzyny

Krynickiej. Znajdują się na obszarze płaszczowiny magurskiej. Skałki mają przeważnie formę ambon, a miejscami baszt i grzybów skalnych o wysokości do kilkunastu metrów. Kształt skałek spowodowany jest



Ryc. 3. Diabelski Kamień w Rudniku na Pogórze Wielickim. Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diabelski_Kamien%C5%84_w_Rudniku_PW1.jpg

selektywnym procesem wietrzenia przebiegającym w zależności od litologii, struktur sedimentacyjnych i tektonicznych. Skałki zbudowane są z paleogennych piaskowców i zlepieńców. Piaskowce tworzą formy wklęsłe, zlepieńce zaś formy wypukłe. Grube ławice skał są mniej podatne na procesy niszczące, dlatego tworzą formy bryłowe, natomiast w partiach, gdzie ławice są cienkie, skały są bardziej zniszczone. Dodatkowo skałki modelują spękania ciosowe, często poszerzone procesami wietrzenia. Formy skałkowe są pochodzenia osuwiskowego. Przemieszczenie mas skalnych nastąpiło w obrębie obniżenia leja źródłowego potoku Felczyńskiego. W wyniku postępującej erozji lej źródłowy cofa się, co powoduje powstawanie coraz to nowych ruchów masowych.



Ryc. 4. Diabelski Kamień na Jaworzynie Krynickiej. Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diabelski_Kamien%C5%84_na_Jaworzynie_Krynickiej_BS11.jpg

Na wschodnich stokach Jaworzyny Krynickiej, najwyższego szczytu w Paśmie Jaworzyny w Beskidzie Sądeckim, znajduje się też pomnik przyrody nieożywionej **Diabelski Kamień**. Położony jest w lesie, przy czerwonym i zielonym szlaku turystycznym, które na tym odcinku biegną wspólnie narciarską trasą zjazdową. Kamień znajduje się w lesie powyżej sztucznego zbiornika z wodą. Jest to zbudowany z piaskowców magurskich ostańiec mający kształt dużego grzyba o wysokości około 5 m. Jego forma została ukształtowana przez działania erozyjne i niejednakową wytrzymałość na wietrzenie różnych składników skał. Według legendy dawno temu rycerz z Muszyny zakochał się w krynickiej pasterce. Ojciec rycerza nie chciał zgodzić się na małżeństwo, bo dziewczyna była biedna. Kiedy król wezwał na wyprawę wojenną, ojciec wysłał na nią syna – rycerza, myśląc, że zapomni o ubogiej ukochanej. Gdy po wyprawie rycerz wracał w rodzinne strony, na Górze Parkowej w Krynicy napadli go zbójcy. Jęki rannej usłyszała pasterka, pasąca w pobliżu owce. Zobaczywszy ukochanego, uklękła i zaczęła modlić się do Matki Boskiej, prosząc o jego uzdrowienie. Wielkie było jej zdziwienie, gdy zobaczyła wypływające tuż obok źródółko. Obmyła nim rany rycerza i ten wnet ozdrowiał, a ojciec zgodził się na małżeństwo syna z biedną pasterką. Kiedy diabły usłyszały o istnieniu w Krynicy cudownego źródła z życiodajną wodą, postanowiły je zniszczyć. Jeden z nich podniósł z Tatr potężny kamień, by go na nie zrzucić. Ale pod szczytem Jaworzyny zapiał kur – diabeł przestraszył się i upuścił kamień. Leży tam do dziś.

Kolejny **Diabelski Kamień**, znajdujący się w Trzcianie, na **Pogórzu Wiśnickim**, jest skalnym ostańcem wierzchowinowym. Leży na północnych zboczach głębokiego jaru potoku Cichawka, będącego prawobrzeżnym dopływem Stradomki. Położony jest na wysokości ok. 320 m n.p.m., na wzgórzu nazywanym przez miejscową ludność Wichraz. Znajduje się na północnych obrzeżach wsi Trzciania, na granicy z miejscowością Cichawka, na terenie prywatnym, w bukowo-jodłowym lesie na bardzo stromym zboczu. Jest to baszta o wysokości ok. 12 m i długości ok. 20 m, zbudowana z bardziej odpornych na wietrzenie paleogeńskich piaskowców warstw krośnieńskich. Z ostańcem związana jest legenda „Biała Pani nad Trzcianą”, opisana w książce „Baśnie i legendy znad Sanki”.

Jeszcze Inny **Diabelski Kamień** na Pogórzu Wiśnickim znajduje się w Kornatce. Jest to ostańiec wierzchołkowy znajdujący się w miejscowości Kornatka, na szczycie wzgórza Styrek (366 m n.p.m.). Zbudowana z piaskowców istebniańskich skała

znajduje się tuż przy drodze prowadzącej do osiedla domków letniskowych nad Jeziorem Dobczyckim. Jest to ambona o wysokości 4,5 m, długości 5 m i szerokości 3,5 m, dobrze widoczna z drogi prowadzącej do osiedla, gdyż znajduje się na niewielkiej łączce.

W miejscowości Krzesławice koło Szczyrzycy na Pogórzu Wiśnickim znajduje się **Diabli Kamień** (Ryc. 5). Ochrona tego obiektu jest kontynuowana od 1933 r., a od 1998 r. ma on status pomnika przy-



Ryc. 5. Diabli Kamień w Krzesławicach. Źródło: I. Selso, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2258595>

rody. Diabli Kamień jest ostańcem. Forma skałkowa wykańcza urwistą, 14-metrową ścianę piaskowcową. Jest to szeroka na 8 m i długa na ponad 70 m grzęda przechodząca w mur skalny. Wieńczy ona stromy, kilkudziesięciometrowy brzeg Stradomki. Diabli Kamień powstał przez rozpad piaskowców ciężkowickich (dolny eocen). Ostańiec zbudowany jest z bardzo gruboławicowych, średnio- i gruboziarnistych oraz zlepieńcowatych piaskowców i zlepieńców. Wierzchołek Diabiego Kamienia jest łatwo dostępny, będąc doskonałym punktem widokowym na panoramę Beskidu Wyspowego i Pogórza Wiśnickiego. Jest to największy ostańiec denudacyjny w tej części Karpat. Z kamieniem związana jest legenda, według której diabeł, nie mogąc ścierpieć istniejącego w Szczyrzycu klasztoru nawracającego ludzi od grzechu, porwał wielki kamień, by go zrzucić na klasztor. Było to w 1234 r. Jednak modlitwy zakonników i dźwięk bijących na Anioł Pański dzwonów klasztoru sprawiły, że diabeł stracił moc. Nie mogąc unieść kamienia, upuścił go w lesie, 3 km przed klasztorem. Na ścianach kamienia można podobno dostrzec 5 wgłębień od palców diabła.

Diabeł boisko to grupa skałek będących ostańcami denudacyjnymi na terenie Ciężkowicko-Rożnowskiego Parku Krajobrazowego, na północnym zboczu wzniesienia Styryka, ustanowiona jako pomnik

przyrody w 2004 roku (Ryc. 6). Tworzą bramę skalną, która, jak głosi legenda, stanowi wrota do diabel-



Ryc. 6. Diabeł Boisko.

skiej siedziby, gdzie diabły odpoczywały i oddawały się niecnym zabawom. Występujące w ich obrębie struktury sedymentacyjne i wietrzeniowe sprawiają, że jest to ciekawy obiekt pod względem naukowym

grubych ławic piaskowcowych. Warstwy wychyłne są ku północy. Skały powstały w obrębie stożka w głębokomorskim basenie Oceanu Tetydy

Inny **Diabelski Kamień**, skalny ostaniec w miejscowości Stróża w województwie małopolskim, znajduje się w lesie na północno-wschodnich, opadających do doliny Raby stokach Kotonia w Beskidzie Małowskim. Jest to zbudowana z piaskowca magurskiego ambona o wysokości 6,5 m, rozcięta pionową szczeliną o szerokości około 1 m na dwie części, z których część zachodnia jest silnie przewieszona. W szczelinie dobrze widoczne są ławice piaskowców oraz ich zróżnicowanie na frakcje. Skałę porasta ciekawa roślinność naskalna. Z kamieniem tym związana jest legenda, którą w 1929 r. opisał Jan Szczęsny Płatkowski. Według tej legendy diabeł niósł z Tatr olbrzymi głaz i upuścił go.

W centralnej części Pogórza Rożnowskiego, w południowej części Ciężkowicko-Rożnowskiego Parku Krajobrazowego, na przyszczytowej części wzgórza



Ryc. 7. Diabelski Kamień w Stróży. Fot. Jerzy Opiola - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22760129>

i dydaktycznym. Skałki powstały w obrębie piaskowców ciężkowickich (paleocen – dolny eocen). Proces tworzenia się ostańców odbywał się głównie w plejstocenie, w warunkach klimatu peryglacjalnego. Skałki utworzone są w obrębie czterech bardzo

Bukowiec znajduje się rezerwat przyrody eozwionej ze zróżnicowanymi formami skałkowymi i jaskinią pseudokrasową – **Diabeł Skały na Bukowcu**. Zgodnie z legendą skałki zostały przyniesione przez czarta z Węgier, czego dowodem mają być rysy pazurów

na niektórych powierzchniach. Skałki zbudowane są z dolnoeoceńskich gruboławicowych, zlepieńcowatych i gruboziarnistych piaskowców ciężkowickich płaszczowiny śląskiej. Wśród form skałkowych są baszty, ambony, progi, grzyb skalny, mury i stoły skalne, z których największe dochodzą do wysokości kilkunastu metrów. Charakterystycznym elementem skałek (Ryc. 8) jest występowanie powierzchni eksfoliacji, czyli łuszczenia, spowodowanych wietrzeniem fizycznym. Ewenementem zarówno tego rezerwatu,



Ryc. 8. Fragment rezerwatu „Diabla Skały na Bukowcu”. Fot. K. Miskiewicz.

jak i całego Pogórza Rożnowskiego jest pseudokrasowa forma jaskiniowa Diabla Dziura. Jest to typowa jaskinia szczelinowa o długości 365 m i różnicy wysokości 42,5 m, co czyni zeń drugą pod względem głębokości jaskinię Karpat fliszowych. Powstała ona wskutek poszerzenia spękań ciosowych. Formy skałkowe powstały w zimnym klimacie peryglacjalnym w plejstocenie, w warunkach wietrzenia fizycznego, chemicznego, erozji i powierzchniowych ruchów masowych.

Diabelski Kamień znajduje się również w Szyku w województwie małopolskim, w powiecie limanowskim, w gminie Jodłownik. Znajduje się na prawym

(wschodnim) zboczu doliny Tarnawki, która opuszcza Beskid Wyspowy i przepływając z miejscowości Szyk do miejscowości Tarnawa dokonuje przełomu (tzw. Przełom Tarnawki) w paśmie wzgórz Pogórza Wiśnickiego. Jest to ostaniec wierzchowiowy. Ma długość około 20 m i wysokość około 10 m. Składa się z kilku bloków piaskowca istebniańskiego pochylonych pod kątem 45°. Znajduje się na wysokości około 340 m n.p.m. na grzbiecie wału oddzielającego dolinki dwóch małych potoków (jeden jest tylko okresowy) uchodzących do Tarnawki.

Inny **Diabli Kamień** to grupa skał stanowiących pomnik przyrody, znajdująca się na skraju Magurskiego Parku Narodowego (woj. podkarpackie), na zboczu Góry Kosma. Obiekt zlokalizowany jest w miejscowości Folusz (pow. jasielski, gmina Dębowiec). Diabli Kamień to w rzeczywistości dosyć liczna grupa dużych głazów z gruboziarnistego piaskowca magurskiego, z których najwyższy wzbija się na ponad 10 metrów. Bloki skalne są bardzo oryginalnie ukształtowane, a do tego poprzedzielane licznymi szczelinami.

Polska Północna

„Diabelskich” obiektów skalnych nie brak też w północnej części Polski. Jednym z nich jest **Diabelski Kamień** – głaz narzutowy znajdujący się w Nadmorskim Parku Krajobrazowym, na terenie Puszczy Darżlubskiej, koło miejscowości Połchówko w gminie Krokowa (Ryc. 9). Głaz ma wysokość 1,8 m i obwód 12,5 m. Znajduje się na szlaku grot mechowskich, w pobliżu kamienia zwanego „Bożą Stopką”. Oba głazy służyły jako kamienie graniczne. Zgodnie z legendą, kamień został przyniesiony w to miejsce przez diabła.



Ryc. 9. Diabelski Kamień w Puszczy Darżlubskiej. Fot. P. Marynowski.

W Gdańsku-Oliwie, w głębi Doliny Radości, około 700 m na zachód od zabudowań byłego nadleśnictwa, powyżej przyleśnej drożki, na zboczu Czarciej

Góry (wys. 145 m) leży rozłupany na trzy części gład, nazywany **Diabelskim** lub **Czarcim Kamieniem**. Jest to granitoidowy gład narzutowy (Ryc. 10). Obwód największej części gładu wynosi 12,3 m, a wysokość 2 m, przy czym zagłębiony jest na 1 m



Ryc. 10. Diabelski Kamień w Gdańsku Oliwie. Fot. K. Kamiński.

w ziemi. Mniejsza część ma obwód 8, a wysokość około 1,75 m, licząc z częścią zagłębioną w gruncie. Nazwę góry i kamienia tłumaczy stara gadka kaszubska. Mówi ona, iż przed laty szedł tędy ubogi chłopina, mieszkaniec pobliskiej wsi Klukowo. Przechodząc opodal kamienia ujrzał panka ubranego od stóp do głów w czarne szaty. Zagadnięty przez nieznajomego o przyczynę smutku widocznego na twarzy opowiedział o gnębiącej go nędzy. W odpowiedzi usłyszał, iż może uzyskać majątek, jeśli przyrzeknie, że po 10 latach jego dusza stanie się własnością ofiarodawcy dobrobytu. Kaszuba domyślił się, z kim ma do czynienia. Przed nim stał kusy purtk, czyli diabeł, pragnący pojąć duszę chudziny. Po krótkim namyśle chłop przystał na propozycję kusego i krwią z serdecznego palca podpisał szatański cyrograf. Po 10 latach spędzonych w dobrobycie udał się Kaszuba w wyznaczonym dniu do lasu i zastał tam czekającego diabła. Chytry chłopiek zaproponował kusemu, aby zagrał z nim w karty. Jeśli wygra, zabierze również duszę żony, w wypadku przegranej, zwróci cyrograf. Zły przewidując łatwe zwycięstwo zgodził się chętnie i już widział siebie rzucającego dwie dusze pod nogi Belzebuba. Przeliczył się jednak, gdyż nie znał gry zaproponowanej przez chłopca. Rozwścieczony przegraną rąbnął z całej siły łapą w gład, rozbijając go na dwie części, po czym umknął w głąb lasu.

Inny Diabelski Kamień, zwany też Diabelskim Młynem, leży w powiecie tczewskim w korycie rzeki Wierzyca, 1 km przed miastem Pelplin. Jest to gład narzutowy o obwodzie 8 m nad lustrem wody. Według podania diabeł niósł go, by zburzyć nim katedrę

w Pelplinie. Zanim jednak doszedł do celu, odezwały się dzwony na mszę poranną. Ze złości cisnął ten kamień do rzeki.

W miejscowości Owśnice w gminie Kościerzyna znajduje się inny Diabelski Kamień. Jest to jeden z największych na Kaszubach gład narzutowy (zwieńczony krzyżem) o wysokości 2,2 m, 4,7 m szerokości i 13,2 m w obwodzie.

Diabelski Kamień, zwany też Kamieniem Św. Wojciecha, to granitoidowy gład narzutowy, znajdujący się przy południowej granicy Wdeckiego Parku Krajobrazowego (Ryc. 11). Jego nazwa pochodzi od legendy, według której diabeł przenosił gład, aby przegrodzić nim nurt Wdy, lecz nie zdążył przed świtem i musiał pozostawić go w tym miejscu (kilkaset metrów od rzeki). Gład granitowy jest pomnikiem przyrody nieożywionej o obwodzie 24,5 m, szerokości 8,8 m i wysokości 3,8 m. Jest to trzeci co do wielkości gład narzutowy w Polsce.



Ryc. 11. Kamień Św. Wojciecha. Fot. Włodzimierz Wysocki.

Region Świętokrzysko-Częstochowski

Czarci Kamień to lokalna nazwa granitoidowego gład narzutowego o wymiarach 3x2x2 m, znajdującego się przy drodze Bulin – Stypułów, nieopodal Kożuchowa (Ryc. 12). To pomnik przyrody nieożywionej. Legenda związana z gładem opowiada o nieuczciwym karczmarzu z Bulina, który nie bał się nawet diabła i ogromnych rozmiarów kamieniu rzuconym diabelską ręką na jego karczmę. Ponoć wgłębia i rysy to ślady po diabelskiej obecności.

Inny **Diabelski Kamień**, pomnik przyrody położony niedaleko Częstochowy, znajduje się w oddziale leśnym 74c, około 500 m na wschód od leśniczówki Sokołówka, w pobliżu wsi Roszki w gminie Krotoszyn. Gład z piaskowca ma obwód 18 m i wymiary 675 x 370 x 150 cm. Większość jest zagłębiona w ziemię. Obiekt ten położony jest w miejscu trudno dostępnym orientacyjnie. Od leśniczówki Sokołówka wąską i prostą drogą asfaltową na wschód (zakaz ruchu) do drugiej przecinki. Kilkadziesiąt metrów za drugą przecinką w lewo, bez ścieżki, za białymi

strzałkami i literą G na drzewie. Głaz spoczywa tam od czasu potopu szwedzkiego.



Ryc. 12. Fragment rezerwatu Skalki Piekło pod Nieklaniem.

„Piekielnych” skałek nie brak i w regionie świętokrzyskim. Rezerwat przyrody **Piekliko Szkuckie** znajduje się w gminie Ruda Malenicka, ok. 800 m na południowy-zachód od miejscowości Szkucin. Skałki występują w formie rozproszonej w pasie o długości ponad 200 m i szerokości kilku metrów. Są to niewielkie formy, z których najwyższe osiągają wysokość do 4 m, zbudowane ze zlepieńców i piaskowców zlepieńcowatych najniższej jury (hetang). Ściany skalne są zaokrąglone i szorstkie, z wystającymi obłymi okruciami o rozmaitych kształtach. Żelaziste naszkupienia są prawdopodobnie efektem przedmioceńskiego wietrzenia chemicznego. Ławice dolnojurajskich zlepieńców i piaskowców nachylone są pod niewielkim kątem w kierunku północno-wschodnim. Pocięte są systemami nieregularnych, pionowych spękań ciosowych, wzdłuż których nastąpiło ich rozczłonkowanie. Wzdłuż jednego ze spękań powstała forma krasowa: Schronisko w zlepieńcach. Tworzy ją niewielkich rozmiarów nisza wraz z dzielącą bloki szczeliną. Skałki Piekliko Szkuckie kształtowały się w warunkach peryglacialnych zlodowacenia wisły.

Najbardziej znanym w Polsce „diabelskim” obiektem są chyba **Skalki Piekło pod Nieklaniem**

(Ryc. 13), będące jedną z największych atrakcji geologicznych regionu świętokrzyskiego. Rezerwat geologiczny położony jest na obszarze 6,3 ha w gminie Stąporków, niedaleko miejscowości Niekań Wielki.



Ryc. 13. Czarczy Kamień w Bulinie Fot. Marek.jg@interia.pl

Rezerwat zajmuje przyszczytową strefę wzniesienia Piekliko. Przedmiotem ochrony są skałki zbudowane z dolnojurajskich piaskowców kwarcowych. Wśród form skalnych najczęściej występują grzyby skalne, baszty, ambony, stoły i progi o wysokości dochodzącej do 8 m. Osady budujące skałki to jasnobieżowe i żółte piaskowce kwarcowe, drobno- i średnioziarniste należące do synemuru. Dokumentują powolną transgresję morską. Warstwy leżą poziomo lub są wychylone pod niewielkim kątem ku północnemu-wschodowi. Miąższość warstw sięga kilku metrów. Skały pocięte są nieregularnym systemem niemal pionowych spękań ciosowych. W obrębie skałek występują trzy jaskinie pseudokrasowe: Jama Agi, Tomkowa Dziura i Schronisko Sympozjalne. Oryginalne kształty skałek są wynikiem zapoczątkowanego po zlodowaceniach środkowopolskich intensywnego działania procesów wietrzeniowych i eolicznych, szczególnie działania wiatrów zachodnich podczas akumulacji lessów młodszych w obszarze świętokrzyskim. Dużą rolę odegrała erozja podziemna i naziemna, dzięki której doszło do powstania form jaskiniowych. Według legendy z rozkazu samego Lucyfera pokutowały tam diabły za złe wykonywanie swoich obowiązków.

W tym samym regionie znany jest powszechnie **Diabelski Kamień** na szczycie Klonówki (Ryc. 14), zbudowany z kambryjskich piaskowców kwarcytowych (wysokość około 5 m, długość 10 m i szerokość 8 m) i od 1954 r. będący pomnikiem przyrody.

Skałka jest pęknięta na dwie części. W niektórych szczelinach możemy zaobserwować wyraźne rysy, będące świadectwem przemieszczeń bloków skalnych wzdłuż tych powierzchni, a kierunek ruchu

wskazuje przebieg rys. Ławice piaskowców poprzecinane są licznymi żyłami białego kwarcu, mającymi przeważnie rozciągłość prostopadłą lub równoległą do przebiegu grzbietu. Białe kwarc wypełnia szczeliny, którymi wcześniej przepływały ciepłe wody za-



Ryc. 14. Diabelski Kamień na Klonówce

wierające rozpuszczona krzemionkę, która stopniowo krystalizowała wypełniając szczeliny. Według jednej z legend jest to kościół przemieniony za grzechy parafian w kamień, a nocą słyhać tu bicie dzwonów, według innej to głaz, którym diabły chciały zniszczyć klasztor na Świętym Krzyżu. Wyleciały one z piekła wraz z głazem przez otwór w jaskini Piekło. Zmęczone jego dźwiganiem zatrzymały się na odpoczynek na Klonówce. Kiedy chciały ruszyć w dalszą drogę, we wsi zapiał kur i diabły straciły swą moc. Uciekając do piekła pozostawiły głaz tam, gdzie go obecnie oglądamy.

Na urwistym, zachodnim zboczu Góry Żakowej w południowo-zachodniej części regionu świętokrzyskiego znajduje się jaskinia **Piekło** zwana też **Piekłem Skibskim** lub **Piekłem Gałęzickim** (Ryc. 15). Jest jaskinią krasową utworzoną w wapieniach dewońskich. W jej poszerzaniu pomagali także ludzie,



Ryc. 15. Widok z wyloty jaskini Piekło

którzy przed wiekami poszukiwali tu srebra i ołowiu. Korytarze jaskini mają w sumie 57 m długości. Otwór wejściowy jest duży. W korytarzach „Piekła” praktycznie nie ma szaty naciekowej. Żyje tam natomiast kilka gatunków nietoperzy i pajaków. Nazwę Piekło okoliczna ludność nadała jaskini już w XVIII wieku. Jedna z legend mówi, że z jej czeluści, która połączona była z piekłem, miały wylatywać czarownice i diabły, by zło czynić na świecie.



Ryc. 16. Jedna ze skałek w rezerwacie Piekielko Szkuckie. Źródło: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2489583>

To tylko część „diabelskich” obiektów geoturystycznych w Polsce. Ich prezentacja zachęci może Czytelników do tropienia innych geologicznych stanowisk w Polsce związanych z mocami diabelskimi. Autor będzie wdzięczny za podzielenie się z nim wynikami poszukiwań (wlomiz@gmail.com).

Można się cieszyć, że na terenie powiatu opoczyńskiego w województwie świętokrzyskim powstał pomysł utworzenia turystycznego „Piekelnego szlaku”, który połączy dwie niewielkie miejscowości w gmi-

Ryc. 17. Diabelski Kamień na Klonówce.

nie Końskie, biegnąc na terenie 9 gmin i przechodząc przez wszystkie miejsca związane z piekłem. A więc – DO ZOBACZENIA W PIEKLE!

wmiz@pgi.gov.pl

Speybroeck, J., Beukema, W., Bok, B., Van Der Voort, J., I. Velikov 2016. **Field Guide to the Amphibians and Reptiles of Britain and Europe. British Wildlife Field Guides.** Bloomsbury, London and New York, ISBN 978-14081-5459-5, s. 432, cena £24.99 (miękka oprawa)

Field Guide to the
**Amphibians
& Reptiles**
of Britain and Europe



nie wzięto jednak pod uwagę rejonów należących do krajów europejskich, ale leżących poza tym kontynentem, jak np. Wyspy Kanaryjskie, Madera czy enklawy hiszpańskie w Afryce Północnej. Na szatę ilustracyjną recenzowanego przewodnika składa się 368 kolorowych rysunków, 227 kolorowych zdjęć oraz 134 rysunki czarno-białe oraz 155 map zasięgów występowania. Ilustracje ułatwiają identyfikację poszczególnych gatunków, ale dodatkowo są jeszcze klucze, które są bardzo pomocne w przypadku oznaczenia trudniejszych gatunków, jak *Blanus mariae*, *Anguis veronensis*, *Vipera walser*, *Podarcis liolepis*. Niemniej ważne są opisy wyglądu poszczególnych gatunków, opisy siedlisk, w których występują oraz krótkie informacje o ich biologii.

Jeroen Speybroeck pracę magisterską zrobił na Uniwersytecie Ghent w Belgii, tam też się potem doktoryzował. W 1999 r. rozpoczął podróże po Europie w poszukiwaniu płazów i gadów, zakładając jednocześnie stronę, na której relacjonował te podróże. Wsławił się tym, że sfotografował wszystkie gatunki europejskie. Rezultatem tych wypraw jest właśnie niniejsza książka.

Piotr Sura

Do niedawna najlepszym terenowym przewodnikiem do oznaczania europejskich płazów i gadów był przewodnik Arnolda i Ovendena, pierwotnie wydany w 1978 r. Co prawda potem pojawiły się wznowienia w latach 2002 i 2004, ale ze względu na daleko idące zmiany w systematyce stawał się on coraz mniej przydatny. Nie uzyskały również popularności przewodniki w języku niemieckim, np. Kwet, A. 2015. *Reptilien und Amphibien Europas*. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart. Dopiero recenzowany przewodnik, można powiedzieć, wypełnia lukę. W przewodniku Arnolda na uwagę zasługiwały przede wszystkim znakomite kolorowe rysunki Denysa Ovendena, tymczasem rysunki bułgarskiego artysty Iliana Velikova nie odbiegają od nich jakością. Speybroeck i współautorzy opisali 219 europejskich gatunków płazów i gadów (w przewodniku Arnolda było 199). W recenzowanym przewodniku



Argiope bruennichi (Scopoli, 1772), tygrzyk paskowany – widok z przodu, pająk z rodziny Araneidae (krzyżakowatych), fot. W. Wantuch.