

WSZECHŚWIAT

PISMO PRZYRODNICZE

Tom 118 Nr 10–12

Październik–Listopad–Grudzień 2017



Nazewnictwo naukowe

Ewolucja ludzkiego genomu

Starzenie a długowieczność

Golec piaskowy

Czosnek – interakcje z cytochromem P450

Białko adhezyjne DSCAM

Sylwetki wielkich polskich uczonych:

Marian Smoluchowski – wybitny fizyk
Teofil Ciesielski – botanik i pszczelarz

ISSN 0043-9592



9 770043 959009 >

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 10–12 (2646–2648)

ARTYKUŁY

Knutelski Stanisław, Wiorek Marcin, Knutelska Emilia , Problemy z nazewnictwem organizmów. I. Nazewnictwo naukowe	243
Agnieszka Bugaj , Jak powstał człowiek, czyli o ewolucji ludzkiego genomu	255
Ewa L. Gregoraszczyk , Starzenie a długowieczność	260
Renata Szymańska, Karolina Kosmała , Podziemna tajemnica długowieczności	266
Marta Kot , Czosnek: superlek z ogródka, który może zmarnować szansę wyleczenia pacjenta	274
Katarzyna Stachowicz , Białko adhezyjne zespołu Downa (DSCAM)	280

DROBIAZGI

Obserwacja nietypowo ubarwionego samca Traszki grzebieniastej <i>Triturus Cristatus</i> , (Maciej Bonk, Rafał Bobrek)	286
Mazurskie eratyki , (Maria Olszowska)	288
Ciekawsze gatunki grzybów z okolic Dębicy na Podkarpaciu , (Andrzej Trzeciak)	289

WSZECHŚWIAT SPRZED WIEKU

Wszechświat sprzed wieku (Maria Śmiałowska)	292
--	-----

OBRAZKI

Do Natury jeden krok... (Maria Olszowska)	300
--	-----

SYLWETKI WIELKICH POLSKICH UCZONYCH

Marian Smoluchowski – wybitny polski fizyk przełomu XIX i XX wieku (Barbara Morawska-Nowak)	303
Profesor Teofil Ciesielski – współzałożyciel Galicyjskiego Towarzystwa dla Ogrodnictwa i Pszczelnictwa oraz Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika we Lwowie (Jerzy Gnerowicz, Michał Skoczylas)	311

KRONIKA

Jubileuszowe 50. Sympozjum Speleologiczne, Kielce–Chęciny 20–23.10.2016 (Elżbieta Dumnicka, Wojciech Wróblewski) ...	320
---	-----

RECENZJE

Mark Miodownik, W rzeczy samej (Osobliwe historie wspaniałych materiałów, które nadają kształt naszemu światu), Przekład Dariusz Żukowski. (Adam Hogendorf)	323
--	-----

Fotografia na okładce:

Naturalny młodnik sosnowy zimą. Fot. Maria Olszowska.

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-ca Przewodniczącej: Ryszard Tadeusiewicz

Sekretarz Rady: Stanisław Knutelski

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

Komitet redakcyjny

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 WSPÓŁDZIAŁE: AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ,
MINISTERSTWA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO, POLSKIEJ AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI

TOM 118
ROK 135

PAŹDZIERNIK – LISTOPAD – GRUDZIEŃ 2017

ZESZYT 10–12
2646–2648

PROBLEMY Z NAZEWNICTWEM ORGANIZMÓW. I. NAZEWNICTWO NAUKOWE

Knutelski Stanisław, Wiorek Marcin, Knutelska Emilia (Kraków)

Streszczenie

Poprawne nazywanie i zapisywanie „po imieniu” istot żyjących obok nas jest bardzo ważne i konieczne, gdyż jest początkiem wszelkiego poznania, świadczy o naszej wiedzy i kulturze języka oraz ułatwia porozumiewanie się i wymianę informacji naukowych. Znajomość nomenklatury naukowej i świadomość konieczności poprawnego nazywania oraz zapisywania nazw naukowych, zarówno organizmów żyjących obecnie, jak i w przeszłości na Ziemi są na ogół niewielkie, także wśród ludzi nauki. Przedstawiono tu obecne problemy i zasady nomenklatury naukowej oraz strukturę zapisu nazw naukowych wraz z odpowiednimi przykładami. Przejrzyste i jednoznaczne nazewnictwo naukowe przedstawicieli świata żywego jest uniwersalnym systemem obejmującym zasady i zalecenia oraz sposoby tworzenia, nadawania i stosowania nazw naukowych wszystkich form życia, jakie dotychczas poznali ludzie.

Abstract

Correct naming and notation “by name” of living beings around us is very important and necessary, because it is the beginning of all knowledge, testifies our cognizance and culture of the language and facilitates the communication and exchange of scientific information. Knowledge of the scientific nomenclature and awareness of necessity of the correct naming and writing of scientific names of organisms living now and in the past on Earth are generally small, even among people of science. Current problems and principles of the scientific nomenclature and the structure of the scientific names with relevant examples are presented here. The clear and unequivocal scientific nomenclature of representatives of living world is an universal system including principles, recommendations and methods of forming, giving and applying scientific names of all forms of life that people have known so far.

Celem nomenklatury naukowej jest przejrzyste i jednoznaczne nazewnictwo przedstawicieli świata żywego. Poprawne nazywanie i zapisywanie „po imie-

niu” istot żyjących obok nas jest nie tylko ważne, ale wręcz konieczne, ponieważ jest początkiem wszelkiego poznania, świadczy o naszej wiedzy i kulturze języka

oraz ułatwia porozumiewanie się i wymianę informacji naukowych. Niestety ogólne wiadomości o nazewnictwie i świadomość poprawnego nazywania oraz zapisywania nazw organizmów są względnie niewielkie, także wśród ludzi nauki. O tym, jak wielkie znaczenie ma stosowanie właściwego nazewnictwa istot żywych świadczy choćby istnienie wielu towarzystw naukowych zajmujących się taksonomią, np. *International Association for Plant Taxonomy* czy Polskie Towarzystwo Taksonomiczne (ang.: *Polish Taxonomical Society*). Właściwie na każdym poziomie: lokalnym, regionalnym lub globalnym, funkcjonują jakieś stowarzyszenia specjalistów – taksonomów zajmujących się daną grupą systematyczną organizmów. Indywidualnie lub też w obrębie stowarzyszeń, łączą oni swoje wysiłki o charakterze partnerskim i ogólnościowym w ramach większych grup, jak np.: *The Integrated Taxonomic Information System* (ITIS) [28], *Species 2000* [24], *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) [14] czy *Catalogue of Life* (CoL) [8], tworząc niejako „taksonomiczny kręgosłup” dla bardziej ogólnych opracowań, jak choćby *Encyclopedia of Life* (EOL) [11]. Istnieje także wiele czasopism naukowych poświęconych wyłącznie taksonomii, np.: „*Taxon*” [27], „*Zootaxa*” [30], „*ZooKeys*” [29] czy „*Phytotaxa*” [23] i inne. Dynamiczny obecnie rozwój badań taksonomicznych na świecie oraz coraz większa dostępność do informacji, wymuszają konieczność weryfikowania i porządkowania nazewnictwa organizmów. Dotyczy to zarówno nazewnictwa wernakularnego, o czym napisaliśmy w oddzielnym artykule *Wszechświata*, jak też nazewnictwa naukowego, co jest tematem niniejszego tekstu.

Problemy z nazewnictwem naukowym

Nazewnictwo naukowe jest uniwersalnym systemem obejmującym zasady i zalecenia oraz sposoby tworzenia, nadawania i stosowania nazw wszystkich form życia, włącznie z wirusami oraz organizmami jedno- i wielokomórkowymi, zarówno współcześnie żyjącymi, jak też wymarłymi, które zostały dotychczas poznane przez człowieka na Ziemi. Nazwy te są ustalane dla każdego taksonu, zgodnie z zasadami przyjętymi w różnych grupach systematycznych. Dla przypomnienia, taksonem określamy grupę spokrewnionych organizmów, wyróżniających się konkretną cechą (lub cechami) różniącą (-cymi) ją od innych jednostek taksonomicznych. Jest to każda zdefiniowana jednostka w systematyce organizmów, niezależnie od jej kategorii systematycznej, począwszy od gatunku, a skończywszy na typie lub domenie, w zależności od przyjmowanego systemu. Każdemu taksonowi przypisywana jest unikatowa, uniwersalna

nazwa naukowa identyfikująca go na całym świecie. Warto też pamiętać, że w nomenklaturze zoologicznej zwierzęta (łac. *Animalia*, gr. *zōa*) są klasyfikowane jako takson w randze królestwa (*regnum*). Takson ten obejmuje wszystkie gatunki zwierząt, w tym również gatunek człowieka (*Homo sapiens*). Natomiast w języku potocznym pojęcie „zwierzę” stosowane jest dla określenia innych niż człowiek przedstawicieli tej grupy.

Nazewnictwo naukowe jest w różnych ogólnodostępnych źródłach określane często jako „nazewnictwo biologiczne”, np. w Encyklopedii PWN [12]. Termin ten wydaje się jednak niezbyt logiczny względem treści, jaką przekazuje. Słowo „biologia” składa się z dwóch członów pochodzących z języka greckiego: βίος (*bios*) – życie i λόγος (*logos*) – słowo, nauka. Zatem „nazewnictwo biologiczne” należałoby dosłownie rozumieć jako nazewnictwo nauki o życiu, a przecież tak nie jest. W obecnie stosowanej na świecie klasyfikacji istot żywych „biota” jest taksonem (naddomeną) obejmującym cztery domeny: 1) wirusy (*viruses*), 2) bakterie (*Bacteria*), 3) archeony lub archeany (*Archaea*), dawniej zwane także archebakteriami lub archeobakteriami oraz 4) eukarionty lub jądrowe, bądź jądrowce (*Eucaryota* albo *Eukarya*), czyli organizmy posiadające jądra komórkowe, jak np.: pierwotniaki, grzyby, rośliny i zwierzęta [26]. Wydaje się więc, że bardziej sensownym synonimem „nazewnictwa naukowego” byłoby „nazewnictwo biotyczne” lub „nomenklatura biotyczna”, a nie „nazewnictwo biologiczne”.

Nazewnictwo biotyczne jest jednym z podstawowych elementów systematyki, ale też jednym z głównych zadań taksonomii (poddyscyplina systematyki), która dba o poprawną nomenklaturę i reguły klasyfikacji organizmów. Najstarsze próby naukowego ujęcia istot świata żywego na Ziemi w określone systemy podjął Arystoteles w dziele „*Historia Animalium*” ok. 350–343 r. p.n.e. Ten ugruntowany empirycznie system przetrwał aż do XVI wieku. Na początku XVII w. w Zachodniej Europie nastąpiła poważna mobilizacja w celu lepszego zbadania historii naturalnej. Wtedy też powszechnym było używanie greki i łaciny do nadawania nazw poprzez np. łączenie fragmentów słów w obu językach. Połączone ze sobą zmieniały się w nazwy, które obecnie są często stosowane, nieraz nas zadziwiają i zastanawiamy się, skąd się wzięły. Przykładowo nazwa taksonu *Arthropoda* (typ) pochodzi z połączenia dwóch greckich słów *arthron* – staw i *pous* lub *podos* – noga, odnóże, a *Insecta* (gromada) to po prostu mianownik liczby mnogiej od łacińskiego wyrazu *insectum* – owad. Podobnie słowo „*arachnid*” (pajęczak) wywodzi się z greki

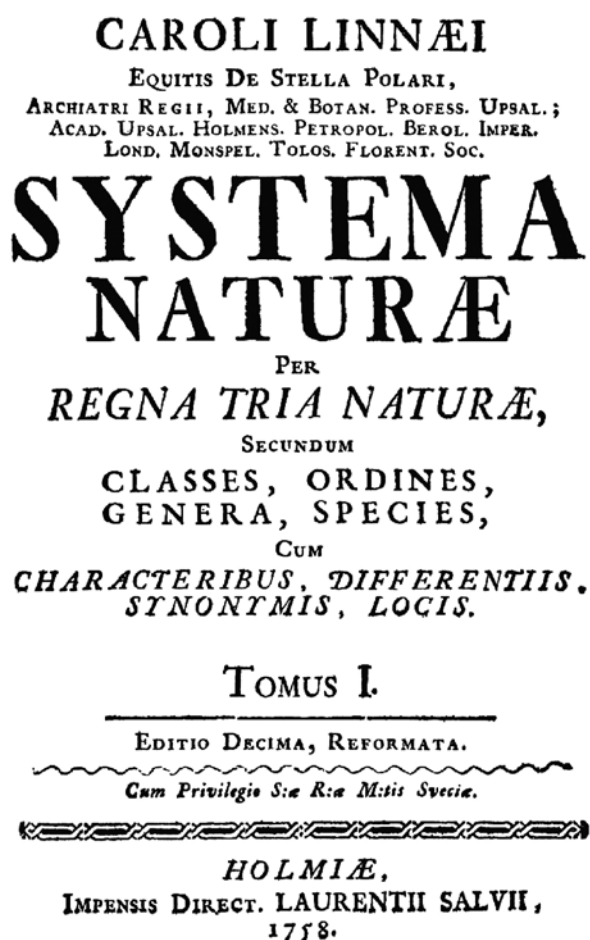
(gr. *arakhne* – pająk). Ale nazwy niektórych części pajęczego odnóża mają różne pochodzenie, np. nazwa „*tibia*” (goleń) wywodzi się z łaciny, a „*tarsus*” (stopa) z łaciny i greki.

Zwiększająca się liczba nazw, szczególnie gatunków, spowodowała konieczność opracowania doskonalszego systemu nazewnictwa, niż używany wcześniej przez setki lat. Największy wpływ na rozwój i porządkowanie nazewnictwa oraz systematyki organizmów w owym czasie miał Karol Linneusz – szwedzki przyrodnik i lekarz medycyny. W swoim dziele pt.: „*Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*” (1735–1770), zwykle skrącanym jako „*Systema Naturae*” (Ryc. 1), kontynuował i udoskonalił pracę naturalistów

w 1753 r. w opracowaniu pt.: „*Species Plantarum*”, a zawarte w nim opisy są w taksonomii roślin uznawane za pierwsze prawidłowo opublikowane naukowe definicje gatunków. Natomiast za początek naukowej nomenklatury zoologicznej została powszechnie zaakceptowana X edycja „*Systema Naturae*”, wydana na początku 1758 r. Stąd wszystkie nazwy organizmów nadane przed 1 stycznia 1758 r. są obecnie nieważne w ustalaniu zasady priorytetu. Choć system taksonomiczny Linneusza jest sztuczny, to stał się podstawą naukowej klasyfikacji organizmów i fundamentem dla współczesnej taksonomii, a rozpowszechniona przez niego zasada binominalnego nazewnictwa tak się utrwaliła, że nadal obowiązuje i jest stosowana na całym świecie.

Od czasów Linneusza próbowano także innych możliwych rozwiązań w taksonomii. Wiele lat temu zaproponowano, aby do oznaczania gatunków stosować liczby zamiast trudnych do wymówienia nazw. System ten (ang. *Dewey Decimal Classification* lub *Dewey Decimal System*), zwany po polsku klasyfikacją dziesiętną Deweya, został opracowany przez amerykańskiego bibliotekarza Melvila Deweya (1851–1931) i opierał się na bibliotecznym systemie numerowania książek. Pierwsze 3 cyfry oznaczają temat, np. 590 to zoologia, a 596 znaczy bezkręgowce. Dalsze próby stosowania tego systemu mogły doprowadzić do tego, że ułamek mógłby stanowić odniesienie do gatunków, regionu geograficznego lub autora. Sugestia przyjęcia klasyfikacji numerycznej (numerowania) była już na początku skazana na niepowodzenie, gdyż mało który naturalista byłby zadowolony, rozmawiając i dyskutując o gatunkach za pomocą numerów. Wielu z nas nie potrafi zapamiętać kilku nazw naukowych gatunków – a co dopiero liczb? System ten jest obecnie używany głównie w niektórych bibliotekach, chociaż większość uniwersyteckich bibliotek używa metody Biblioteki Kongresu, a reszta ma swoje własne, specjalistyczne schematy.

Od czasów X wydania „*Systema naturae...*” minęło już 259 lat i wiele się zmieniło, zarówno w nazewnictwie, jak również w klasyfikacji organizmów. W tym czasie poznano mnóstwo nowych dla nauki taksonów i nadano im różne nazwy, które w większości są obecnie prezentowane na portalu światowej sieci „*Global Biodiversity Information Facility*” (GBIF) [14]. Jedną z zakładek tej sieci pod nazwą „*Catalogue of Life*” [8] informuje o 3 423 318 nazwach różnych taksonów (od gatunku do bioty) ogółem poznanych dotychczas, w tym jest tylko 1 643 948 samych nazw naukowych dla potwierdzonych gatunków oraz 881 326 nazw aktualnie weryfikowanych, a także



Ryc. 1. Strona tytułowa X wydania „*Systema Naturae*”, źródło: Wikimedia Commons.

stów wszystkich narodowości, którzy używali swojego własnego słownictwa do opisywania organizmów i pisania prac. Podał on kryteria systemu klasyfikacji organizmów oraz nadał nazwy naukowe i opisał ok. 7700 gatunków roślin i 4162 gat. zwierząt. Podwaliny systemu klasyfikacyjnego roślin Linneusz ustanowił

151 432 nazwy taksonów poniżej rangi gatunku (ang. *infraspecific taxa*). Katalog ten obejmuje również 1 467 460 synonimów i 410 261 nazw wernakularnych (powszechnych, zwyczajowych). Warto tu też podkreślić ogromny wysiłek i zaangażowanie wielu osób z całego świata, aby taka baza informacji o nazewnictwie powstała. Wspomniane nazwy zostały zebrane i uporządkowane na podstawie informacji pochodzących ze 160 różnych baz danych z całego świata, w tym także z Polski (Krajowa Sieć Informacji o Biodźnorodności, KSIB) [15], obejmujących informacje o różnych istotach żywych (od wirusów do zwierząt) dotychczas poznanych na Ziemi. Najwięcej należy do przedstawicieli królestwa zwierząt (Animalia) – łącznie 1 250 105 nazw różnych taksonów, w tym: 35 typów, 107 gromad, 586 rzędów, 6353 rodzin, 117 774 rodzajów i 1 125 250 gatunków. Spośród nich dominują nazwy przedstawicieli rzędu chrząszczy (Coleoptera) – 4887 wszystkich razem taksonów tzw. wyższej kategorii systematycznej (rodziny, podrodziny, plemiona, podplemiona, rodzaje), w tym 4763 nazwy taksonów żyjących i 124 kopalnych. Samych tylko nazw rodzajów chrząszczy znamy 4707, wśród nich 4492 są ważne i obecnie stosowane na świecie [1]. Spośród krajowych zwierząt taksony w obrębie Coleoptera również dominują pod względem liczby nazw naukowych. Obecnie w Polsce używamy w sumie 7751 ważnych nazw różnych taksonów chrząszczy, w tym: 113 nazw rodzin, 1562 nazwy rodzajów i 6076 nazw gatunków [9].

Choć nazewnictwo naukowe taksonów jest w miarę stabilne, to ulega zmianom oraz modyfikacjom w konsekwencji różnorodnych rewizji i porządkowań, jak też zmieniającego się stanu wiedzy o gatunkach i udoskonalania metod badawczych. W efekcie tego zmieniają się nie tylko same nazwy, ale także klasyfikacje w obrębie niektórych grup systematycznych, co czasem prowadzi do nieporozumień, a nieraz utrudnia pracę nawet taksonomom. Aby więc zapanować nad porządkiem w nazewnictwie i taksonomii organizmów na Ziemi, na przestrzeni dziejów powstało szereg odrębnych, międzynarodowych kodeksów nomenklatury, z których funkcjonuje obecnie 6 następujących:

1. Międzynarodowy Kodeks Nomenklatury Botanicznej (ang. *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants*, ICN, dawniej *International Code of Botanical Nomenclature*, ICBN) [19];
2. Międzynarodowy Kodeks Nomenklatury Roślin Uprawnych (ang. *International Code of Nomenclature for Cultivated Plants*, ICNCP lub inaczej *Cultivated Plant Code* CPC) [2];

3. Międzynarodowy Kodeks Nomenklatury Fitosocjologicznej (ang. *International Code of Phytosociological Nomenclature*, ICPN) [6];
4. Międzynarodowy Kodeks Nomenklatury Zoologicznej (ang. *International Code of Zoological Nomenclature*, ICZN) [20];
5. Międzynarodowy Kodeks Nomenklatury Bakteriologii (ang. *The International Code of Nomenclature of Bacteria*, ICNB lub *Bacteriological Code*, BC) [18];
6. Międzynarodowy Kodeks Klasyfikacji i Nomenklatury Wirusów (ang. *The International Code of Virus Classification and Nomenclature*, ICTV Code) [17].

Kodeksy te są ustanawiane przez Międzynarodowe Komisje Nomenklatury, odrębnie dla bakterii, wirusów, roślin oraz zwierząt. Regulują one zasady tworzenia oraz stosowania nazw. Choć różnią się one od siebie, i to nie tylko zakresem obejmowanych organizmów, to ich naczelnym zadaniem jest dbanie o utrzymanie jednoznaczności, jednolitości, powszechności oraz trwałości nazw. Przez wielu naukowców kodeksy nomenklatury są traktowane bardzo poważnie, choć niektórzy uważają je za nieco przestarzałe i nie respektują ich sztywnych zasad. Mimo wszystko są one bardzo przydatne, gdyż promują stabilność, uniwersalność i porządek zasad nazewnictwa. Inaczej mówiąc, pilnują, aby w nomenklaturze nie było samowolki i żeby obowiązywały uniwersalne reguły pozwalające na utrzymanie porządku w systematyce organizmów, przynajmniej w kwestii nazewnictwa.

Zasady nazewnictwa naukowego

Jak już wspomnieliśmy wcześniej, pierwsze reguły nomenklatury ustalił Karol Linneusz w połowie XVIII wieku. Później zasady te były kodyfikowane i uzupełniane podczas wielu Międzynarodowych Kongresów, a każdy nowo zatwierdzany do stosowania kodeks zastępował i unieważniał ustalenia poprzedniego, przy czym zwykle wprowadzane zmiany tylko precyzowały i wyjaśniały nowe problemy nazewnictwa, nie wprowadzając zasadniczych zmian w nomenklaturze. Choć np. nazewnictwo zoologiczne jest niezależne i różni się w szczegółach od nazewnictwa botanicznego oraz bakteriologicznego, to każdy z kodeksów nomenklatury naukowej jest oparty na kilku fundamentalnych zasadach, z których do najważniejszych należą: 1) zasada homonimii – dana nazwa powinna się odnosić wyłącznie do jednego taksonu, ale – co wynika z wspomnianej niezależności nazewnictwa – obowiązuje to tylko w obrębie

danego kodeksu. Dlatego nazwę *Bacillus* nosi zarówno pewien rodzaj bakterii Gram-dodatnich, jak i rodzaj owadów z rzędu straszaków. Jakkolwiek może to być mylące, to w świetle zasad nomenklatury jest poprawne, choć ICZN zaleca powstrzymywanie się od publikowania takich nazw; 2) zasada synonimii – dany takson powinien mieć tylko jedną ważną (prawidłową) nazwę naukową, którą jest najwcześniejsza nazwa spełniająca warunki określone w danym kodeksie (z nielicznymi, określonymi wyjątkami); 3) stosowanie nazw dla taksonów jest oparte na typach nomenklatorycznych (określone gatunki w zbiorach naukowych), czyli niejako „wzorcach” danej nazwy, które są z nią nierozdzielnie związane, np. nazwa rodzaju bierze się od nazwy gatunku typowego dla tego taksonu, a rodziny od nazwy rodzaju typowego, itd.; 4) podstawą dla uznania nazwy naukowej jest ważność (prawidłowość) jej opublikowania; 5) nazwy naukowe wszystkich taksonów traktowane są jak łacińskie (odmieniające za pomocą gramatyki łacińskiej), bez względu na ich pochodzenie; 6) zasady nomenklatoryczne działają wstecz, ale tylko do odgórnie ustalonej daty i o ile nie jest to wyraźnie zastrzeżone.

Kodyfikacja nomenklatury ma na celu uporządkowanie nazewnictwa i wprowadzenie formalnych warunków ograniczających dowolne tworzenie nazw naukowych. Dlatego też nieraz usuwa się z użytku niektóre nazwy mogące wprowadzać w błąd. Tak było w przypadku poprzednio używanej nazwy pałeczki dżumy *Yersinia pseudotuberculosis* subsp. *pestis*. Podgatunek *pestis* stanowi wiele większe zagrożenie dla ludzi niż gatunek nominatywny. Stosowanie więc nazwy w takiej formie wprowadza zamieszanie i może prowadzić do niebezpiecznych (nawet dla ludzkiego zdrowia i życia) nieporozumień. Dlatego nazwa ta została w 1985 r. uznana przez odpowiednią Komisję Międzynarodowego Komitetu Bakteriologii Systematycznej za tzw. *nomen periculosum* (łac. nazwa niebezpieczna) i ją odrzucono, zastępując nową nazwą *Yersinia pestis*. Nie zmienia to jednak relacji taksonomicznej i pałeczka dżumy nadal jest podgatunkiem *Y. pseudotuberculosis*, choć w nomenklaturze wygląda jak oddzielny gatunek.

Celem kodyfikacji nazewnictwa naukowego jest również ustalenie jednej akceptowanej i stosowanej nazwy odnoszącej się do określonego taksonu. Umożliwia to powszechne zrozumienie informacji odnoszących się do taksonów, zwyczajowo noszących bardzo różnorodne nazwy i rozmaicie ujmowanych w różnych rejonach świata. Przykładowo nazwa naukowa *Coccinella septempunctata* (Ryc. 2) jest w całym świecie rozumiana jako określenie gatunku znanego w wielu krajach pod różnymi nazwami

zwyczajowymi, np.: *seven-spot ladybird* (Anglia), *seven-spotted ladybug* lub „C-7” (Ameryka Płn.), *Siebenpunkt-Marienkäfer* lub *Siebenpunkt* (Niemcy), *Slunéčko sedmítečné* (Czechy), czy *Mariquita de siete puntos* (Hiszpania). W Polsce gatunek ten



Ryc. 2. *Coccinella septempunctata* (biedronka siedmiokropka, boża krówka). Fot. W. Wantuch.

jest zwykle nazywany biedronką siedmiokropką lub bożą krówką, choć posiada też szereg innych określeń ludowych. Ta druga nazwa polska wywodzi się prawdopodobnie z ludowych obyczajów: „boża” – ponieważ przylatuje z nieba, więc posłał ją Bóg; krówka – ma kropki na pokrywach, co prawdopodobnie przypomina czerwoną krowę w białe plamy. Z kolei inne wyjaśnienie podaje, że sama nazwa „biedronka” pochodzi od określenia krowy, która ma plamy na biodrach (krowę taką nazywano: biedrzysta, biedrona, czy biedruna) [10] – stąd już blisko do biedronki. W wielu językach europejskich z kolei nazwa biedronki odnosi się do Matki Bożej, np. wspomniane *ladybird* i *Marienkäfer*, czy szwedzkie regionalne określenie *jungfru Mariae höna* – „kura Panny Marii” [7].

Częścią zasad nazewnictwa jest zbiór szczegółowych ustaleń gramatycznych, redakcyjnych i stylistycznych. Ważny jest też język, w jakim nadawane są nazwy organizmom. W nomenklaturze naukowej stosuje się zwykle nazwy łacińskie, greckie lub zlatinizowane, o różnych końcówkach, w zależności od kategorii i danej grupy systematycznej (tab. 1 i 2). Wynika to z tradycji. W czasach Linneusza łacina była powszechnie stosowana przez naukowców i pierwsze nazwy naukowe organizmów powstawały właśnie w tym języku, co zostało przez tego autora rozpowszechnione, a potem się utrwaliło. Nie było więc potrzeby zmieniania i tak już zostało do dziś. Zresztą żaden kraj nie ma pretensji o to, że do naukowego nazywania organizmów stosuje się język łaciński, a nie np. rodzimy autora, który dany takson opisuje. Łacina stała się w pewnym sensie

„martwym” językiem, którego nie można przypisać do żadnego kraju ani państwa, dlatego jest najbardziej uniwersalna i powszechnie wykorzystywana

danych, a w efekcie z nadmiarem informacji. Można się w tym nieraz naprawdę pogubić, trzeba więc koniecznie aktualizować wiedzę.

Tabela 1. Podstawowe kategorie taksonomiczne roślin i zwierząt.

Ranga taksonu	Nazwa łacińska	Rośliny		Zwierzęta	
		Przyrostek nazwy łacińskiej	Przykład	Przyrostek nazwy łacińskiej	Przykład
królestwo	<i>regnum</i>	-	Plantae	-	Animalia, Zoa
typ	<i>phylum</i>	-phyta	Chlorophyta	-	Arthropoda
gromada	<i>divisio</i>	-phyta	Magnoliophyta	-	Insecta
klasa	<i>classis</i>	-opsida, -atae	Liliopsida	-	-
rząd	<i>ordo</i>	-ales	Najadales	-a, -iformes	Coleoptera, Cypriniformes
rodzina	<i>familia</i>	-aceae	Najadaceae	-idae	Apionidae
plemię	<i>tribus</i>	-eae	Bignonieae	-ini	Apionini
rodzaj	<i>genus</i>	-	<i>Tilia</i>	-	<i>Apion</i>
gatunek	<i>species</i>	-	<i>Tilia cordata</i>	-	<i>Apion rubens</i>

w nomenklaturze naukowej organizmów. Nieraz też tworzone są nazwy pochodzące z języka greckiego. Czasem niektórzy autorzy opisów gatunków pozwalają sobie na zlatynizowanie słów pochodzących z ich rodzimych języków, co niekiedy doprowadza do powstawania zabawnych nazw. Największym chyba problemem w realizacji założeń nomenklatury jest obecny dynamiczny rozwój systematyki i różnice w ujęciach taksonomicznych tych samych taksonów. Przykładowo rodzina ślazowatych (Malvaceae) w dawniejszej taksonomii liczyła ok. 1000 gat., a obecnie obejmuje 4225 gat. Stało się tak dlatego, że w starszych systemach klasyfikacyjnych tradycyjnie wyróżniane taksony w randze rodzin miały charakter parafiletyczny lub polifiletyczny (czyli były sztucznie wydzielone, czego w systematyce się unika), a teraz są traktowane jako podrodziny w rodzinie Malvaceae [25]. W efekcie różnych rewizji taksonomicznych i porządkowania nazewnictwa obserwuje się: 1) zmiany nazw różnych jednostek taksonomicznych, w tym także gatunków, najczęściej poprzez zmianę nazwy rodzajowej, ale nie tylko; 2) ciągłe zmiany w zaszeregowaniu taksonomicznym różnych gatunków; 3) usuwanie i rozbijanie taksonów polifiletycznych na mniejsze jednostki; 4) powstawanie szeregu taksonów pośrednich (np. infrarzędy, nadrodziny, itp.) i wydłużenie tej „drabinki taksonomicznej” gatunku ponad liczbę przyjętych wcześniej poziomów taksonomicznych. W dodatku mamy obecnie do czynienia z niezwykle szybkim obiegiem wszelkich

Struktura i poprawny zapis nazwy naukowej

W zależności od rangi kategorii systematycznej nazwy naukowe są jednowyrazowe (uninominalne), dwuwyrazowe (binominalne) lub wielowyrazowe (multinominalne).

Nazwa naukowa jednowyrazowa (jednoczłonowa) stosowana jest w przypadku rodzaju i taksonów wyższej rangi i jest to zwykle rzeczownik pisany zawsze od dużej litery, przeważnie pismem prostym (poza nazwą rodzajową), niezależnie od tego, czy dana nazwa jest na początku, w środku, czy na końcu zdania, np.: *Vespa* (rodzaj osa ze wszystkimi gatunkami należącymi do tego rodzaju) lub *Betula* (rodzaj brzoza ze wszystkimi gatunkami z tego rodzaju), Lucanidae (rodzina jelonkowate) lub Fagaceae (rodzina bukowate), Insecta (gromada owady) lub Marchantiophyta (gromada wątrobowce), Vertebrata (podtyp kręgowce), Chordata (typ strunowce). Rangę niektórych taksonów, zwłaszcza wyższych kategorii systematycznych, można określić po końcówkach (przyrostkach) dodawanych do nazwy zasadniczej, odpowiednich dla taksonomii botanicznej i zoologicznej (tab. 1).

Nazwa dwuwyrazowa (dwuczłonowa, binominalna, dwumienna, podwójna) dotyczy zawsze nomenklatury gatunków. Składa się z nazwy rodzajowej w formie rzeczownika, pisanej zawsze od dużej litery i tzw. epitetu gatunkowego, czyli nazwy gatunkowej, najczęściej w formie przymiotnika, pisanej zawsze małymi literami, niezależnie od tego, czy ta nazwa

jest na początku, w środku czy na końcu zdania, np.: *Berberis vulgaris* (berberys pospolity), *Pica pica* (sroka), *Lumbricus terrestris* (dżdżownica ziemna). z nazwy rodzajowej i frazy opisowej, liczącej do 12 słów (tzw. nazwy polinomialne). Pierwotnie jedno- wyrazowe epitety gatunkowe służyły tylko do celów

Tabela 2. Lista powszechnie stosowanych przyrostków w nazewnictwie naukowym rodzajów chrząszczy (Coleoptera) z pochodnymi nazwami taksonów rangi pomiędzy rodzajem a rodziną.

Końcówka nazwy rodzajowej	Znaczenie polskie	Pochodzenie końcówki nazwy taksonu	Nazwa rodzaju – przykład	Nazwa taksonu wyższej rangi – przykład
-apion	gruszka	-api	- <i>Aspidapion</i>	Aspidapiina
-arthron	staw, połączenie	-arthr	- <i>Decarthron</i>	Decarthrina
-aspis	tarczka, osłona	-aspid	- <i>Anaspis</i>	Anaspidinae
-baris	łódź płaskodenna	-barid	- <i>Baris</i>	Baridini
-celis	plamka	-celid	- <i>Xiphoscelis</i>	Xiphoscelidini
-ceras	róg	-cerat	- <i>Megaceras</i>	Megaceratini
-cnema	goleń	-cnem	- <i>Pachycnema</i>	Pachycnemina
-derma	skóra	-dermat	- <i>Cryptoderma</i>	Cryptodermatinae
-dytes	nurek	-dyt	- <i>Aspidytes</i>	Aspidytidae
-genys	szczeka	-geny	- <i>Chaetogenys</i>	Chaetogenyini
-hospes	gość	-hospit	- <i>Termitohospes</i>	Termitohospitini
-ides	podobny do	-id	- <i>Anaides</i>	Anaidinae
-ites	niby, podobny	-it	- <i>Aegialites</i>	Aegialitinae
-loma	brzeg lub frędzel	-lomat	- <i>Discoloma</i>	Discolomatinae
-macer	cienki, chudy	-macr	- <i>Rhynchitomacer</i>	Rhynchitomacriini
-odes	podobny do	-od	- <i>Agyrtodes</i>	Agyrtodini
-odon	ząb	-odont	- <i>Pentodon</i>	Pentodontini
-omma	oko	-ommat	- <i>Omma</i>	Ommatidae
-opsis	pojawiający się	-opse	- <i>Brachyceropsis</i>	Brachyceropseini
-otes	naturalny	-ot	- <i>Agriotes</i>	Agriotini
-pteryx	skrzydło	-pteryg	- <i>Trichopteryx</i>	Trichopterygini
-pus	stopa	-pod	- <i>Baripus</i>	Baripodina
-rhinus	ryjek, ryj	-rhin	- <i>Platyrhinus</i>	Platyrhinini
-rhynchus	ryjek, ryj	-rhynch	- <i>Doydirhynchus</i>	Doydirhynchini
-soma	ciało	-somat	- <i>Platysoma</i>	Platysomatini
-stoma	usta, pysk	-stomat	- <i>Stenostoma</i>	Stenostomatini
-teles	doskonały	-tel	- <i>Abroteles</i>	Abrotelina
-termes	robak drzewny	-termit	- <i>Philoterme</i>	Philotermitini
-typus	uksztaltowany	-typ	- <i>Amarotypus</i>	Amarotypini

Nazewnictwo binominalne zostało po raz pierwszy zastosowane w 1623 r. przez braci Gasparda i Jeana Bauhina w dziele pt. „*Pinax Theatri Botanici*”, a do upowszechnienia i akceptacji takiej zasady konstruowania nazw gatunków przyczynił się Karol Linneusz za sprawą publikacji „*Species Plantarum*” w 1753 r. i X wydania „*Systema Naturae*” w 1758 r. W owym czasie stosowano nazwy gatunków składające się

indeksowych, ponieważ zajmowały mniej miejsca. Z czasem jednak wygoda ich stosowania spowodowała, że zastąpiły rozbudowane frazy opisowe. Zgodnie z zasadami Międzynarodowych Kodeksów Nomenklatury nazwę binominalną (inaczej binom, z łac. *binomen*) należy pisać krojem pisma wyróżniającym ją na tle pozostałego tekstu, czyli najlepiej pismem pochylonym (kursywą) w tekście pisanym pismem

prostym (normalnym). Pełna nazwa naukowa gatunku powinna jeszcze zawierać przynajmniej tzw. cytację, czyli nazwisko (lub jego skrót) autora pierwszego naukowego opisu danego gatunku (diagnozy taksonomicznej) oraz rok publikacji tego opisu, oddzielone od siebie przecinkiem, np. *Apion cruentatum* Walton, 1844. Taki zapis sugeruje ICZN [20], ale nie narzuca stosowania przecinka po nazwisku autora. Większość autorów respektuje te sugestie i my też do tego zachęcamy. Jednak w niektórych publikacjach oraz na portalu Fauna Europaea (FE) [13] spotykane są zapisy bez przecinka. Dobrze jest, gdy w publikacji naukowej (nie tylko o charakterze taksonomicznym) dotyczącej badań dowolnych organizmów, przynajmniej raz podany jest pełny zapis nazwy naukowej danego gatunku, co wszystkim ułatwia zrozumienie. W niektórych publikacjach stosuje się zapis naukowy gatunku rozszerzony o podanie miejsca opublikowania diagnozy, np.: *Anser albifrons* (Scopoli, 1769), *Annus I Hist.-Nat.* 69 (Ryc. 3). Tak dokładne dane są tylko w specjalistycznych, taksonomicznych publikacjach,

albifrons („białoczelna”) ptakowi w rodzaju *Branta* (bernikla), a następnie gatunek ten został przeniesiony do ważnego obecnie rodzaju *Anser* (gęś). Zasadę taką stosuje się w nazewnictwie zoologicznym, zostawiając nazwisko autora epitetu gatunkowego, bez podawania autora nowej kombinacji. Natomiast w nomenklaturze botanicznej w takim przypadku jest nieco inny zapis. Autor nowej kombinacji podawany jest poza nawiasem, np. *Picea abies* (L.) H. Karst. Oznacza to, że epitet gatunkowy „*abies*” nadał Linneusz, opisując ten gatunek pierwotnie w rodzaju *Pinus*, a z tego rodzaju do rodzaju *Picea* przeniósł go Gustav Hermann Karsten.

Zarówno w nomenklaturze botanicznej, jak też zoologicznej, ustala się zwykle standaryzację zapisu nazwisk autorów, tak aby jego forma w nazwie binominalnej była jednoznaczna. Czasem jest to pełne nazwisko (np.: katalogi, atlasy, checklisty), a najczęściej jego skrót (klucze do oznaczania, prace naukowe) lub inicjał (zwykle wtedy, kiedy nazwisko jest powszechnie znane), niekiedy dodawany jest inicjał



Ryc. 3. *Anser albifrons* (gęś białoczelna), źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anser_albifrons_albifrons.jpg

natomiast nie podaje się danych bibliograficznych w przypadku oryginalnej kombinacji, czyli „zestawu” nazwy rodzajowej i gatunkowej w takiej formie, jaką nadał pierwszy autor opisu. W zapisie powyższej nazwy w porównaniu z wcześniejszym przykładem widać dodatkowy znak – nazwisko autora opisu i rok tej publikacji podano w nawiasie. Oznacza to, że zmieniono oryginalną kombinację nazwy rodzajowej i gatunkowej – przeniesiono gatunek do innego rodzaju niż ten, w którym pierwotnie został opisany. W tym przypadku Scopoli w 1769 r. nadał nazwę gatunkową

imięcia. Przykładowo autorstwo Linneusza może zostać oznaczone jako Linnaeus lub Linn., a najczęściej inicjałem L., zaś Fabriciusa: Fabricius, Fab. lub F. Zalecane jest unikanie epitetów gatunkowych, które zastosowano wcześniej w jakimś blisko spokrewnionym rodzaju, epitetów podobnych brzmieniowo, a także będących czyimś nazwiskiem w mianowniku, gdyż taka nazwa może wprowadzać w błąd co do autora opisu. Kodeks Nomenklatury Botanicznej w ogóle nie dopuszcza tworzenia nazw, w których nazwa rodzajowa przypomina epitet gatunkowy lub

pochodzi od niego. Natomiast Kodeks Nomenklatury Zoologicznej zezwala na tworzenie tzw. tautonimów, czyli takich nazw gatunków, gdzie nazwa gatunkowa brzmi podobnie jak nazwa rodzajowa, np. *Cardinalis cardinalis* (kardynał szkarłatny), czy *Salamandra salamandra* (salamandra plamista) (Ryc. 4). Zgodnie z Kodeksem musi być zachowana oryginalna pisow-

(trójskładnikowe, trinominalne) lub wieloskładnikowe (wieloczłonowe, polinomialne), np.: *Parnassius apollo carpathicus* (podgatunek karpacki niepylaka Apollo), *Salamandra salamandra salamandra* (podgatunek nominatywny salamandry plamistej) czy *Salmo trutta morpha trutta* (troć wędrowną), w przypadku nomenklatury zoologicznej. Jak widać,



Ryc. 4. *Salamandra salamandra* (salamandra plamista), płaz ogoniasty z rodziny Salamandridae (salamandrowate). Fot. M. Matysiak (fotomatysiak.pl).

nia nazw rodzajowych lub epitetów wywodzących się od nazwisk lub nazw geograficznych. Nazwy gatunkowe pochodzące np. od nazwisk lub nazw geograficznych mogą być zarówno przymiotnikami, jak i rzeczownikami w dopełniaczu (łac. *Genetivus*). Nazwy gatunkowe pochodzące od nazw geograficznych określane są jako tzw. toponimy. Pełnią one funkcję epitetów gatunkowych (rzadziej nazw rodzajowych), najczęściej określających miejsce lub obszar (tzw. *locus typicus*), gdzie zaobserwowano po raz pierwszy osobniki danego gatunku. Charakterystyczne końcówki epitetów gatunkowych pochodzących od nazwisk dla formy rzeczownikowej to: *-i*, *-eri*, *-ae*, *-e*, *-orum*, *-arum* np. *Acalles petryszaki* czy *Acallocrates colonnellii*, a dla formy przymiotnikowej: *-ianus*, *-anus*, np.: *Haemanthus germanianus*.

W nazewnictwie naukowym stosuje się także nazwy dla taksonów poniżej rangi gatunku (taksony infraspecyficzne). Są to zwykle nazwy trójczłonowe

w nomenklaturze zoologicznej nie używa się żadnego skrótu poprzedzającego człon podgatunkowy, natomiast odmianę oznacza się słowem „morpha”, choć stosowanie taksonów poniżej podgatunku nie jest już regulowane przez Kodeks. Natomiast w nazewnictwie botanicznym w nazwach trój- i więcej członowych słowo definiujące takson o randze niższej od gatunku wymaga poprzedzenia skrótem wskazującym na jego rangę systematyczną, np.: subsp. – podgatunek (skrót używany też w nomenklaturze bakteriologicznej), var. – odmiana, subvar. – pododmiana, f. – forma, subf. – podforma, np.: *Calystegia sepium* subsp. *americana* (podgatunek amerykański kielisznika zaroślowego), *Nymphaea alba* var. *minor* (odmiana grzybienia białego), *Saxifraga aizoon* var. *aizoon* subvar. *brevifolia* f. *multicaulis* subf. *surculosa* (podforma formy pododmiany odmiany skalnicy gronkowej). W podobny sposób botanicy wskazują również rangę taksonu poniżej rodzaju, np. *Acacia*

subg. *Phylloclineae* (podrodzaj akacji). Nie wymagane jest to w nomenklaturze zoologicznej, tu nazwę podrodzaju podaje się w nawiasie, np. *Phyllobius* (*Alsus*) – podrodzaj rodzaju naliściak. Trzeba pamiętać, że wymienione skróty wskazujące kategorię taksonomiczną taksonu nie są składnikiem nazwy naukowej jako takiej.

Czasami obok nazwy taksonu podaje się także dodatkowe symbole lub znaki, np.: sp., spp., ssp., cf. lub „†”, które mogą być kłopotliwe w zrozumieniu przez niewtajemniczonych. Skróty „sp.” lub „spp.” oznaczają łacińskie słowo „species”, czyli po polsku „gatunek”. Różnica między nimi jest taka, że „sp.” to gatunek w liczbie pojedynczej, a „spp.” w liczbie mnogiej. Skróty te stawia się po nazwie rodzajowej, kiedy nie wiadomo o jaki dokładnie gatunek (gatunki) chodzi, ale mamy pewność, że należy on (należą one) do konkretnego rodzaju, np.: *Apion* sp. – niezidentyfikowany gatunek pędrusia z rodzaju *Apion*; *Apion* spp. – grupa lub wszystkie gatunki pędusiów z rodzaju *Apion*, których w danym czasie nie możemy rozpoznać. Stosuje się także skrót „ssp.”, oznaczający „subspecies”, czyli podgatunek, np. *Salamandra salamandra* ssp. – bliżej nam nieznanego podgatunek salamandry plamistej. Z kolei skrót „cf.” oznacza słowo „confer”, czyli dosłownie po polsku „porównaj.” W przeciwieństwie do poprzednich skrótów, „cf.” stawiamy zwykle pomiędzy nazwą rodzajową i gatunkową wtedy, kiedy mamy wątpliwości, czy poprawnie zidentyfikowaliśmy dany gatunek, np. *Liophloeus* cf. *gibbus* – prawdopodobnie jest to *Liophloeus gibbus*, ale nie mamy całkowitej pewności, że to ten gatunek, gdyż nie widzieliśmy samca, który posiada lepsze cechy diagnostyczne niż samica. Natomiast obecność symbolu „†” przed nazwą naukową jakiegoś taksonu oznacza, że on już wymarł, a znamy go na podstawie materiałów paleologicznych.

Przedstawione tu zasady pisowni dotyczą wyłącznie nazewnictwa naukowego, a nie nazw wernakularnych (rodzimych, zwyczajowych, powszechnych). Nazwy te, czyli w naszym przypadku nazwy polskie wszystkich taksonów, niezależnie od kategorii systematycznej, powinno się pisać zgodnie z zasadami pisowni polskiej, czyli małymi literami. Wyjątek jest wtedy, kiedy dana nazwa stanowi początek zdania, tytuł, np. rozdziału, bądź w nazwie taksonu jest nazwa własna, np. nazwisko, imię, nazwa geograficzna, itp.

Skąd się biorą nazwy naukowe organizmów?

Nazwy naukowe są bardzo zróżnicowane. Niektóre mają charakter pouczający, informując np. o wyglądzie, kolorze lub innych szczególnych cechach morfolo-

gicznych, bądź o występowaniu geograficznym czy biotopie danego taksonu. Czasem są one intencjonalnie prowokujące czy wręcz rozbawiające.

Nazwy taksonów od rodziny do rodzaju biorą się nieraz z kompilacji różnych słów, a niektóre z nich wyróżniają się charakterystycznymi dla danej rangi taksonu przyrostkami (tab. 1 i 2). Są też nazwy nadawane na cześć pewnych osób, jednak zgodnie z zasadami nie mogą być obraźliwe wobec osoby w ten sposób „uczczonej”. Przykładowo Karol Linneusz na cześć Sir Josepha Banksa – angielskiego botanika, podróżnika i prezesa *Royal Society*, nadał w 1782 r. nazwę *Banksia* nieznanemu wcześniej na świecie australijskiemu rodzajowi wiecznie zielonych drzew i krzewów z rodziny Proteaceae (srebrnikowate). Z kolei Robert Brown na cześć Williama Baxtera, brytyjskiego kolekcjonera roślin, głównie z Zachodniej Australii, nadał nazwę gatunkową *Banksia baxteri* nieopisaną wcześniej roślinie z rodzaju *Banksia*. Zaskakująca jest natomiast nazwa *Dziwneono*, nadana przez polskiego entomologa, panią Irenę Dworakowską [4] dla rodzaju należącego do australijskich pluskwiaków z rodziny Cicadellidae (bezrąbkowate). Przez pana Marka Izaaka nazwa ta została uznana za jedną z najbardziej kuriozalnych nazw organizmów na świecie [16]. Człon „ono”, choć brzmi po polsku, nawiązuje do wywodzących się z języka hawajskiego nazw dwóch innych rodzajów australijskich pluskwiaków: *Kahaono* i *Aneono*. Natomiast słowo „dziwne” jak najbardziej pochodzi z języka polskiego i odnosi się do nietypowej budowy aparatów kopulacyjnych samców tego rodzaju [5]. Są też nazwy na cześć uznanych artystów, np. *Mozartella beethoveni*, błonkówka z nadrodziny Chalcidoidea (bleskotki) lub bliskich krewnych, np. *Bagous aliciae* – nazwa chrząszcza wodnego z rodziny Curculionidae (ryjkowcowate) nadana przez prof. Cmolucha na cześć swojej żony Alicji [3]. Niektórzy autorzy w nazwach nadawanych przez siebie zawierają np. komentarz o liczebności opisywanego taksonu, używając m.in. słów: *multus*, *polus* (pol. liczny), *oligos*, *paucos* (nieliczny) lub innych określeń o charakterze opisowym, np.: *lugubrious* (ponury), *nitidus* (jasny), *palustris* (bagnisty), *gracilis* (wdzięczny), *carpathicus* (karpacki), itp. Nie wszystkie jednak nazwy naukowe są tak poważne jak sam problem nazewnictwa. Pewne z nich wydają się co najmniej dziwne, jeśli nie rozbawiające, np.: *Tipula shogun* – muchówka z rodziny Tipulidae (koziółkowate), *Bryaxis karate*, *B. sumo* – chrząszcze z rodziny Staphylinidae (kusakowate), *Macrostyphlus frodo*, *M. gandalf* – chrząszcze z nadrodziny Curculionoidea (ryjkowce), *Macropsis sauroni* – pluskwiak z rodziny Cicadellidae

(skoczkwate), *Pheidole harrisonfordi* (mrówka), *Anophthalmus hitleri* – chrząszcz z podrodziny Trechinae w obrębie rodziny Carabidae (biegaczowate), *Leluthia canalia* i *Aleiodes shakirae* (Ryc. 5) – pasożytnicze błonkówki z rodziny Braconidae (męczelkowate), *Aha ha* i *Oxybelus cocacolae* – błonkówki

naukowym niż potocznym, dzięki czemu można uniknąć wielu nieporozumień, także w Polsce, a w relacjach międzynarodowych nazwy rodzime i tak są bezużyteczne. Takie nazwy jak *Apion* czy *Polydrus* są na pewno bardziej komunikatywne niż ich polskie odpowiedniki: pędrus i obryzg (Ryc. 6).



Ryc. 5. Paratyp samicy *Aleiodes shakirae*, pasożytniczej błonkówki z rodziny Braconidae (męczelkowate). Fot. Eduardo Shimbori.

z rodziny z rodziny Crabronidae (otrętwiaczowate), *Cylindera debilis* – chrząszcz z rodziny Cicindelidae (trzyścizowate), *Pentodon idiota* – chrząszcz z rodziny Scarabaeidae (poświętnikowate), *Pseudatrichia atombomba* – drapieżna muchówka z rodziny Scenopinidae, *Synalpheus pinkfloydi* (krewetka) czy *Horripes terminator* – pająk z rodziny Corinnidae [16].

O czym warto też wiedzieć?

Taksonomia i systematyka obecnie bardzo dynamicznie się rozwijają i trudno dać uniwersalne rady na problemy, które są tego konsekwencją. Niewątpliwie trzeba najpierw prawidłowo oznaczyć dany gatunek i zaszeregować go do odpowiedniej grupy taksonomicznej, wyraźnie określając, co się bada i analizuje. Lepiej też posługiwać się nazewnictwem

Co najważniejsze, nazwy łacińskie są jednoznaczne i uniwersalne. Powinniśmy też wybrać nazwę obecnie ważną i odpowiednio ją zapisać, a także powołać się na źródło, na podstawie którego przyjęliśmy daną taksonomię. Polecamy źródła poprawnego nazewnictwa:

- Catalogue of Life (CoL), indeksuje znane gatunki na świecie [8];
- The Integrated Taxonomic Information System (ITIS), zawiera informacje taksonomiczne o roślinach, zwierzętach, grzybach i mikrobach świata [28];
- National Center for Biotechnology Information (NCBI), źródło informacji biomedycznych i o genomach [21];
- Paleobiology database (PBDB), zbiera dane o zdarzeniach kopalnych, kolekcjach, próbkach,

taksonach i opiniach z bazy danych paleobiologicznych [22];

- Encyclopedia of Life (EOL), bezpłatna, internetowa encyklopedia dokumentująca wszystkie taksony znane nauce, kompilująca informacje z istniejących obecnie baz danych, obejmuje linki wymienionych wcześniej baz danych internetowych dotyczące nazewnictwa i systematyki [11];



Ryc. 6. *Polydrusus formosus*, polska nazwa rodzaju to obryzg. Chrząszcz z rodziny Curculionidae (ryjkowcowate). Fot. W. Wantuch.

Ponadto istnieją źródła bardziej regionalne lub lokalne, dotyczące tylko określonych grup, np.:

- Fauna Europaea (FE), obejmuje zwierzęta lądowe Europy [13];
- Coleoptera Poloniae (COLPOL), baza informacji poświęcona różnorodności krajowych chrząszczy [9].

Najwięcej szczegółowych danych nomenklatorycznych dostarczają jednak krajowe, regionalne lub lokalne listy gatunków (ang. *checklist*) oraz katalogi i klucze do oznaczania poszczególnych grup systematycznych.

Bibliografia:

1. Bouchard P., Bousquet Y., Davies A.E., Alonso-Zarazaga M.A., Lawrence J.F., Lyal C.H.C., Newton A.F., Reid C.A.M., Schmitt M., Ślipiński S.A., Smith, A.B.T. 2011. Family-group names in Coleoptera (Insecta). ZooKeys 88: 1–972.
2. Brickell C.D., Alexander C., David J.C., Hettterscheid W.L.A., Leslie A.C., Malecot V., Jin X. & Cubey J.J. 2009. International Code of Nomenclature for Cultivated Plants, ICNCP. 8th edition. Scripta Horticulturae Number 10. ISHS, Leuven, Belgium.
3. Cmoluch Z. 1983. *Bagous aliciae* sp.n. (Coleoptera, Curculionidae) aus Mitteleuropa. Bull. Ac. Pol. Sc. Ser. Sc. Biol. 31: 51–55.
4. Dworakowska I. 1972. Australian Dikraneurini (Auchenorrhyncha, Cicadellidae, Typhlocybinae). Bull. Ac. Pol. Sc. Ser. Sc. Biol. 20: 193–201.
5. Józwiak P., Rewicz T., Pabis K. 2010. Inspiracje i osobliwości naukowego nazewnictwa zoologicznego. Kosmos, 59: 39–59.
6. Weber, H.E., Moravec, J. & Theurillat, J.-P. 2000. International Code of Phytosociological Nomenclature, ICPN. 3rd edition. Journal of Veg. Sc. 11: 739–768.

Źródła internetowe

7. <http://blog.oxforddictionaries.com/2014/06/ladybirds-ladybugs-cows>
8. Catalogue of Life (CoL); www.catalogueoflife.org
9. Coleoptera Poloniae (COLPOL); <http://coleoptera.ksib.pl>
10. <http://czachorowski.blox.pl/t/48717/etymologia.html>
11. Encyclopedia of Life (EOL); eol.org
12. Encyklopedia PWN; <http://encyklopedia.pwn.pl>
13. Fauna Europaea (FE); <http://www.fauna-eu.org>
14. Global Biodiversity Information Facility (GBIF); <http://www.gbif.org>
15. Krajowa Sieć Informacji o Bioróżnorodności (KSIB); <http://www.ksib.pl>

16. Mark Izaak; www.CuriousTaxonomy.net
17. Międzynarodowy Kodeks Klasyfikacji i Nomenklatury Wirusów (ang. *The International Code of Virus Classification and Nomenclature*, ICTV Code); <https://talk.ictvonline.org/information/w/ictv-information/383/ictv-code>
18. Międzynarodowy Kodeks Nomenklatury Bakterii (ang. *International Code of Nomenclature of Bacteria*, ICNB); <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK8817>
19. Międzynarodowy Kodeks Nomenklatury Botanicznej (ang. *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants*, ICN); <http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>
20. Międzynarodowy Kodeks Nomenklatury Zoologicznej (ang. *International Code of Zoological Nomenclature*, ICZN); <http://iczn.org/iczn/index.jsp>
21. National Center for Biotechnology Information (NCBI); www.ncbi.nlm.nih.gov
22. Paleobiology database (PBDB); www.paleobiodb.org
23. Phytotaxa; <http://www.mapress.com>
24. Species 2000; <http://www.sp2000.org>
25. Stevens, P. F. 2001. Angiosperm Phylogeny Website. Version 13, April 2017; <http://www.mobot.org/MO-BOT/research/APweb>
26. Systema Naturae 2000; <http://sn2000.taxonomy.nl>
27. Taxon; <http://www.ingentaconnect.com>
28. The Integrated Taxonomic Information System (ITIS); www.itis.gov
29. Zookeys; <http://zookeys.pensoft.net>
30. Zootaxa; <http://www.mapress.com>

Knutelski Stanisław, Wiorek Marcin, Knutelska Emilia. Zakład Entomologii UJ. E-mail: s.knutelski@uj.edu.pl

JAK POWSTAŁ CZŁOWIEK, CZYLI O EWOLUCJI LUDZKIEGO GENOMU

Agnieszka Bugaj (Kraków)

Streszczenie

Ewolucja ludzkiego genomu, która doprowadziła do tak znacznego sukcesu ewolucyjnego naszego gatunku od zawsze fascynowała naukowców. Każdego roku odkrywano nowe geny biorące udział w powstawaniu specyficznie ludzkich cech. Niniejsza praca przedstawia wybrane sekwencje DNA, odpowiedzialne za powstanie mowy, rozwój mózgu i inne charakterystyczne cechy *Homo sapiens*, zwraca także uwagę na sekwencje szybko ewoluujące u człowieka (HAR), które do niedawna były uznawane za śmieciowe DNA.

Abstract

The evolution of the human genome that has led to such a significant evolutionary success of our species has always fascinated scientists. Every year new genes are discovered, that are involved in the development of specific human traits. This work presents selected DNA sequences, responsible for speech, brain development, and other traits of *Homo sapiens*, and also Human Accelerated Regions (HAR), that were recently considered as junk DNA.

Wstęp

Niezwykłość ludzi na tle innych zwierząt widoczna jest w wielu cechach. W porównaniu do swoich

przodków *Homo sapiens* ma całkowicie wyprostowaną postawę ciała, która uwarunkowała zmiany morfologiczne kończyn i obręczy miednicy, posługuje się mową i ma bardzo dobrze rozwinięty mózg. Różnice dotyczą

także metabolizmu czy zapadalności na niektóre choroby. Dzięki sekwencjonowaniu genomów człowieka i szympansa oszacowano, że te dwa gatunki są do siebie podobne w 98%. Co więc takiego wydarzyło się w ludzkim genomie, że jesteśmy tak różni od naszego najbliższego żyjącego krewniaka? Jakie sekwencje nukleotydowe odpowiadają za specyficznie ludzkie cechy? Czy mogą odpowiadać za nie fragmenty DNA uznawane do niedawna za śmieciowe?

Sekwencje szybko ewoluujące u człowieka (HAR)

Human Accelerated Regions (HAR), czyli regiony szybko ewoluujące u człowieka, mogą być wytłumaczeniem dla pojawienia się przynajmniej części typowo ludzkich cech. Analiza genomów wielu gatunków zwierząt pozwoliła na ich porównanie z sekwencjami ludzkimi, dzięki czemu stwierdzono znacznie szybszą ewolucję niektórych sekwencji w linii prowadzącej do *Homo sapiens*. Wiele odpowiedników HAR występuje u innych kręgowców, gdzie sekwencje te są bardzo konserwatywne i mało zmienne, tylko ludzkie warianty charakteryzują się wysoką zmiennością. Część z nich jest identyczna pomiędzy szympansem i dziobakiem, natomiast różni się u ludzi. Regiony te są jednymi z najbardziej zachowawczych wśród ssaków, stąd tak wielkie znaczenie przypisuje się różnicom występującym w tych sekwencjach u ludzi. Ich położenie w genomie nie jest przypadkowe. Najczęściej znajdują się one w pobliżu genów rozwojowych, genów kodujących czynniki transkrypcyjne oraz genów biorących udział w rozwoju centralnego układu nerwowego [7]. Są sekwencjami o średniej długości 227 par zasad, pełnią funkcję wzmacniaczy transkrypcji lub powstaje z nich niekodujący RNA [8]. Charakteryzują się wysoką zawartością par G+C w sekwencjach (HAR1 – 76%, HAR2 – 69%, HARE5 – 66%) [9]. Po raz pierwszy opisane zostały w 2006 roku, obecnie znanych jest blisko 3 tysiące takich sekwencji.

HAR1

Pierwszym opisanym tego typu regionem był *HAR1*, będący długim niekodującym RNA. Znajduje się on na długim ramieniu chromosomu 20 i położony jest pomiędzy dwoma niekodującymi genami RNA – *HAR1F* oraz *HAR1R*. W jego skład wchodzi 118 nukleotydów, z czego aż 18 różni się pomiędzy człowiekiem i szympansem [1]. Na podstawie badań z użyciem wyznakowanych sond identyfikujących ludzkie i szympanse *HAR1* w zarodkach myszy wykazano wysoką ekspresję ludzkiego wariantu

w neuronach w trakcie odwzorowywania układu kory mózgowej [8]. W zarodkach ludzkich jest on aktywny od 7 do 19 tygodnia ciąży [10]. Kora mózgowa jest strukturą, która w znacznym stopniu rozwinęła się w czasie ewolucji u człowieka, szczególnie jej część zwana korą nową (*neocortex*), która składa się z 6 warstw i jest zaangażowana m.in. w odbieranie i przetwarzanie wrażeń zmysłowych czy wyższe funkcje poznawcze, takie jak zdolności językowe, pamięć czy myślenie. Jego wysoką ekspresję zaobserwowano w neuronach Cajala-Retziusa, kluczowych w prawidłowym formowaniu się kory nowej, umożliwiają bowiem poprzez wyznaczenie szlaków migracyjnych przemieszczanie się neuroblastów (komórek macierzystych neuronów i komórek glejowych) [4]. Ponadto neurony Cajala-Retziusa produkują białko reelinę, które w trakcie rozwoju mózgu wpływa na migrację neuronów, a następnie kontroluje neurotransmisję i stymuluje rozwój dendrytów [10,14]. Wydaje się więc, że substytucje, jakie zaszły w tym genie u *Homo sapiens* mogły doprowadzić do wykształcenia się unikalnych cech charakterystycznych dla naszego gatunku.

HAR2 (HACNS1)

Kolejną poznaną sekwencją, która podlegała szybkiej ewolucji u człowieka, był *HAR2* zwany również *HACNS1*. Położony jest on na chromosomie 2 i pełni funkcję wzmacniacza, kontrolując poziom ekspresji genów docelowych w uchu, łukach skrzelowych oraz kończynach. Sekwencja ta obecna jest w genomach wszystkich kręgowców lądowych, u szympanów i makakowatych także pełni rolę wzmacniacza, natomiast jego działanie jest słabsze i nie wykazuje powtarzalności ekspresji w kończynach [11]. *HAR2* w linii prowadzącej do człowieka ewoluował czterokrotnie szybciej i odróżnia go od szympaniego 13 substytucji nukleotydowych, co wydaje się wystarczające do osiągnięcia przez *Homo sapiens* zdecydowanie lepiej rozwiniętej motoryki kończyn. W tkankach embrionalnych gen ten jest aktywny w czasie rozwoju zarodkowego na obszarach oka, ucha i gardzieli, a dodatkowo u ludzi wykazuje wysoką ekspresję w zawiązkach dłoni i stóp [11].

Substytucje, jakie zaszły w genie *HAR2* prawdopodobnie przyczyniły się do zwiększenia sprawności ludzkiej ręki, w tym do możliwości obrotu kciuka w kierunku dłoni oraz wydłużenia kciuka w stosunku do pozostałych palców. W kończynie dolnej ekspresja zmienionego genu mogła spowodować skrócenie stopy i jej usztywnienie, co w konsekwencji pozwoliło na dwunożny sposób poruszania się [11].

HARE5

HARE5 jest zlokalizowany na krótkim ramieniu chromosomu 12 i pełni funkcję wzmacniacza genu *Frizzled8*, aktywnego w trakcie rozwoju embrionalnego, którego produkt jest receptorem działającym w szlaku sygnalizacyjnym Wnt [3,9]. Szlak ten wpływa na metabolizm komórki i inne procesy, takie jak różnicowanie, proliferacja, embriogeneza i przeżywalność, działając najczęściej za pośrednictwem receptora *Frizzled* i β -kateniny. Ekspresja *HARE5* w mózgu jest silniejsza, rozpoczyna się wcześniej i obejmuje większy obszar w porównaniu do analogów w innych gatunków. Zaobserwowano to dzięki badaniom na myszach z wykorzystaniem wyznakowanego *HARE5* ludzkiego i szympaniego. Badacze wyprowadzili dwie transgeniczne linie myszy, jedną z genem *HARE5* ludzkim (Hs-*HARE5* :: LacZ) i jedną z szympanim (Pt-*HARE5* :: LacZ). Ludzka wersja wykazywała 10–30 razy silniejszą ekspresję w porównaniu do szympaniej. Najistotniejszy jednak wydaje się wpływ tego genu na zdolności podziałowe komórek nerwowych. U myszy z *HARE5* pochodzącym od człowieka cykl podziałowy komórek macierzystych neuronów uległ skróceniu z 12 do 9 godzin. Generowało to większą liczbę podziałów komórkowych w porównaniu do wersji szympaniej w tym samym czasie i powodowało u badanych myszy wzrost powierzchni kory mózgowej o 12%. Daje to podstawy do wnioskowania o tym, że ludzki mózg jest większy od szympaniego między innymi z powodu genetycznych zmian w obrębie genu *HARE5* [3]. Ludzką wersję genu od szympaniej odróżnia 16 zmian nukleotydowych [2]. Substytucje te prowadzą do wyższej ekspresji *Frizzled8*, co pozwala na skrócenie cyklu komórkowego i zwiększenie proliferacji komórek nerwowych [3].

miR-941

MikroRNA-941 jest 20–24 nukleotydowym krótkim RNA, który uczestniczy w potranskrypcyjnej regulacji ekspresji genów. Został odnaleziony tylko u *Homo sapiens* i z tego względu określany jest czasami jako gen człowieczeństwa. Pojawił się on w linii ewolucyjnej prowadzącej do człowieka 1–6 milionów lat temu, czyli krótko po rozdzieleniu się linii człowieka i szympansa [15]. Położony jest w pierwszym intronie genu *DNAJC5* na długim ramieniu chromosomu 20. W dostępnych do badań szczątkach Denisowian, form ludzkich z rodzaju *Homo* żyjących równocześnie z Neandertalczykami i człowiekiem współczesnym, wykazano obecność dwóch kopii *miR-941*. Należy jednak pamiętać, że materiał kopalny jest

mocno ograniczony i nie wykluczone, że w obrębie Denisowian występowała zmienność w liczbie kopii tego genu. U ludzi liczba jego kopii jest zmienna i waha się od 2 do 11, przy czym im dalej od Afryki, tym jest ona mniejsza [15].

MiR-941 wykazuje wysoką ekspresję w centralnym układzie nerwowym, szczególnie w komórkach budujących przednią korę czołową i mózdzek, czyli rejony odpowiedzialne za wyższe funkcje poznawcze oraz zdolności motoryczne. Reguluje także wytwarzanie neuroprzekazników, usprawniając komunikację pomiędzy komórkami nerwowymi. Pojawienie się *miR-941* w genomach ludzi prawdopodobnie przyczyniło się do poprawy zdolności intelektualnych człowieka i mogło wpłynąć na osiągnięcie przez nasz gatunek tak znacznego sukcesu ewolucyjnego. Spekuluje się także o jego wpływie na wydłużenie się życia człowieka poprzez wpływ na szlaki sygnalizacyjne insuliny i hedgehog (SHH), który pełni istotną rolę w rozwoju embrionalnym i uczestniczy w utrzymaniu populacji komórek macierzystych u osób dorosłych [15]. Szlak Sonic hedgehog uczestniczy w procesie organogenezy, kontrolując parzystość oraz liczbę powstałych kończyn. Ponadto mutacje jednego z białek uczestniczącego w tym szlaku u ludzi powodują ciężką wadę wrodzoną, polegającą na niedokończeniu podziału przodomózgowia (holoprocencefalia). Wydaje się, że obecność komórek macierzystych poza okresem rozwoju embrionalnego spowodowała wydłużenie życia, a tym samym zwiększyła prawdopodobieństwo wystąpienia mutacji prowadzących do rozwoju nowotworów. Najnowsze badania wskazują na zależność pomiędzy szlakiem hedgehog a wystąpieniem wielu typów nowotworów, z powodu korelacji między SHH a czynnikiem wzrostu śródbłonnka naczyniowego VEGF, który ma zasadnicze znaczenie w waskularyzacji, a tym samym w promowaniu wzrostu guzów nowotworowych i metastazie [12]. W obecności *miRNA-941* u ludzi upatruje się różnic w długości życia oraz zapadalności na niektóre rodzaje nowotworów pomiędzy ludźmi i szympancami [15].

O zaangażowaniu tego genu w rozwój układu nerwowego i mózgu świadczyć może także zespół objawów towarzyszących mikrodelecji regionu chromosomowego na długim ramieniu chromosomu 20 w pozycji 13,33 kodującego *pre-miR-941*. Mutacja ta objawia się upośledzeniem umysłowym, opóźnieniem rozwojowym oraz defektami mowy i języka, co może świadczyć o wpływie tego genu także na zdolność posługiwania się mową [15].

FOXP2

Genem jednoznacznie kojarzącym się ze zdolnością posługiwania się mową jest *FOXP2*, położony na chromosomie 7. Jego aktywność objawia się w trakcie rozwoju na obszarze centralnego układu nerwowego, a jego produkt jest czynnikiem transkrypcyjnym, kontrolującym działanie innych genów. Na odpowiednich etapach rozwoju *FOXP2* włącza 61 genów i wyłącza kolejnych 55, co pozwala na kontrolowanie aktywności genów w taki sposób, by mózg, mięśnie twarzy, języka, struny głosowe i układ oddechowy były w stanie współpracować, umożliwiając w efekcie posługiwanie się mową. O udziale tego genu w rozwoju mowy wnioskuje się na podstawie obserwacji zaburzeń występujących w bardzo rzadkiej chorobie genetycznej, klasyfikowanej jako rozwojowa dyspraksja werbalna. Mutacja genu *FOXP2* powoduje, że chorzy nie są w stanie posługiwać się mową, mimo braku zaburzeń słuchu oraz prawidłowo wykształconych strun głosowych i krtani. Osoby z mutacją w tym genie mają problem z wypowiedaniem się, ale także rozumieniem słów czy posługiwaniem się zasadami gramatyki, nie wykazują jednak obniżonej inteligencji czy opóźnienia umysłowego. Pozwala to sądzić, że choroba ta dotyka wrodzonych umiejętności językowych [5]. *FOXP2* jest obecny w wielu grupach kręgowców, ludzki wariant różni się od szympaniego jedynie dwoma aminokwasami, doszło do zamiany treoniny na asparaginę w pozycji 303 oraz asparaginy na serynę w pozycji 325 w eksonie 7. Podstawienia takie mogły wpłynąć na sposób wiązania się czynników transkrypcyjnych *FOXP2* z sekwencjami regulującymi geny docelowe, co mogło przyczynić się do nabycia umiejętności mówienia. Z całą pewnością jednak gen ten nie jest jedynym, który wpłynął na rozwinięcie tej specyficznie ludzkiej cechy. Do podstawienia asparaginy na serynę doszło niezależnie także u ssaków drapieżnych, więc ta pojedyncza zmiana nie warunkuje jeszcze zdolności posługiwania się mową [16]. U Neandertalczyka sekwencja genu *FOXP2* była identyczna jak u ludzi współczesnych, możliwe więc, że przodkowie *Homo sapiens* także posługiwali się mową [5].

MYH16

Wszelkie zmiany genetyczne, które doprowadziły do rozrostu mózgu musiały w konsekwencji wymusić zmiany kształtu i pojemności czaszki. Przodkowie *Homo sapiens* charakteryzowali się dobrze rozwiniętą twarzą, poruszaną za pomocą silnych mięśni i mózgową o niewielkiej pojemności. U ludzi

proporcje te zostały odwrócone, człowiek współczesny ma znacznie skróconą część twarzoczaszki, poruszaną za pomocą słabszych mięśni i pojemną mózgową, chroniącą duży mózg. Zmiana taka była możliwa dzięki mutacji, jaka zaszła 2,5 miliona lat temu w genie *MYH16*, wyciszając jego aktywność. Położony jest on na długim ramieniu chromosomu 7 i koduje białko z grupy miozyny, a aktywny jest głównie w mięśniach twarzoczaszki [5]. Osłabienie mięśni twarzoczaszki, wywołane mutacją genu kodującego miozynę, umożliwiło rozrost mózgową, a w konsekwencji wygospodarowane miejsca dla stale rosnącego mózgu. Doszło do tego już u *Homo erectus/ergaster* i faktycznie zbiegło się w czasie z charakterystyczną dla plejstocenu ewolucją wielkości mózgu w rodzaju *Homo* [13].

MCM6 i LCT

Duży mózg wymaga znacznych nakładów energetycznych do prawidłowego funkcjonowania, więc dieta roślinna stosowana przez przodków człowieka przestała być wystarczająca. Wtedy też zaczęto hodować zwierzęta. Poza mięsem uzyskano w ten sposób również mleko. Jak każdy ssak, człowiek także posiada zdolność trawienia laktozy dzięki enzymowi laktazie, jednak często dotyczy to tylko okresu niemowlęcego. Pojawienie się 9 milionów lat temu mutacji w intronie genu *MCM6*, który kontroluje gen *LCT*, pozwoliło na trawienie cukru mlecznego przez osobniki dorosłe. Dorośli mający zdolność trawienia laktozy mieli większą przewagę ewolucyjną, która mogła wiązać się ze zwiększoną płodnością i pozwoliła na utrwalenie się w populacji korzystnej mutacji. Wykorzystanie dodatkowej energii pochodzącej ze spożycia mleka pozwalało na wcześniejszy rozród u kobiet, które wcześniej osiągały dojrzałość płciową oraz na skrócenie czasu potrzebnego do ponownego zajścia w ciążę, prowadząc tym samym do wzrostu liczebności populacji [6].

Podsumowanie

Przedstawione pokrótce geny oraz ich mutacje prawdopodobnie przyczyniły się do uzyskania cech, które określane są jako specyficznie ludzkie. Niewątpliwie jest jeszcze wiele innych zaangażowanych w proces powstania człowieka współczesnego, opisane w artykule są jednak wyjątkowe ze względu na ich położenie w genomie czy wpływ, jaki mają na inne geny docelowe. Sekwencje HAR do niedawna uważane były za kompletnie nieużyteczne i pozbawione funkcji, teraz coraz więcej dowiadujemy się

o ich wpływie na ewolucję gatunku ludzkiego. Stopniowe nabywanie mutacji pozwalających na rozrost mózgu, a szczególnie kory nowej, dostosowanie kształtu czaszki do wielkości mózgu oraz zmiana typu odżywiania pozwoliły na usprawnienie organizmu człowieka i nabycie nowych, niespotykanych wcześniej umiejętności. Mutacje genów *MCM6* pozwoliły na wytwarzanie laktazy także przez osobniki dorosłe, z kolei powielanie kopii genu *AMY1* doprowadziło do usprawnienia trawienia skrobi pochodzącej z pokarmów roślinnych. Zwiększony pobór energii mógł zostać wykorzystany w celach reprodukcyjnych, dzięki czemu większość tych korzystnych mutacji

uległa utrwaleniu. Początkowo ewolucja prowadziła do wykształcenia typowo ludzkich cech, jak postawa ciała czy zdolność posługiwania się mową, obecnie ewolucja dotyczy zmian zapewniających lepsze przystosowanie do panujących warunków, np. poprzez utrzymywanie w populacji mutacji łańcucha β hemoglobiny na obszarze malarycznym. Ogromny polimorfizm genetyczny ludzi prowadzi do stałej ewolucji genomu naszego gatunku, a ciągle rozwijające się techniki badawcze pozwalają nam poznać pierwotne mutacje, jakie sprawiły, że staliśmy się człowiekiem rozumnym, zdolnym do porozumiewania się między sobą za pomocą języka mówionego i pisanego.

Bibliografia:

1. Beniaminov A., Westhof E., Krol A. (2008) Distinctive structures between chimpanzee and human in a brain noncoding RNA. *RNA*, 14:1270–1275.
2. Boyd J.L., Skove S.L., Rouanet J.P., Pilaz L.J. i in. (2015) Human-Chimpanzee Differences in a FZD8 Enhancer Alter Cell-Cycle Dynamics in the Developing Neocortex. *Current Biology*, 25: 772–779.
3. Enard W. (2015) Human Evolution: Enhancing the Brain. *Current Biology*, 25: 409–430.
4. Gil-Sanz C., Franco S.J., Martinez-Garay I., Espinosa A. i in. (2013) Cajal-Retzius cells instruct neuronal migration by coincidence signaling between secreted and contact-dependent guidance cues. *Neuron*, 79(3): 461–477.
5. Golik P. (2009) W poszukiwaniu „genów człowieczeństwa” – biologia molekularna na tropie ewolucji człowieka. *Res Humana*, 3:25–30.
6. Hawks J. (2016) Humans Never Stopped Evolving. *The Scientist*; <http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/46651/title/Humans-Never-Stopped-Evolving/>.
7. Hubisz M., Pollard K. (2014) Exploring the genesis and functions of Human Accelerated Regions sheds light on their role in human evolution. *Current Opinion in Genetics & Development*, 29:15–21.
8. Pollard K. (2016) Decoding Human Accelerated Regions. *The Scientist*; <http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/46643/title/Decoding-Human-Accelerated-Regions/>.
9. Pollard K., Salama S.R., King B., Kern A. i in. (2006) Forces Shaping the Fastest Evolving Regions in the Human Genome. *PLoS Genet* 2(10), e168. DOI: 10.1371/journal.pgen.0020168.
10. Pollard K., Salama S.R., Lambert N., Lambot M.A. i in. (2006) An RNA gene expressed during cortical development evolved rapidly in humans. *Nature*, 443, 167–172.
11. Prabhakar S., Visel A., Akiyama J.A., Shoukry M. i in. (2008) Human-specific gain of function in a developmental enhancer. *Science*, 321(5894): 1346–1350.
12. Statkiewicz M., Małecki M. (2012) Rola szlaku sygnałowego sonic hedgehog w nowotworzeniu: macierzyste komórki nowotworowe, oporność wielolekowa, angiogeneza. *Postępy Biologii Komórki*, tom 39(3): 531–553.
13. Stedman H.H., Kozyak B.W., Nelson A., Thesier D.M. i in. (2004) Myosin gene mutation correlates with anatomical changes in the human lineage. *Nature*, 428: 415–418.
14. Weeber E.J., Belfert U., Jones Ch., Christian J.M. i in. (2002) Reelin and ApoE Receptors Cooperate to Enhance Hippocampal Synaptic Plasticity and Learning. *The journal of biological chemistry*, 277 (42), 39944–39952.
15. Yang Hu H., He L., Fominykh K., Yan Z. i in. (2012) Evolution of the human-specific microRNA miR-941. *Nature Communications*, 3:1145, DOI: 10.1038/ncomms2146.
16. Zhang J., Webb D.M., Podlaha O. (2002) Accelerated Protein Evolution and Origins of Human-Specific Features: FOXP2 as an Example. *Genetics*, 162: 1825–1835.

STARZENIE A DŁUGOWIECZNOŚĆ

Ewa L. Gregoraszczyk (Kraków)

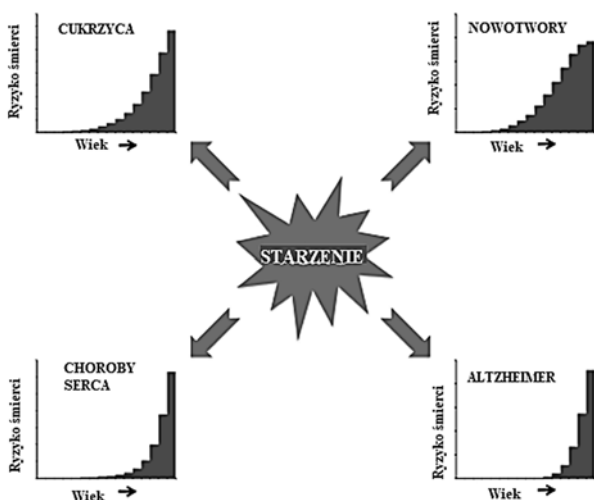
Streszczenie

Badania nad biologią starzenia prowadzone są w celu zrozumienia podstawowych mechanizmów starzenia i mają na celu przedłużenie okresu wolnego od chorób przewlekłych i niepełnosprawności. Starzenie obejmuje liczne procesy molekularne, które są modulowane przez parametry genetyczne i środowiskowe. Przynajmniej część z mechanizmów starzenia występuje zarówno u gatunków eukariotycznych, np. drożdży, jak i myszy, a także ludzi. Ostatnim przełomem w badaniach związanych ze starzeniem było zidentyfikowanie konserwatywnych czynników długowieczności, takich jak szlak sygnałowy insuliny oraz kinaza mTOR. Badania sugerują te ścieżki jako pierwsze w interwencji spowolnienia starzenia się ludzi.

Abstract

Research on aging biology is conducted to understand the underlying mechanisms of aging and to prolong the period free from chronic diseases and disabilities. Aging involves a number of molecular processes which are modulated by genetic and environmental parameters. At least some of the mechanisms of aging occur in eukaryotic species such as yeasts and mice as well as humans. The last breakthrough in aging research was identifying conservative longevity factors such as the insulin signaling pathway, the mTOR kinase, and suggesting these pathways to be the first in an intervention to slow down aging.

Ceną jaką płacimy za długowieczność jest duża ilość osób w podeszłym wieku – zjawisko zwane w demografii starzeniem się społeczeństw zachodnich. W rezultacie prawie w każdym kraju na świecie wzrasta liczba osób żyjących dłużej, ale niestety żyjących dłużej z wieloma zaburzeniami związanymi z wiekiem (Ryc. 1). Sprawia to, że badania nad starzeniem i chorobami związanymi z wiekiem stają się priorytetem biomedycznym.



Ryc. 1. Dane z amerykańskiej bazy danych Centrum Kontroli Chorób dla ofiar zgonów w 2010 roku.

Starzenie układu immunologicznego

Postępujący z wiekiem spadek odporności związany jest ze zmianami w mechanizmie odporności wrodzonej i nabytej, zaburzonej zdolności do rozpoznawania i reagowania na antygeny oraz z rozwojem przewlekłego stanu zapalnego. U osób starszych obrona przed patogennymi jest zredukowana poprzez zmniejszoną efektywność fagocytozy, chemotaksji i produkcji wolnych rodników. Łącznie zmiany te nazywane są immunostarzeniem (ang. *immunosenscence*). Termin ten wprowadzony został przez Franceschi et al. [11], który wykazał wyższą produkcję cytokin prozapalnych przez komórki układu odpornościowego osób starszych. Obecnie wiadomo, że nie tylko komórki układu odpornościowego, ale także komórki starzejące się, których ilość zwiększa się wraz z wiekiem (Ryc. 2), poprzez swój specyficzny fenotyp sekrecyjny (SASP, ang. *Senescence Associated Secretory Phenotype*) przyczyniają się do powstania przewlekłego stanu zapalnego [46].

Przewlekły stan zapalny prowadzi do rozwoju wielu chorób związanych z wiekiem, takich jak miażdżyca, cukrzyca typu 2, nowotwory, demencja czy sarkopenia. Wraz z wiekiem dochodzi do zastępowania przez elementy odpowiedzi wrodzonej niektórych

funkcji słabnącej wraz z wiekiem odporności nabytej. U osób starszych obserwuje się mniejszy wzrost przeciwciał po szczepieniach. Ponadto maleje sub-



Ryc. 2. Wzrost ilości komórek starzejących się a choroby związane z wiekiem.

populacja naiwnych limfocytów B, kompensowana przez wzrost, stymulowanych przez autoreaktywne limfocyty T, limfocytów B produkujących autoprzeciwciała, co jest powodem zwiększającego się ryzyka chorób autoimmunologicznych i często przyczyną śmierci osób w podeszłym wieku [20]. Obecnie pojawiły się nowe dane wskazujące na fakt, że nie tylko zmiany endokrynologiczne czy metaboliczne są przyczyną osteoporozy, ale że stan zapalny odgrywa rolę w aktywności osteoblastów i osteoklastów [7, 45]. W trakcie starzenia dochodzi do nadprodukcji cytokin prozapalnych [30]. Ten proces określa się jako chroniczny stan zapalny.

Starzenie a układ hormonalny

Związane z wiekiem zmiany w profilu hormonalnym wiążą się przede wszystkim ze spadkiem poziomu hormonu wzrostu (GH), dehydroepiandrosteronu (DHEA) i hormonów płciowych. Zrodziło to duże zainteresowanie terapią hormonalną polegającą na uzupełnianiu „niedoborów” tych hormonów w celu zatrzymania, spowolnienia lub odwrócenia zmian związanych z wiekiem oraz szybki rozwój „przemysłu *anti-aging*” oferującego takie usługi.

Oś GH / IGF-1 – zmiany na poziomie tej osi określa się jako somatopauza. Dochodzi do zmniejszenia (o 14% w każdej dekadzie życia) produkcji i wrażliwości na GH i insulinopodobny czynnik wzrostu (IGF-1). Dowody doświadczalne wskazują, że spadek pewnych hormonów wraz z wiekiem może mieć znaczenie adaptacyjne i działać korzystnie w starszym wieku. Są wśród nich spadki stężenia siarczanu dehydroepiandrosteronu w surowicy (DHEAS), hormonu wzrostu i długości telomerów, z których te ostatnie uważa się za „przyczyny” starzenia się ludzi. Badania prowadzone na *C. elegans* wykazały, że występujące w tym modelu mutacje, które zmniejszają poziom

daf-2, genu odpowiedzialnego za kodowanie homologu receptora IGF-1, powodują, że zwierzęta żyją dwukrotnie dłużej [17]. Myszy z nokautem genu receptora GH (GH-KO) wykazują zwiększoną o 40% długość życia, zmniejszone rozmiary, zmniejszony poziom glukozy i insuliny oraz zmniejszony poziom IGF-1 [6]. Odpowiednikiem mysiego modelu GHR-KO u ludzi jest zespół Larona u podłoża którego leży oporność receptora hormonu wzrostu na hormon wzrostu, co skutkuje niedoborem insulinopodobnego czynnika wzrostu (IGF1) [28]. W populacji chorych z zespołem Larona opisuje się rzadsze występowanie nowotworów złośliwych oraz cukrzycy, prawdopodobnie związane z niedoborem IGF1 [29].

Z drugiej strony wraz z postępującym starzeniem następuje obniżenie poziomu krążącego GH, a co za tym idzie IGF-1 jest przyczyną osteoporozy. Terapia hormonem wzrostu jest nawet zalecana przez niektórych lekarzy jako sposób leczenia starzenia się u zdrowych osób, a kilka firm pracuje nad aktywatorami telomerazy w celu utrzymania długości telomerów podczas starzenia. Pojawiły się także wątpliwości dotyczące bezpieczeństwa i skuteczności przeciwstarzeniowej terapii hormonalnej. Faktyczne korzyści takich zabiegów, jeśli istnieją, są obecnie niejasne, a potencjalne ryzyko, szczególnie zwiększone ryzyko zachorowania na raka, wymaga ostrożności [42].

Oś podwzgórze-przysadka-nadnercza. Szczyt sekrecji DHEA przypada na 20 rok życia, a wraz ze starzeniem się poziom tego hormonu stopniowo maleje (adrenopauza) i osiąga zaledwie 5% jego pierwotnego poziomu podczas gdy poziom kortyzolu pozostaje stosunkowo niezmienny [5]. W konsekwencji dochodzi do zaburzenia homeostazy. Biorąc pod uwagę fakt, że oba te hormony odgrywa ważną rolę w kontrolowaniu funkcji immunologicznej (DHEA zwiększa odporność, kortyzol hamuje), zaburzenia w homeostazie tych hormonów są także przyczyną osłabienia funkcji immunologicznych u osób starszych.

Oś podwzgórze-przysadka-gonady i obserwowane zmiany w trakcie starzenia, prowadzące do zmniejszenia produkcji estrogenów u kobiet i androgenów u mężczyzn, określa się jako menopauza / andropauza. Oba te hormony, oprócz ważnej roli w reprodukcji, regulują funkcjonowanie układu nerwowego, kostnego, moczowego i naczyniowego.

Wykazują działanie neuroprotektoryjne, zmniejszając zachorowalność na chorobę Alzheimera (AD) [15]. W badaniach *in vitro* wykazano, że testosteron zmniejsza wydzielania beta-amyloidu (Ab) [15], którego gromadzeniem się we wrażliwych regionach mózgu jest cechą charakterystyczną AD. Jeszcze silniejszy neuroprotektoryjny wpływ wykazuje estradiol [16].

Zmiany hormonalne związane z menopauzą prowadzą także do zmian w błonie śluzowej oraz florze bakteryjnej pochwy, co sprzyja rozwojowi zakażeń układu moczowego i prowadzi do nawracającego zakażenia układu moczowego, stanowiącego poważne utrudnienie codziennego życia [47].

Skóra to narząd efektorowy dla hormonów płciowych. Receptory hormonów płciowych są obecne na gruczołach łojowych, potowych, mieszkach włosowych oraz naczyniach skórnych. Największe zagęszczenie tych receptorów występuje na skórze twarzy, dlatego najbardziej zauważalne są zmiany właśnie na twarzy. Niedobór estrogenów powoduje najpierw suchość skóry, następnie jej wiotkość i obniżenie gęstości, aż w końcu zanik włókien kolagenowych i elastynowych, co w konsekwencji prowadzi do powstawania zmarszczek [44]. W licznych badaniach naukowych dowiedziono, że żeńskie hormony chronią mężczyzn, tak samo jak kobiety, przed rzeszotowaceniem kości, czyli tak zwaną osteoporozą. Ponadto dzięki nim zachowują równowagę psychiczną, są energiczni i bardziej wytrzymali niż kobiety. Mają również zasadnicze znaczenie dla męskiej seksualności [39]. Już po czterdziestce u 20 proc. zdrowych mężczyzn jądra zaczynają produkować mniej testosteronu, nadnercza – DHEA, przysadka mózgowa – hormonu wzrostu, a szyszynka – melatoniny. Zmiany hormonalne związane z procesem starzenia odgrywają ważną rolę w osteoporozie. Wykazano, że estrogen i testosteron hamują ekspresję genu IL-6, co powoduje zmniejszenie resorpcji kości [23]. Obniżony poziom estrogenów u kobiet po menopauzie, a także zmniejszenie produkcji testosteronu u mężczyzn połączone ze wzrostem poziomu IL-6 przyczynia się do osteoporozy [9].

Oś podwzgórze-przysadka-tarczycza – Wykazano zarówno na modelach zwierzęcych, jak i u ludzi, że różne postacie łagodnej niedoczynności tarczycy bądź zmniejszenie jej funkcji są związane z długowiecznością. Niski poziom hormonów tarczycy jest charakterystyczny dla długowiecznych szczepów myszy z niedorozwojem przedniego płata przysadki [4]. Badania prowadzone na potomkach stulatków wykazały we krwi wyższe stężenie TSH oraz niższy poziom wolnej trójiodotyroniny T_3 (FT_3) i wolnej tyroksyny T_4 (FT_4). Niski poziom hormonów tarczycy bądź wyższe stężenie TSH we krwi jest powszechnie udokumentowanym markerem rodzinnej długowieczności [37]. Koreluje z lepszym stanem zdrowia i niższą śmiertelnością wśród osób starszych [18]. Wyniki badań wskazujących, że obniżona funkcja tarczycy może być czynnikiem sprzyjającym długowieczności, wzbudziły wątpliwości o zasadności leczenia niedoczynności tarczycy u osób w podeszłym

wieku [35]. Przypuszcza się, że spadek funkcji tarczycy w starszym wieku może być mechanizmem adaptacyjnym.

Starzenie układu mięśniowo-szkieletowego

Efekty starzenia się układu mięśniowo-szkieletowego obejmują atrofię mięśni, zmniejszenie liczby włókien mięśniowych, zmniejszenie zawartości wody, kolagenu i retencji wapnia [13,14]. Utrata masy mięśniowej (sarkopenia) obejmuje 4–6% kobiet począwszy od 40 roku życia i 60 % mężczyzn. Ponadto dochodzi do utraty elastyczności i zmian w tkankach łącznych. Z wiekiem więzadła tracą swoją elastyczność, mięśnie muszą więc wykonać większą pracę, a zły stan naczyń krwionośnych powoduje gorsze ich odżywienie i przeciążenie. Jedną z możliwych przyczyn jest mniejsza aktywność fizyczna. Brak aktywności fizycznej prowadzi do gromadzenia się fibrynogenu w mięśniach i chrząstkach, co w konsekwencji prowadzi do zwiększenia sztywności naczyń krwionośnych. Wraz z wiekiem chrząstka stawowa ulega wytarciu. U osób starszych pozbawiona jest ona ochrzęstnej, w związku z czym nie podlega regeneracji. Każdy uszkodzony obszar wypełnia się natomiast tkanką włóknisto-chrzęstną [24].

Ograniczenia żywieniowe a starzenie

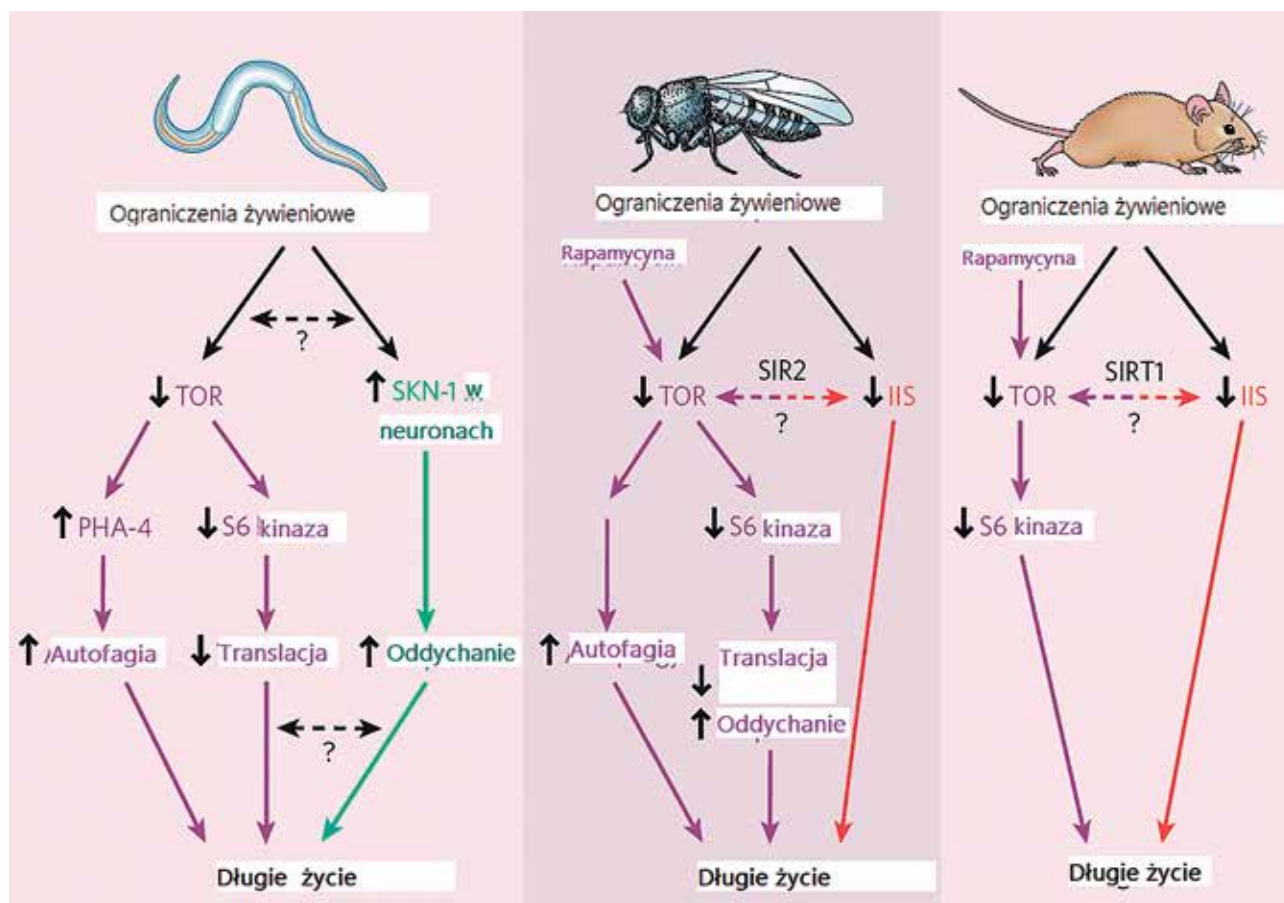
Badania nad procesem starzenia przyspieszyły w połowie lat dziewięćdziesiątych, gdy do zrozumienia biochemicznych i genetycznych mechanizmów procesu starzenia zaczęto stosować systemy eukariotyczne: drożdże (*Saccharomyces Cerevisiae*), nicienie (*Caenorhabditis elegans*) oraz muszkę owocową (*Drosophila melanogaster*) [12, 22]. Wykorzystując drożdże i bezkręgowce w badaniach nad starzeniem wykazano szereg genów, które modulują długowieczność i określono molekularne i hormonalne mechanizmy jako potencjalne wskaźniki długowieczności. Wykazały one ponadto istnienie konserwatywnych szlaków długowieczności [27, 40]. Badania nad ograniczeniem składników odżywczych prowadzone zarówno na *C. elegans*, jak i *D. melanogaster* wykazały, że nie tylko podaż żywności, ale narażenie na zapach żywności może osłabiać korzystne skutki ograniczenia dietetycznego u obu gatunków.

Badania prowadzone na muchach wykazały, że ograniczenie dietetyczne powoduje niemal natychmiastową zmianę śmiertelności. Badania prowadzone na myszach wykazały, że lepsze efekty uzyskuje się, gdy restrykcja dietetyczna jest prowadzona u osobników młodszych w porównaniu ze starszymi

[31], niemniej ograniczenie dietetyczne u osobników starszych ma działanie przeciwnowotworowe [41]. Mechanizmy molekularne odpowiadające za te niezwykle efekty są obszarem aktywnych badań. Sugeruje się że ograniczenie dietetyczne moduluje aktywność sirtuiny, enzymów antyoksydacyjnych, enzymów odpowiedzialnych za naprawę DNA i innych [32]. Badania prowadzone na drożdżach, nicieniach i muszce owocowej i myszach wskazują na ważną rolę szlaku kinazy mTOR (ang. *mammalian target of rapamycin*), która integruje wiele szlaków sygnalizacyjnych komórki (szlak insulinowy, insulinopodobnego czynnika wzrostu oraz szlak mitogenów) [25, 43]. (Ryc. 3). W odpowiedzi na wyczerpanie składników odżywczych zmniejsza się aktywność mTOR, co w konsekwencji prowadzi do przedłużenia życia i zwiększenia odporności na stres.

pory wykonano wiele badań na myszach młodszych, wykazując, że stosowanie rapamecyny we wczesnym okresie życia daje lepsze efekty niż w wieku późniejszym [1, 34]. Co ciekawe, wstępne badania wykazały, że rapamycyna nie zmienia przyczyn śmierci u myszy, lecz opóźnia związane z wiekiem parametry, w tym serca, wątroby, nadnerczy, raka endometrium, ścięgien i spontanicznej aktywności [34, 48].

Istnieją także doniesienia, że podobnie jak u innych gatunków, sygnał mTOR odgrywa główną rolę w procesie starzenia ludzi. Rapamycyna jest już zatwierdzona do leczenia niektórych, rzadkich postaci nowotworów [19]. Wykazano także, że nieprawidłowa aktywacja mTOR jest powiązana z innymi, związanymi z wiekiem zaburzeniami, w tym chorobami sercowo-naczyniowymi, insulinoopornością, cukrzycą czy chorobą nerek [38]. Niewiele jest dowodów, że



Ryc. 3. Drogi regulujące długość życia u nicieni, muszki owocowej i myszy. Evans [8] modyfikacja.

Pierwsze badania nad wpływem rapamecyny na wydłużenie życia myszy były szczególnie godne uwagi z co najmniej dwóch powodów. Po pierwsze, przeprowadzono je na genetycznie heterogenicznym szczepie, podczas gdy wiele badań przeprowadza się na szczepach wsobnych myszy. Po drugie rapamycyna była podawana myszom po osiągnięciu 600 dni życia (w przybliżeniu 60 lat u ludzi) [21]. Od tamtej

mTOR odpowiada za zmiany neurologicznie związane z wiekiem u ludzi, jednakże istnieje wiele badań na modelach gryzoni, w tym badania, które wykazały, że rapamycyna poprawia funkcje neurologiczne w modelu choroby Alzheimera oraz przeciwdziała spadkowi funkcji poznawczych związanych z wiekiem [36].

Od organizmów modelowych do ludzi

Ważnym pytaniem nadal bez odpowiedzi jest pytanie, czy obserwacje długowieczności prowadzone na organizmach modelowych przekładają się na długowieczność i zdrowie u ludzi. W tej kwestii istnieją co najmniej trzy różne szkoły: Pierwsza twierdzi, że starzenie się ludzi zasadniczo różni się od starzenia się obserwowanego w krótkotrwałych, laboratoryjnych hodowlach w tym gryzoni. Drugi punkt widzenia wskazuje, że ludzie ewoluowali, aby mieć wyjątkową długowieczność i wszelkie dodatkowe korzyści z maksymalnej długości życia. Trzeci punkt widzenia, bardzo optymistyczny, to fakt, że ewolucyjna odległość między drożdżami a myszami jest znacznie większa niż odległość pomiędzy myszami a ludźmi, a ponieważ interwencje długowieczności zostały już zidentyfikowane u myszy, istnieje duża szansa, że te same interwencje będą miały podobne skutki u ludzi.

Jednym z głównych ograniczeń większości badań starzenia się organizmów modelowych jest fakt, że zostały one przeprowadzone na szczepach zwierząt laboratoryjnych. W związku z tym należy brać pod uwagę, że: (1) szczepy laboratoryjne mają zazwyczaj minimalną różnorodność genetyczną i (2) szczepy laboratoryjne na ogół zostały sztucznie wybrane do życia w laboratorium, co zwykle oznacza szybką reprodukcję w minimalnie stresujących warunkach.

Pierwsze opublikowane badanie wpływu diety na długowieczność u naczelnych przeprowadzone na małpach wykazały znaczne zmniejszenie śmiertelności w porównaniu do grupy kontrolowanej [3].

Późniejsze badania prowadzone na małpach w Instytucie Starzenia w Stanach Zjednoczonych [33] nie wykazały wprowadzie istotnego przedłużenia okresu życia, ale wykazany poprawę wielu parametrów związanych z okresem starzenia, takich jak: sarkopenia, nowotwory, cukrzyca, choroby sercowo-naczyniowe, a także zmiany w strukturze i funkcji mózgu [26, 49]. Tłumaczy się to głównie spowolnieniem reakcji metabolicznych i skracaniem telomerów w chromosomach oraz zmniejszeniem produkcji wolnych rodników i liczby błędów w DNA. Szczegóły tych procesów są dla nas wciąż zagadką, jednak w badaniach na różnych zwierzętach udowodniono ponad wszelką wątpliwość, że ograniczenie kalorii pozwala cieszyć się dłuższym życiem.

Wniosek

Badania nad problemem osób starszych w tej chwili są na etapie, w którym interwencje modulujące starzenie się ludzi są realistyczne. Zanim takie korzyści staną się realne istnieją jednak wyzwania, które trzeba pokonać. Wśród nich jest potrzeba lepszych metod potwierdzania skuteczności domniemyanych interwencji na rzecz długowieczności i zdrowia oraz lepsze zrozumienie złożoności związanych z genetycznie i środowiskowo heterogenicznymi populacjami. Pomimo tych trudności wzrasta przekonanie, że w ciągu najbliższych dziesięciu lat nastąpi znaczne postępy w badaniach nad starzeniem, co ma znaczący wpływ na niepełnosprawność i choroby związane z wiekiem.

Bibliografia:

1. Anisimov VN., Zabezhinski MA., Popovich IG., Piskunova TS., i inni (2011) Rapamycin increases life-span and inhibits spontaneous tumorigenesis in inbred female mice. *Cell Cycle* 10,4230–4236.
2. Bartke A. (2008). Growth hormone and aging: a challenging controversy. *Clinical interventions in aging* 3,659–665.
3. Beasley TM., Allison DB., Cruzen C., Simmons HA., i inni (2009). Caloric restriction delays disease onset and mortality in Rhesus monkeys. *Science* 325,201–204.
4. Boylston WH., DeFord JH., (2006). Identification of longevity-associated genes in long-lived Snell and Ames dwarf mice. *Age (Dordr)*. 28,125–144.
5. Buford TW., Willoughby DS., (2008) Impact of DHEA(S) and cortisol on immune function in aging: a brief review. *App Phys Nutr Metab*. 33, 429–433.
6. Coschigano KT., Holland AN., Riders ME., List EO., (2003). Deletion, but not antagonism, of the mouse growth hormone receptor results in severely decreased body weights, insulin, and insulin-like growth factor I levels and increased life span. *Endocrinology* 144, 3799–3810.
7. De Martinis M., Di Benedetto MC., Mengoli LP., Ginaldi L., (2006). Senile osteoporosis: Is it an immune-mediated disease? *Inflamm Res*. 55, 399–404.
8. Evans DS., Kapahi P., Hsueh W CH., Kockel L., (2011). TOR signaling never gets old: Aging, longevity and TOR activity. *Ageing Res Rev* 10, 225–237.

9. Falahati-Nini A., Riggs BL., Atkinson EJ., O'Fallon WM., i inni (2000). Relative contributions of testosterone and estrogen in regulating bone resorption and formation in normal elderly men. *J Clin Invest.* 106, 1553–1560.
 10. Fingar DC., Blenis J. (2004). Target of rapamycin (TOR): an integrator of nutrient and growth factor signals and coordinator of cell growth and cell cycle progression. *Oncogene.* 23, 3151–3171. Review.
 11. Franceschi C., Carpi M., Monti D., Giunta S., i inni (2007). Inflammaging and antiinflammaging: a systemic perspective on aging and longevity emerged from studies in humans. *Mechanism of Aging and Development.* 128, 92:105.
 12. Gems D., Partridge L. (2012). Genetics of Longevity in Model Organisms: Debates and Paradigm Shifts. *Annual review of physiology.*
 13. Ginaldi L., Di Benedetto MC., De Martinis M. (2005). Osteoporosis, inflammation and ageing. *Immunity and Ageing.* 2, 1–5,
 14. Goodman C., Fuller K., Boissonnault W. (2003) *Pathology: Implications for the Physical Therapist*, 2nd ed. Philadelphia: Saunders.
 15. Gouras GK., Huaxi X., Gross RS., Greenfield JP., i inni (2000). Testosterone reduces neuronal secretion of Alzheimer's B-amyloid peptides. *PNAS.* 97, 1202–1205.
 16. Green PS., Simpkins JW. (2000). Neuroprotective effects of estrogens: potential mechanisms of action. *Int. J. Devl. Neuroscience.* 3, 347–358.
 17. Guarente L., Kenyon C. (2000). Genetic pathways that regulate ageing in model organisms. *Nature* 408, 255–262.
 18. Gussekloo J., van Exel E., de Craen AJ., Meinders AE., (2004). Thyroid status, disability and cognitive function, and survival in old age" *JAMA.* 292, 2591–2599.
 19. Hidalgo M., Rowinsky EK. (2000). The rapamycin-sensitive signal transduction pathway as a target for cancer therapy. *Oncogene* 19,6680–6686.
 20. Johnson SA., Cambier JC. (2004). Ageing, autoimmunity and arthritis: senescence of the B cell compartment – implications for humoral immunity. *Arthritis Res Ther.* 6,131–139.
 21. Kaerberlein M. Kennedy BK. (2009). Ageing: A midlife longevity drug? *Nature* 460,331–332.
 22. Kaerberlein M. (2010). Lessons on longevity from budding yeast. *Nature* 464, 513–519.
 23. Kameda T., Mano H., Yuasa T., Mori Y., i inni (1997). Estrogen Inhibits Bone Resorption by Directly Inducing Apoptosis of the Bone-resorbing Osteoclasts. *J Exp Med.* 186, 489–495.
 24. Kamel HK. (2003). Sarcopenia and aging. *Nutr Rev.* 61, 157–167.
 25. Kapahi P., Chen D., Rogers AN., Katewa SD., i inni (2010). With TOR, less is more: a key role for the conserved nutrient-sensing TOR pathway in aging. *Cell Metab.*11,453–465.
 26. Kastman EK., Willette AA., Coe CL., Bendlin BB., i inni (2012). A calorie restricted diet decreases brain iron accumulation and preserves motor performance in old rhesus monkeys. *J Neurosci* 32,11897–11904.
 27. Kenyon CJ. (2010). The genetics of ageing. *Nature* 464,504–512.
 28. Laron Z. (2004). Laron syndrome (primary growth hormone resistance or insensitivity): the personal experience 1958–2003. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 89, 1031–1044.
 29. Laron Z. (2011). Clinical evidence of growth hormone resistance in patients with Laron syndrome. In: *Laron Syndrome – From Man to Mouse.* Laron Z, Kopchick JJ (eds.). Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, pp. 21–25.
 30. Maggio M., Guralnik JM., Longo DL., Ferrucci L. (2006). Interleukin-6 in Aging and Chronic Disease: A Magnificent Pathway *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 61, 575–584.
 31. Mair W., Goymer P., Pletcher SD., Partridge L. (2003). Demography of dietary restriction and death in *Drosophila*. *Science* 301,1731–1733.
 32. Mair W., Dillin A. (2008). Aging and survival: the genetics of life span extension by dietary restriction. *Annu. Rev. Biochem.* 77,727–754.
 33. Mattison JA., Roth GS., Beasley TM., Tilmont EM., i inni (2012). Impact of caloric restriction on health and survival in rhesus monkeys from the NIA study. *Nature* 489, 318–321.
 34. Miller RA., Harrison DE., Astle CM., Baur JA., i inni (2011). Rapamycin, but not resveratrol or simvastatin, extends life span of genetically heterogeneous mice. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 66,191–201.
 35. Mooradian AD. (2011). Subclinical hypothyroidism in the elderly: to treat or not to treat? *Am. J. Ther.* 18, 477–486.
-

36. Richardson A., Galvan V., Lin AL., Oddo L. (2015). How longevity research can lead to therapies for Alzheimer's disease: The rapamycin story. *Experimental Gerontology* Volume 68, 51–58.
37. Rozing MP., Westendorp RG., de Craen AJ., Frölich M. (2010). Leiden Longevity Study (LLS) Group. Low serum free triiodothyronine levels mark familial longevity: the Leiden Longevity Study. *J. Gerontol. Biol. Sci. Med. Sci.* 65, 365–368.
38. Schreiber KH., O'Leary MN., Kennedy BK., (2016). The mTOR Pathway and Aging Handbook of the Biology of Aging (Eighth Edition), Chapter 2 Pages 55–81
39. Simpson ER., Davis SR., (2000). Another role highlighted for estrogens in the male: Sexual behavior. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 97, 14038–14040
40. Smith ED., Kennedy BK., Kaeberlein M. (2007). Genome-wide identification of conserved longevity genes in yeast and worms. *Mech Ageing Dev* 2007, 128:106–111.
41. Spindler SR. (2005). Rapid and reversible induction of the longevity, anticancer and genomic effects of caloric restriction. *Mech. Ageing Dev.* 126, 960–966.
42. Sprouse AA., Steding CE., Herbert BS. (2012). Pharmaceutical regulation of telomerase and its clinical potential. *Journal of cellular and molecular medicine* 16, 1–7
43. Stanfel MN., Shamieh LS., Kaeberlein M., Kennedy BK. (2009). The TOR pathway comes of age. *Biochim. Biophys. Acta* 1790, 1067–1074.
44. Stevenson S., Thornton J. (2007). Effect of estrogens on skin aging and the potential role of SERMs. *Clin Interv Aging.* 2, 283–297.
45. Tanaka Y., Nakayama S., Okada Y. (2005). Osteoblasts and osteoclasts in bone remodeling and inflammation. *Curr Drug Targets Inflamm Allergy.* 4, 325–328.
46. Tchkonja T., Zhu Yi., van Deursen J., Campisi J., et al. (2013). Cellular senescence and the senescent secretory phenotype: therapeutic opportunities. *J Clin Invest.* 123, 966–972.
47. Wagenlehner FME., Schmiemann G., Hoyme U., Fünfstück R. (2011). Epidemiology, diagnostics, therapy and management of uncomplicated bacterial community acquired urinary tract infections in adults. *Chemother J.* 20:158–168.
48. Wilkinson JE., Burmeister L., Brooks SV., Chan CC. (2012). Rapamycin slows aging in mice. *Aging Cell* 11, 675–682.
49. Willette AA., Bendlin BB., Colman RJ., Kastman EK. et al. (2012). Calorie restriction reduces the influence of glucoregulatory dysfunction on regional brain volume in aged rhesus monkeys. *Diabetes* 61, 1036–1042.

Ewa L. Gregoraszczyk. Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Zakład Fizjologii i Toksykologii Rozrodu, Instytut Zoologii i Badań Biomedycznych. E-mail: ewa.gregoraszczuk@uj.edu.pl

PODZIEMNA TAJEMNICA DŁUGOWIECZNOŚCI

Renata Szymańska, Karolina Kosmala (Kraków)

Streszczenie

Starzenie to proces wieloczynnikowy, którego dokładne mechanizmy wciąż nie są znane. W badaniach nad tym zawiłym zjawiskiem niezastąpionym modelem są zwierzęta długowieczne. Wśród ssaków takim gatunkiem jest golec piaskowy (*Heterocephalus glaber*). Niesłabnące zainteresowanie w ośrodkach naukowych na całym świecie wynika nie tylko z jego nieprzeciętnie długiej żywotności, ale i innych zagadkowych cech, np. odporności na nowotwory. W niniejszym artykule podjęto próbę przeglądu i posumowania najnowszych doniesień na temat tego fascynującego gatunku.

Abstract

Aging is a multifactorial process whose precise mechanisms are still unknown. Longevity animals are very important model in research on this complex phenomenon. Among mammals, that kind of species is a naked

mole rat. The great interest of naked mole rat among scientific centers around the world is not only due to its unusually long life span but also to other features, such as cancer resistance. This article attempts to review and summarize the latest reports on this fascinating species.

Już stary czy jeszcze młody?

Starzenie jest procesem wieloczynnikowym i wciąż jednym z najslabiej zrozumianych zjawisk biologicznych. Nauka zajmująca się starzeniem – gerontologia – stale szuka wspólnego mianownika tego zagadnienia na poziomie molekularnym, komórkowym oraz na poziomie organów. Według definicji z 1962 roku starzenie jest procesem postępującym, nieodwracalnym, endogennym (wewnętrznym) i szkodliwym. Prowadzi przede wszystkim do obniżenia zdolności fizjologicznych i reprodukcyjnych organizmu. Ponadto mechanizmy, które warunkują lub ograniczają jego tempo zapisane są w genomie, warunkując tzw. maksymalną długość życia (MLSP, ang. *maximum life span*) [13]. MLSP można osiągnąć tylko wtedy, kiedy organizm jest chroniony przed szkodliwym wpływem środowiska (czynniki fizyczne, takie jak zmiany temperatury, wpływ toksyn czy biologiczne, np. drapieżnictwo, pasożytnictwo).

W królestwie zwierząt MLSP mieści się w bardzo szerokim zakresie. Tylko w obrębie ssaków różnica w MLSP może wynosić aż dwa rzędy wielkości. Często porównuje się długość życia zwierząt należących do odrębnych jednostek taksonomicznych, np. ptaki, gady, ssaki. Stwierdzono, że długość życia ptaków jest nawet 3 razy dłuższa niż podobnej wielkości ssaków. Porównań dokonuje się także w obrębie tej samej gromady. Przykładem tego typu zestawień mogą być nietoperze, które żyją zdecydowanie dłużej niż takiej samej wielkości nietatające ssaki. Rekordzistą jest nocek Brandta, który żyje prawie 40 lat [13]. Człowiek to też długożyjący ssak – obecny rekord należy do pochodzącej z Francji Jeanne Calment, która żyła 122 lata i 165 dni. Z kolei w porównaniu do wielorybów grenlandzkich to bardzo niewiele. Ich długość życia szacowana jest na ponad 200 lat. Przytoczone przykłady pokazują, że porównywanie długości życia zwierząt bez ściśle określonego kryterium, które pozwalałoby te wartości ze sobą skonfrontować, nie mogą prowadzić do ustalenia na tej podstawie jednego, uniwersalnego mechanizmu. Poszukuje się parametrów, które korelują z długością życia zwierząt. Jednym z nich jest wielkość zwierzęcia, tzn. jego masa. Kalkulacje uwzględniające masę ciała zwierzęcia prowadzi się tylko dla zwierząt lądowych. Na podstawie takich obliczeń stwierdzono, że

podwojenie masy ciała zwierzęcia zwiększa maksymalną długość życia średnio o ok. 16%. Pozwala to wyliczyć także wskaźnik długowieczności – (z ang. *longevity quotient*; LQ), czyli stosunek obserwowanej długości życia do tej przewidywanej na podstawie masy ciała.

Gatunki długowieczne są dla nauki niezastąpionym źródłem informacji o mechanizmach, które za tę długowieczność odpowiadają. Ich rozpracowanie może być kluczowe w opóźnieniu bądź zahamowaniu procesu starzenia.

Zasadniczo w każdej grupie taksonomicznej znajdziemy gatunki, które żyją wyjątkowo długo. Wśród ssaków takim gatunkiem jest golec piaskowy (*Heterocephalus glaber*), który nieprzerwanie od wielu lat cieszy się olbrzymim zainteresowaniem wielu badaczy w ośrodkach naukowych na całym świecie.

Czy to kret czy to szczur?

Golec piaskowy (Ryc. 1) (*Heterocephalus glaber*, ang. *naked mole rat*) to gryzoń należący do rodziny kretoszczurowatych, po raz pierwszy opisany w 1842 roku. Golce zostały umieszczone w Czerwonej Księdze, czyli spisie gatunków zagrożonych (*The IUCN Red List of Threatened Species*), ale w kategorii najmniejszego zagrożenia – ich populacja jest dość stabilna [4]. Niesłabnące zainteresowanie tym gatunkiem wynika m.in. z jego nieprzeciętnie długiej żywotności i odporności na nowotworzenie, które fascynują naukowców, dając nadzieje na rozwikłanie zagadki długowieczności.



Ryc. 1. Golec piaskowy (Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Golec_piaskowy).

Golce piaskowe w naturalnym środowisku występują w „podziemiach” pustynnych obszarów centralnej Etiopii, Somalii, Dżibuti oraz wschodniej i północnej Kenii. Zamieszkują stepy i sawanny (Ryc. 3). Preferują wysokie temperatury oraz suche, niezagospodarowane środowisko z niskimi, nieregularnymi opadami sięgającymi max. 400 mm/rok. Wśród skał osadowych, takich jak lateryt i ił, jak również w drobnoziarnistym piasku czy gipsie budują rozległy system podziemnych, głębokich na 2 m tuneli, rozciągających się na obszarze od 1,1 km do 3 km. Ich złożoność i konstrukcja zależy od stopnia dostępności pożywienia oraz natężenia opadów deszczu. Golce piaskowe wykazują aktywność 24 h na dobę, niezależnie od cyklu dobowego czy aktywności słonecznej [8].

Systematyka

Golec piaskowy (*Heterocephalus glaber*)

Domena	Eukarionty
Królestwo	Zwierzęta
Typ	Strunowce
Podtyp	Kręgowce
Gromada	Ssaki
Podgromada	Łożyskowce
Rząd	Gryzonie
Rodzina	Kretoszczurowate

Ryc. 2. Systematyka golea piaskowego.

Wygląd gołców piaskowych znacznie odbiega od wyglądu powszechnie znanych gryzoni, dlatego też zyskały one niechlubne miano najbrzydszych zwierząt świata. Ich skóra jest koloru brązowo-różowego, dobrze unaczyniona, pomarszczona, z bardzo krótkimi, pojedynczymi, „pędzelkowatymi” włoskami czuciowymi zlokalizowanymi głównie na głowie, w okolicach pyska, ogona i na łapach. Dzięki nim golce piaskowe są w stanie doskonale poruszać się w ciemnych tunelach. Na skórze młodych osobników obecne są ciemne plamki, które zanikają wraz z wiekiem.

Golce posiadają fałdy skórne, które sprzyjają efektywnej wymianie ciepła. Podczas przemieszczania się wychylają głowę na boki tak, by wąsy stale utrzymywały kontakt ze ścianami tunelu, natomiast przy poruszaniu się tyłem to wyposażony we włoski czuciowe ogon pomaga w orientacji. Co ciekawe, w skórze gołców brak gruczołów potowych, dużych ilości podskórnej tkanki tłuszczowej oraz substancji P –

neuroprzekaźnika, który odpowiada m.in. za odczuwanie bólu. W załamaniach skóry licznie występują pasożyty, co prawdopodobnie ma związek z jej pogrubieniem w tych miejscach. Golce piaskowe charakteryzuje także zmniejszone zapotrzebowanie na tlen oraz większa tolerancja na podwyższone stężenie dwutlenku węgla w powietrzu w porównaniu do innych gryzoni podobnej wielkości, co związane jest ściśle ze środowiskiem, w którym żyją. Mają także bardzo powolny metabolizm i niski poziom witaminy D. Są roślinożercami i odżywiają się głównie bulwami i korzeniami roślin (m.in. *Anthericum venulosum*, *Chloris roxbergiana*, *Coccinia microphylla*, *Cyperus niveus*, *Talinum caffrum*, *Vigna friesiorum*), które to stanowią dla nich jedyne źródło wody. Wysoką efektywność trawienia włóknistego pożywienia golce piaskowe zawdzięczają obecności symbiotycznych mikroorganizmów w jelicie ślepym, które świetnie radzą sobie z rozkładem niestrawnej celulozy. Golce dbają o to, aby mieć stały dostęp do źródła pożywienia, dlatego też nie zjadają roślin w całości, pozwalając im się zregenerować. Znalezione pokarm selekcionują pod względem możliwości przetransportowania go przez długie, wilgotne tunele. Pożywienie zdobywają, gdy ziemia jest odpowiednio nasączona przez opady i magazynują na długie okresy suszy. W pierwszej kolejności dostęp do pożywienia mają największe osobniki z kolonii [8].



Ryc. 3. Obszar występowania golea piaskowego.

Golce piaskowe osiągają długość od 14,7 cm do 16,5 cm, a ich średnia masa oscyduje w granicach 30–80 g (w zależności od pozycji w hierarchii). Masa może ulegać zmianom wraz z wiekiem, w zależności od dostępności pożywienia oraz statusu społecznego i rozrodczego w kolonii. Ich ciało charakteryzuje się cylindrycznym kształtem, który zakończony jest stożkową głową. Posiadają wiotkie i krótkie kończyny

zakończony trzema dłuższymi palcami z przodu oraz czterema z tyłu; palce są zakończone pazurami. Golce piaskowe uzbrojone są w 4 długie, białe, wystające i pozbawione bruzd siekacze – 2 u góry i 2 na dole, które rosną przez całe życie i zużywają się podczas drążenia tuneli. Co ciekawe, mięśnie szczęk stanowią 25% całkowitej masy mięśniowej golców piaskowych. Płuca tych zwierząt są słabo rozwinięte. Wskaźnik podstawowej przemiany materii jest w przypadku tego gatunku ekstremalnie niski w odniesieniu do rozmiarów ciała i spada o 25% w okresach suszy [3]. Gryzonie posiadają bardzo małe (średnica ≤ 1 mm), chronione grubymi powiekami i drobnymi rzęsami oczy. Słaby wzrok tych zwierząt związany jest prawdopodobnie ze zdegenerowaną siatkówką i zanikającym nerwem wzrokowym. Mięśnie zlokalizowane w obrębie tęczówki pozwalają regulować ilość światła docierającego do oka. Golce piaskowe są również czułe na wszelkie wibracje i ruchy powietrza występujące pod ziemią, a także na dźwięki o niskiej częstotliwości. Porozumiewają się ze sobą za pomocą kombinacji 18 odmiennych kategorii dźwięków: chrząknięć, pisków, syczeń, szczebiotania itp. Zawierają się one w przedziale od 65 Hz do 12,8 kHz (60 dB), przy czym większość zamyka się w przedziale 1–9 kHz. Czas trwania pojedynczego dźwięku wynosi mniej niż 200 ms. Zwierzęta informują w ten sposób o niebezpieczeństwie, dostępności pożywienia, wyrażają agresję czy komunikują się z młodymi [12].

Golce piaskowe są zmiennocieplne i... długowieczne! Samice potrafią przeżyć 23 lata, a samce aż 28! (podane długości życia odnotowano w niewoli). Dopiero osobniki liczące ponad 25 lat wykazują pierwsze objawy starzenia – mniejszą ruchliwość, utratę masy mięśniowej oraz objawy kifozy (łukowatego wygięcia kręgosłupa w stronę grzbietową). Czynniki, które wpływają na żywotność golców piaskowych są m.in. antropogeniczne zmiany środowiska przyrodniczego, zmiany klimatu czy ataki drapieżników. Głównym wrogiem golców piaskowych są węże, przede wszystkim te z gatunku *Rhamphophis oxyrhynchus* czy *Eryx colubrinus*. Mogą one swobodnie przemieszczać się systemem podziemnych korytarzy i polować na gryzonie. W przypadku ataku drapieżnika, większe osobniki stają w obronie całej kolonii [8].

W grupie różnie

Niezwykłą cechą gatunku *Heterocephalus glaber* jest eusocjalna struktura (kilkupokoleniowa, hierarchiczna organizacja społeczna) tworzonych przez nie

kolonii liczących zwykle około 80 osobników o ściśle określonej hierarchii (podobnie jak ma to miejsce w przypadku pszczoł czy termitów). Nowe kolonie wywodzą się z podziału już istniejących, a ich rozmiar uzależniony jest od odległości od źródła pożywienia czy wielkości opadów deszczu.

Tylko 1 do 2 samic oraz od 1 do 3 samców ma „prawo” do wieloletniego i wielokrotnego rozmnażania. Osobniki te utrzymują wysoką płodność aż do śmierci. Gatunek golców piaskowych charakteryzuje również endogamia, czyli rozmnażanie się w obrębie własnej grupy. Z tego względu kolonie golców piaskowych składają się z osobników blisko spokrewnionych. Jeśli królowa kolonii umrze, wtedy największe i najstarsze samice z kolonii walczą między sobą o dominację, a zwyciężczyni przejmując przewodnictwo w kolonii. Cięża królowej – największego osobnika – trwa od 66 do 74 dni, a na świat w ciągu roku przychodzi ponad 50 młodych w 4 lub 5 miotach. W ciągu pierwszych kilku ciąży kręgi lędźwiowe królowej wydłużają się, co skutkuje nieodwracalnymi zmianami w rozmiarach i długości. Masa ciała królowej podczas ciąży może wzrosnąć nawet o 84% (!), co powoduje problemy z poruszaniem się przez wąskie tunele. Młode w momencie narodzin ważą mniej niż 2 g. Wnętrznosci, szwy czaszkowe czy elementy szkieletu są widoczne przez półprzezroczystą warstwę skóry. Stały pokarm (w tym również kał „robotników” zawierający mikroorganizmy i makroelementy, tj. Ca, P, Mg) zaczynają przyjmować już w drugim tygodniu życia. Wskaźnik śmiertelności dla golców nie wzrasta wraz z wiekiem, a jest najwyższy w pierwszych dwóch miesiącach życia i wynika z niedostatecznej opieki, kanibalizmu rodzeństwa czy słabo rozwiniętej flory bakteryjnej przewodu pokarmowego, uniemożliwiającej efektywny proces trawienia [2].

Pozostałe osobniki z kolonii zasilają szeregi tzw. „żołnierzy”, którzy chronią przed drapieżnikami oraz „robotników”, których zadaniem jest poszukiwanie i gromadzenie pożywienia, wykopywanie tuneli i nor, jak również opieka nad młodymi i królową. Wśród golców odpowiedzialnych za drążenie tuneli panuje efektywny podział obowiązków – w pierwszych szeregach pracują „kopacze” używający zębów – siekaczy do tworzenia systemu korytarzy podziemnych, kolejno „zmiatacze” porządkujący i zmiatający zbędną ziemię oraz „tworzący kopce” wyrzucający zgromadzoną ziemię na powierzchnię. Nie istnieje „sztywny” podział ról pomiędzy osobnikami w kolonii. Dany osobnik może w rzeczywistości łączyć funkcje, np. „żołnierza” i „tworzącego kopce”. Również podczas procesu drążenia tunelu osobniki mogą

zamieniać się rolami. W ciągu roku kolonia licząca 85 – 90 gołców produkuje 400–500 kopców w kształcie stożków, co jest równoważne 3600–4500 kg gleby i 2,3–2,9 km nowych nor. Taka kolonia jest w stanie przerzucić 13,5 kg ziemi na powierzchnię w ciągu godziny. „Tworzący kopce” pracują szybko, aby nie dopuścić do wtargnięcia drapieżników do światła tunelu. Golce są wtedy najbardziej podatne na ataki z zewnątrz, gdyż znajdują się najbliżej powierzchni. Większość kopców tworzona jest w godzinach mniejszej aktywności węży. Przypowierzchniowe tunele znajdują się od 2 do 20 cm pod ziemią, ich średnica wynosi 2,5–3 cm. Golce piaskowe zakopują te tunele, gdy zakończą ich przeszukiwanie i pozyskiwanie pożywienia. Od przypowierzchniowych tuneli odchodzą skierowane skośnie w dół korytarze mające długość od 0,5 m do 1 m. Prowadzą one do nor i stanowią swoiste połączenie pomiędzy przypowierzchniowymi i podziemnymi tunelami. Główne nory posiadają zazwyczaj kilka wejść. Często można w nich znaleźć łupiny bulw, części korzeni i inne pozostałości pożywienia. W pobliżu znajdują się opadające stromo, ostro zakończone norki, w których golce piaskowe gromadzą mocz i fekalia. Każdą kolonię gołców piaskowych charakteryzuje ściśle określona, wyraźna woń pozwalająca określić przynależność poszczególnych osobników do danej grupy. Ułatwia także poszukiwanie pożywienia. W przypadku oddalenia się zwierzęcia z kolonii, specyficzny zapach utrzymuje się na jego skórze przez parę dni. [8].

Długie, zdrowe życie

Maksymalna długość życia tego gryzonia wielkości myszy wynosi prawie 30 lat! To ponad pięć razy więcej niż długość życia wynikająca ze wskaźnika jego masy ciała. Golce żyją 8 razy dłużej niż myszy i zachowują dobre zdrowie przez 66% swojego życia. W odniesieniu do człowieka to tak, jakby 80-latek cechował się wiekiem biologicznym 30-latką [9]. Do parametrów życiowych, które nie zmieniają się u gołców nawet w 3 dekadzie życia należą m.in. podstawowa przemiana materii, stan naczyń krwionośnych i chrząstki stawowej oraz metabolizm glukozy. Te same cechy u myszy czy szczurów, w odpowiadającym czasie życia, są drastycznie obniżone. Golce wykazują jednak wiele cech wspólnych z uzyskanymi metodami inżynierii genetycznej mysimi modelami starzenia się, tj.: obniżona temperatura ciała, szybka aktywność metaboliczna i przemiany glukozy czy wysoka odporność na stres oksydacyjny [15]. Część z tych mechanizmów jest typowa dla organizmów długożyjących, a część wyłącznie dla tych żyjących

pod ziemią. Podziemne życie gołców chroni je m.in. przed ekstremalnymi zmianami temperatury czy atakami większości drapieżników, jednocześnie narażając na inne, niekorzystne czynniki – ciemność z bardzo słabą wymianą gazów i ciepła [2].

Stres gołcowi nie straszny

W przebiegu procesu starzenia organizmu zwiększa się wrażliwość na czynniki endo- i egzogenne. Notuje się również większą liczbę zmian patologicznych w narządach i wzrasta ryzyko śmierci. Ze starzeniem ściśle związane są cechy takie jak: mniej wydajna naprawa DNA, obniżenie aktywności białek czy wzmożona produkcja reaktywnych form tlenu (RFT). Reaktywne formy tlenu, w tym wolne rodniki, to m.in. produkty niecałkowitej redukcji tlenu, które łatwo wchodzą w reakcje z białkami – lipidami, białkami czy DNA, prowadząc do ich utleniania i w konsekwencji zniszczenia [16]. Istnienie RFT stwierdzono ponad 100 lat temu, ale ich udział w układach biologicznych został rozpracowany dopiero w latach 50-tych XX wieku. RFT jako mediatory w patogenezie chorób (w tym w starzeniu) stanowią przedmiot ostatnich 30 lat badań. Przełom wieków pokazał „dobrą twarz” RFT. Okazuje się, że produkowane w normalnych warunkach mogą być cząsteczkami sygnałowymi. Są także niezbędne w procesach odpornościowych. Niebezpieczna sytuacja pojawia się wówczas, gdy produkcja RFT przekracza możliwości ich neutralizacji, prowadząc do zniszczeń w obrębie komórki – utleniania makromolekuł, a w konsekwencji do śmierci komórkowej i tkankowej. Stres oksydacyjny o różnym natężeniu jest uznawany jedną z przyczyn wielu chorób, np. choroby Alzheimera, Parkinsona, nowotworów, miażdżycy, cukrzycy czy chorób serca, czyli schorzeń typowych dla podeszłego wieku. Wraz z wiekiem obserwuje się nadmiarową produkcję RFT. Według jednej z wielu teorii dotyczących starzenia się – tzw. teorii wolnorodnikowej, zaproponowanej w 1956 przez Denhama Harmana – nieodzownym elementem starzenia się jest zachwiany metabolizm tlenowy i związany tym stres oksydacyjny. Jeśli ta teoria byłaby prawdziwa, to zgodnie z jej założeniami wysoki poziom RFT skutkowałby krótszym życiem i częstszymi przypadkami chorób typowych dla podeszłego wieku. Z kolei niski poziom RFT prowadziłby do długiego życia w pełnym zdrowiu, w co zaangażowane byłyby również antyoksydanty, w które organizm jest wyposażony. Związki antyoksydacyjne (zarówno produkowane przez organizm, jak i te dostarczane wraz z pożywieniem) stanowią efektywną obronę

przed RFT. Należą tu m.in. glutation, witaminy C i E, polifenole, flawonoidy, selen czy enzymy antyoksydacyjne (dysmutaza, katalaza czy peroksydazy) [16].

Uznawana przez wiele lat teoria wolnorodnikowa w ostatnim czasie traci na znaczeniu. Udział RFT w procesie starzenia to tylko jeden z wielu czynników. Pod koniec lat 80. XX wieku, na podstawie pomiarów zależnego od wieku stopnia utlenienia białek stwierdzono, że jest to proces generowany przez RFT. Obecnie wiadomo, że związane z wiekiem magazynowanie w komórkach utlenionych, „niewłaściwych” białek ma związek nie tylko z działaniem RFT, ale też z nieprawidłowościami w działaniu złożonych systemów naprawy i/lub degradacji tych białek. Przykładem mogą być osoby cierpiące na rzadką chorobę – zespół Corneli de Lange, której objawem, oprócz szeregu innych dysfunkcji, jest także przedwczesne starzenie. U tych osób dochodzi do zaburzeń w działaniu systemu antyoksydacyjnego, a także w funkcjonowaniu białek. Również ostatnie badania na genetycznie zmodyfikowanych myszach zdają się nie potwierdzać założeń teorii Harmana. U myszy ze wzmocnioną lub obniżoną zdolnością antyoksydacyjną nie wykazano związku pomiędzy stresem oksydacyjnym a długością życia. Obecnie rozważając podstawy biochemiczne i molekularne starzenia uwzględnia się m.in. dysfunkcje mitochondriów oraz spadek aktywności telomerazy [9, 13].

Przez długi czas długowieczność gółców wiązano z generowaniem mniejszego stresu oksydacyjnego w ich komórkach lub z posiadaniem niezwykle skutecznej obrony antyoksydacyjnej. Najnowsze badania tych ciekawych gryzoni nie potwierdzają jednak teorii Harmana. O ile u innych organizmów w procesie starzenia obserwuje się wzrost produkcji RFT, stresu oksydacyjnego i spadek aktywności antyoksydacyjnej, o tyle u gółców w/w parametry z wiekiem nie ulegają zmianie. Ponadto ilość produkowanych RFT jest podobna jak u krócej żyjących zwierząt, a aktywność systemu antyoksydacyjnego plasuje się na zbliżonym poziomie – z podobną aktywnością katalazy, niższym poziomem glutationu i peroksydazy glutationowej i bez znaczącego wzrostu poziomu pozostałych antyoksydantów. Co ciekawe, młode gółce wykazują wyższy stopień uszkodzeń oksydacyjnych DNA, lipidów czy białek w porównaniu do młodych myszy. Interesujące jest to, że pomimo występowania stresu oksydacyjnego, funkcje życiowe i przebieg procesów na poziomie komórkowym u gółców nie są osłabione. Mając podobny stopień utleniania białek jak inne zwierzęta, nie wykazują zaburzeń w aktywności enzymów w procesie fałdowania (czyli związania łańcuchów aminokwasowych w celu uzyskania

prawidłowej struktury przestrzennej) czy ubikwitynacji (procesu prowadzącego do degradacji białka). Dodatkowo u gółców nie obserwuje się typowych dla wieku zmian w funkcjonowaniu mitochondriów czy w budowie błon komórkowych. To świadczy, że komórki mają mechanizmy pozwalające na utrzymanie integralności komórkowej w ciągu ich długiego życia. Prawdopodobnie również naprawa i usuwanie uszkodzonych makromolekuł zachodzi bardzo sprawnie [10, 15].

Obniżone ryzyko śmierci gółców ma także związek z ich wysoką odpornością na choroby typowe dla gryzoni oraz choroby starcze. Zwierzęta te są również niewrażliwe na różne typy nowotworów. W przeciwieństwie do nich, 70% myszy (szczep C57BL/6) na takim samym etapie rozwoju umiera na raka, a u wielu występują zmiany nowotworowe lub guzy [2]. Od lat naukowcy zadają sobie pytanie: jaką tajemnicę długowieczności i dobrego zdrowia skrywają gółce? Czy uda nam się ją rozszyfrować? Jej odkrycie może stanowić szansę na wyeliminowanie chorób nowotworowych i przedłużenie życia ludzi.

W czym tkwi tajemnica?

W trakcie prac nad różnymi gatunkami zwierząt zauważono, że różnią się one między sobą odpornością na stres oksydacyjny oraz endo- i egzogenne stresory, co koreluje z długością ich życia. Badania obaliły wcześniejszą hipotezę, jakoby w komórkach gółców powstawało mniej RFT albo były one skuteczniej zwalczane przez antyoksydanty. W dalszym ciągu jednak pozostawała do wyjaśnienia kwestia odporności komórek na stres i brak konsekwencji działania tego typu czynników. Próbowano dowiedzieć się na przykład, dlaczego fibroblasty (komórki skóry) gółców w badaniach *in vitro* wykazywały aż ponad 20-razy większą odporność na działanie metali ciężkich czy związków uszkadzających DNA w porównaniu do fibroblastów myszy. Komórki gółca traktowane metalami i wysoką temperaturą są niewrażliwe na ich działanie, podczas gdy mysie komórki ulegają apoptozie (śmierci komórkowej) [9, 11]. Czy poznanie tych mechanizmów pomoże przedłużyć ludzkie życie? Na pewno przyczyni się do walki ze schorzeniami starszego wieku, np. stanami zapalnymi, chorobami neurodegeneracyjnymi czy nowotworami.

Wyniki ostatnich badań [9] pokazują, że w obecności toksyn gółce są w stanie manipulować czasem trwania faz cyklu komórkowego. Nawet przy niskim stężeniu niebezpiecznych substancji, ilość komórek w fazie S cyklu (czyli w fazie, w której dochodzi do syntezy DNA) jest bardzo niska. To sugeruje,

iż w odpowiedzi na zagrożenie komórki golca hamują cykl komórkowy, aby „dać sobie czas” na naprawę ewentualnych uszkodzeń DNA zanim ponownie zaczną się dzielić [9]. Takie „pragmatyczne” podejście znacznie ogranicza ryzyko powstawania mutacji i minimalizuje wystąpienie konsekwencji z tym związanych. Analogiczne doświadczenie przeprowadzono na mysich komórkach. Okazało się, że komórki, które przetrwały w obecności toksyn, szybko wchodziły w cykl komórkowy, „nie bacząc” na potencjalne uszkodzenia i czas potrzebny na ich naprawę. To z kolei powoduje, że ryzyko wprowadzania i powielania nieprawidłowości jest bardzo wysokie. W trakcie prac z fibroblastami okazało się także, że te pochodzące od golca mają aż 50-razy wyższy poziom białka p53 niż u myszy (nawet w warunkach normalnego wzrostu). Białko p53 to czynnik transkrypcyjny, który uczestniczy w naprawie DNA i hamuje nowotworzenie. Dodatkowo wykazano, że białka izolowane z komórek golca są wysoce odporne na rozkład, nawet w obecności wysokiej temperatury czy mocznika. Świadczy to, że na poziomie molekularnym istnieją wyrafinowane mechanizmy ochronne, które zapewniają tak wysoką odporność na stres [2, 9, 10, 14, 15].

Inny rozszyfrowany sposób na ochronę komórek opiera się na specjalnym szlaku sygnałowym zależnym od białka Nrf2. Nrf2 to czynnik transkrypcyjny aktywny we wszystkich tkankach organizmu, regulujący aktywność związków antyoksydacyjnych. W normalnych, nie-stresowych warunkach, czynnik ten związany jest z białkami: Keap1 i Cullin-3 i jest stosunkowo szybko degradowany. Natomiast w warunkach stresowych Nrf2 uwalnia się i kieruje do jądra, gdzie przyłącza się do konkretnych miejsc w DNA. Skutkiem tego jest aktywacja ponad 200 genów odpowiedzialnych za kompleksową ochronę komórkową (procesy antyoksydacyjne, metabolizm ksenobiotyków, regulację cyklu komórkowego, aktywności białek itd.). W warunkach nie-stresowych okres półtrwania Nrf2 w komórkach golca wynosi ok. 15 min, a w warunkach stresowych wzrasta do ponad 60 min (jego poziom u golców jest ponad 3-krotnie wyższy niż u poddanych takiemu samemu badaniu myszy). Wiadomo także, że u myszy i u szczurów wraz z wiekiem aktywność tego czynnika spada [9].

Kolejnym dowodem na właściwą golcom wysoką stabilność molekuł i ich małą wrażliwość na zmiany są badania opublikowane w prestiżowym czasopiśmie *Proceedings of the National Academy of Sciences USA (PNAS)* [1]. Realizacja informacji genetycznej przebiega od DNA przez RNA do białka. Wierne „przetłumaczenie” tej informacji to pierwszy krok do poprawnego funkcjonowania białka. Kolejny to

uzyskanie przez białko właściwej konformacji przestrzennej. Dzieje się to w trakcie skomplikowanego procesu fałdowania białek. Nieprawidłowości w fałdowaniu i utrata stabilności białek są ściśle związane ze starzeniem. Formowanie niewłaściwych agregatów białkowych jest także obserwowane w wielu związanych z wiekiem chorobach, jak na przykład stwardnienie zanikowe boczne, choroba Alzheimera czy Huntingtona. Z jakością białek ściśle związany jest proces translacji, w którym biorą udział rybosomy. Grupa prof. Very Gorbunovej z University of Rochester (USA) [6] wykazała, iż golce cechują się nietypową budową rybosomalnego RNA (rRNA) łańcucha 28S, który jest podzielony na dwie części. Ten „rozłam” rRNA nie zmienia szybkości translacji, która jest u golców porównywalna jak u myszy, natomiast powoduje, że 4-razy wolniej wstawiane są nieprawidłowe aminokwasy. Sugeruje to, że budowa rRNA 28S golców może być kolejną adaptacją, która umożliwi produkcję stabilnych i odpornych na zmiany białek. Jest to kolejna odkryta cecha mogąca przyczyniać się do ich długowieczności [1].

Golce fascynują świat nauki nie tylko długowiecznością, ale również wysoką odpornością na choroby, zwłaszcza nowotworowe. Wydaje się, że te wyjątkowe cechy są ze sobą sprzężone. W 2015 roku wspomniani już naukowcy z University of Rochester opisali miejsce w DNA golca będące klastrem genów (nazwanym *INK4*), które kodują białka o właściwościach antynowotworowych [17]. Takie klastry występują też u myszy oraz ludzi i składają się z 3 genów. U ludzi geny te kodują trzy białka (p15^{INK4b}, p16^{INK4a} i ARF), które hamują podział zmutowanych komórek. U golca jest jeszcze czwarte białko, które powstaje w wyniku fuzji *p15* i *p16*. To białko fuzyjne (nazwane pALT^{INK4a/b}) jest jeszcze bardziej skuteczne w hamowaniu podziału niewłaściwych komórek.

O ile myszy są bardzo dobrymi modelami w badaniach nad powstawaniem, rozwojem czy leczeniem nowotworów, o tyle wyniki badań golców mogą rzucić nowe światło na zapobieganie ich powstawaniu. Zespół profesor Gorbunovej przeprowadził eksperyment, w którym hodował komórki golców na pożywce, a następnie infekował je „koktajlem” substancji wywołującym nowotwory (zmodyfikowane wirusy, onkogeny) [1, 9]. Co ciekawe, komórki golców nie namnażały się i nie ulegały nowotworzeniu. Naukowcy zauważyli, że wspomniane komórki przestają się dzielić, jeśli „dotkną” kilku sąsiednich komórek. Normalnie, kiedy zdrowe komórki namnaża się w pożywce, to przestają się dzielić przy nieco większym „zagęszczeniu”. Jest to mechanizm hamowania kontaktowego (ang. *contact inhibition*).

Ten mechanizm nie występuje w komórkach nowotworowych, dlatego mogą one się dzielić bez ograniczeń. W toku dalszych badań zespół Gorbunovej stwierdził, że za obserwowane zjawisko odpowiedzialne są dwa geny: *p16* i *p27* [6]. W sytuacji, gdy *p16* jest nieaktywny, *p27* przejmuje rolę i hamuje podział komórek, ale przy wyższych ich gęstościach. U ludzi i myszy aktywny jest przede wszystkim *p27*, a *p16* odgrywa mniejszą rolę. U gólców oba te geny są równie aktywne, co zapewnia podwójną ochronę przed nadmiernym namnażaniem. Co więcej, okazało się, że komórki gólców hodowane w pożywce wydzielają lepki hialuronian – wielocukier występujący w przestarzeniach międzykomórkowych u kręgowców. U gólców cząsteczki hialuronianu są znacznie większe niż u innych zwierząt, a ponadto jego rozkład postępuje wolniej. Naukowcy podejrzewają, że hialuronian jest także odpowiedzialny za zjawisko hamowania namnażania. Niestety naukowcy z innych grup hodując komórki golca w pożywce (według innego protokołu i o innym składzie) nie obserwowali takiego procesu ani hamowania kontaktowego. Zauważyli natomiast, że komórki golca są w stanie „znieść” duże stężenia metali ciężkich i kancerogenów. W ich obecności przestawały się dzielić, wzrastał także poziom białka p53 [6, 7].

Golce na pomoc ludziom

Przytoczone wyniki badań pokazują, że golce „korzystają” z analogicznych mechanizmów obronnych,

jakie występują u ludzi, tyle że na znacznie wyższych „obrotach”. Być może to jest klucz do walki z nowotworami u ludzi? Vadim Gladyshev, biolog z Harvard Medical School w Bostonie był jednym z naukowców uczestniczących w rozszyfrowaniu genomu golca w 2011 [5]. Jego zdaniem golce posiadają także inne, specyficzne dla tego gatunku mechanizmy. Ze względu na niewielkie pokrewieństwo genomu golca i innych zwierząt naukowcy obecnie pracują nad zsekwencjonowaniem genomu „kuzyna” golca piskowego – *Fukomys damarensis*. Choć oba gatunki są ze sobą blisko spokrewnione, *Fukomys* zapadają na choroby nowotworowe. Być może porównanie ich genomów przyniesie informacje o różnicach warunkujących to zjawisko [7].

Warto dodać, że golec piaskowy to niejedyny znany zwierzę odporne na nowotwory. Innym przykładem jest ślepiec – brązowoszary gryzoń, także prowadzący podziemny tryb życia. Jako modele do badań nad odpornością na nowotwory oraz długowiecznością wykorzystywane są także inne, długożyjące zwierzęta – np. nocek Brandta czy wieloryb grenlandzki. Kto wie, może odpowiedź, na którą wszyscy czekamy, ukryta jest w powietrzu, wodzie albo głęboko pod ziemią?

Bibliografia

1. Azpurua J, Ke Z, Chen IX, Zhang Q, Ermolenko D, Zhang ZD, Gorbunova V, Seluanov S (2013) Naked mole-rat has increased translational fidelity compared with the mouse, as well as a unique 28S ribosomal RNA cleavage. *PNAS* 110: 17350–17355.
2. Buffenstein R (2008) Negligible senescence in the longest living rodent the naked mole-rat: insight from a successfully aging species. *Journal of Comparative Physiology B* 178: 439–45.
3. Cox PG, Faulkes CG (2014) Digital dissection of the masticatory muscles of the naked mole-rat, *Heterocephalus glaber* (Mammalia Rodentia). *Peer Journal* 17: e448
4. Faulkes CG, Bennett NC (2001) Family values: group dynamics and social control of reproduction in African mole-rats. *Trends in Ecology & Evolution* 16:184–190.
5. Gladyshev VN, Zhang G, Wang J (2011) The naked mole rat genome: understanding aging through genome analysis. *Aging* 3:1124
6. Gorbunova V, Hine C, Tian X, Ablueva J, Gudkov A, Nevo E, Seluanov A (2012) Cancer resistance in the blind mole rat is mediated by concerted necrotic cell death mechanism. *PNAS* 109, 19392–19396.
7. Gorbunova V, Seluanov A, Zhang Z, Gladyshev V, Vijg J (2014) Comparative genetics of longevity and cancer: insights from long-lived rodents. *Nature Review Genetics* 15: 531–540.
8. Jarvis JUM, Sherman PW (2002) *Heterocephalus glaber*. *Mammalian Species* 706:1–
9. Lewis KN, Mele J, Hornsby PJ, Buffenstein R (2012) Stress resistance in the naked mole-rat: the bare essentials – a mini-review. *Gerontology* 58, 453–462.

10. Lewis KN, Andziak B, Yang T, Buffenstein R (2013) The naked mole rat response to oxidative stress: just deal with it. *Antioxidants & Redox Signaling* 19: 1388–1399.
11. Liang ST, Mele J, Wu YH, Buffenstein R, Hornsby PJ (2010) Resistance to experimental tumorigenesis in cells of a long-lived mammal, the naked mole-rat (*Heterocephalus glaber*). *Aging Cell* 9: 626–635.
12. Mason MJ, Cornwall HL, Smith ES (2016) Ear structures of the Naked Mole-Rat, *Heterocephalus glaber*, and Its Relatives (Rodentia: Bathyergidae). *PLoS One* 7:e0167079.
13. Mikula-Pietrasik J, Niewiarowska A, Książek K (2015) Święty Graal biologii, czyli jak i dlaczego się starzejemy? *Postępy Biochemii* 61(4): 344–355.
14. Ortuno-Sahagun D, Pallas M, Rojas-Mayorquin AE (2014) Oxidative stress in aging: advances in proteomic approaches. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2014: 573208.
15. Perez VI, Buffenstein R, Masamsetti V, Leonard S, Salmon AB, Mele J, Andziak B, Yang T, Edrey Y, Friguet B, Ward W, Richardson A, Chaudhuri A (2009) Protein stability and resistance to oxidative stress are determinants of longevity in the longest-living rodent, the naked mole-rat. *PNAS* 106: 3059–3064.
16. Szymańska R, Strzałka K (2010) Reaktywne formy tlenu w roślinach: powstawanie, dezaktywacja i rola w przekazywaniu sygnału. *Postępy Biochemii* 56: 182–196.
17. Tian X, Azpurua J, Ke Z, Auquereau A, Zhang ZD, Vijg J, Gladyshev V, Gorbunova V, Deluanov A (2015) INK4 locus of the tumor-resistant rodent, the naked mole rat, express a functional p15/p16 hybrid isoform. *PNAS* 112:1053–1058.

Dr hab. Renata Szymańska, adiunkt naukowy w Katedrze Fizyki Medycznej i Biofizyki, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.

Mgr Karolina Kosmala. E-mail: karolina.kosmala@onet.pl

CZOSNEK: SUPERLEK Z OGRÓDKA, KTÓRY MOŻE ZMARNOWAĆ SZANSĘ WYLECZENIA PACJENTA

Marta Kot (Kraków)

Streszczenie

Stosowanie czosnku i preparatów czosnkowych jest bardzo popularnym sposobem samoleczenia mającego na celu złagodzenie objawów choroby lub też w nadziei zapobiegnięcia czy zmniejszenia ryzyka wystąpienia niektórych z nich, np. nowotworu. Większość toksyn (np. związków kancerogennych) wymaga metabolicznej aktywacji przez izoenzymy CYP, aby ujawnić swoją genotoksyczność. Dlatego też aktywność oraz ilość izoenzymów CYP może być jednym z najważniejszych czynników, decydujących o tym, czy kontaktem ze związkiem kancerogennym doprowadzi do zwiększenia ilości toksycznych związków pośrednich, podwyższając ryzyko wystąpienia nowotworu. W dodatku czosnek jest często stosowany równoległe z przepisanyymi lekami, co z kolei zwiększa możliwość wystąpienia interakcji i może zmniejszyć szansę wyleczenia.

Abstract

The use of garlic and its supplement preparation is extremely popular („self-medication”) to alleviate symptoms of illness or with the hopes of preventing disease or reducing the risk for certain diseases, e.g. cancer. However, most toxins (e.g. carcinogens) require metabolic activation by CYP to exert their genotoxicity. Therefore, the activities or levels of CYP enzymes may be one of the most important factors which determine whether exposure to the carcinogen results in increased levels of toxic intermediates and a higher cancer risk. In addition, garlic is often used concomitantly with drug, what in turn increases a possibility of garlic-drug interactions and may decrease the chance of cure.

Czosnek: trochę informacji ogólnych

Czosnek (*Allium sativum*, rodzina Amarylkowate) (Ryc. 1) to ważny suplement diety, stosowany w kuchni. W tradycyjnej medycynie czosnek wykorzystywano do leczenia nawracającego przeziębienia, przewlekłego zapalenia oskrzeli, astmy oskrzelowej, grypy, zakażenia pasożytami (np. motylicą wątrobową (łac. *Fasciola hepatica*), bakteriami (np. *Helicobacter pylori* (wrzody żołądka i dwunastnicy), *Sal-*

przez wysoką temperaturę. A zatem wodne ekstrakty czosnku poddanego działaniu wysokiej temperatury zawierają wyłącznie alliinę. Allicyna przez długi czas, była uważana za podstawowy składnik bioaktywny, obecny w surowym czosnku, jak również w jego wodnych ekstraktach. Jednakże ważnymi związkami siarkoorganicznymi obecnymi w homogenacie czosnku (odpowiedzialnymi za jego charakterystyczny zapach) są również: tiosulfonian allilu-metylu, tiosulfonian allilu-propyłu i L-glu-



Ryc. 1. Czosnek (źródło: internet, warzywa on-line).

monella sp, *Escherichia coli*, *Shigella sp.* (biegunki), a nawet do leczenia trądu [3, 5, 9, 26, 27]. Współcześnie w medycynie zwraca się uwagę na jego właściwości przeciwniażdżycowe, przeciwwkrzepowe, przeciwnowotworowe, obniżające ciśnienie krwi i poziom cholesterolu [9]. Należy zaznaczyć, iż wyniki badań naukowych oceniających wartości lecznicze czosnku czasem są niejednoznaczne z uwagi na różny skład często niewystandaryzowanych (nieujednolicony i niekontrolowany skład pomiędzy seriami) preparatów czosnkowych sprzedawanych na rynku. W surowym czosnku ilość i zestaw związków organicznych zawierających siarkę zależy nie tylko od jego odmiany, ale również od warunków przechowywania, a także sposobu przetwarzania czosnku przed podaniem, ze względu na bardzo lotną i reaktywną naturę tych składników.

Podczas rozgniataania lub cięcia czosnku allinaza (enzym obecny w całym czosnku) jest aktywowana i oddziałuje na alliinę (S-allyl cysteine sulfoxide) przekształcając ją w allicynę (allyl 2-propene thiosulphinate lub diallyl thiosulphinate) [Rycina 2]. Przy czym warto zaznaczyć, że enzym allinaza jest inaktywowana (pozbawiana aktywności enzymatycznej)

tamylo-S-alkilo-L-cysteina [1]. Z powodu swojej niestabilności allicyna jest szybko przekształcana w szereg siarczków allilu (allyl sulfides), spośród których siarczek diallilu (diallyl sulfide, DAS) jest głównym składnikiem rozpuszczalnych w oleju związków siarkoorganicznych (czyli związków organicznych zawierających wiązanie węgiel-siarka).

Efekty uboczne stosowania preparatów czosnkowych

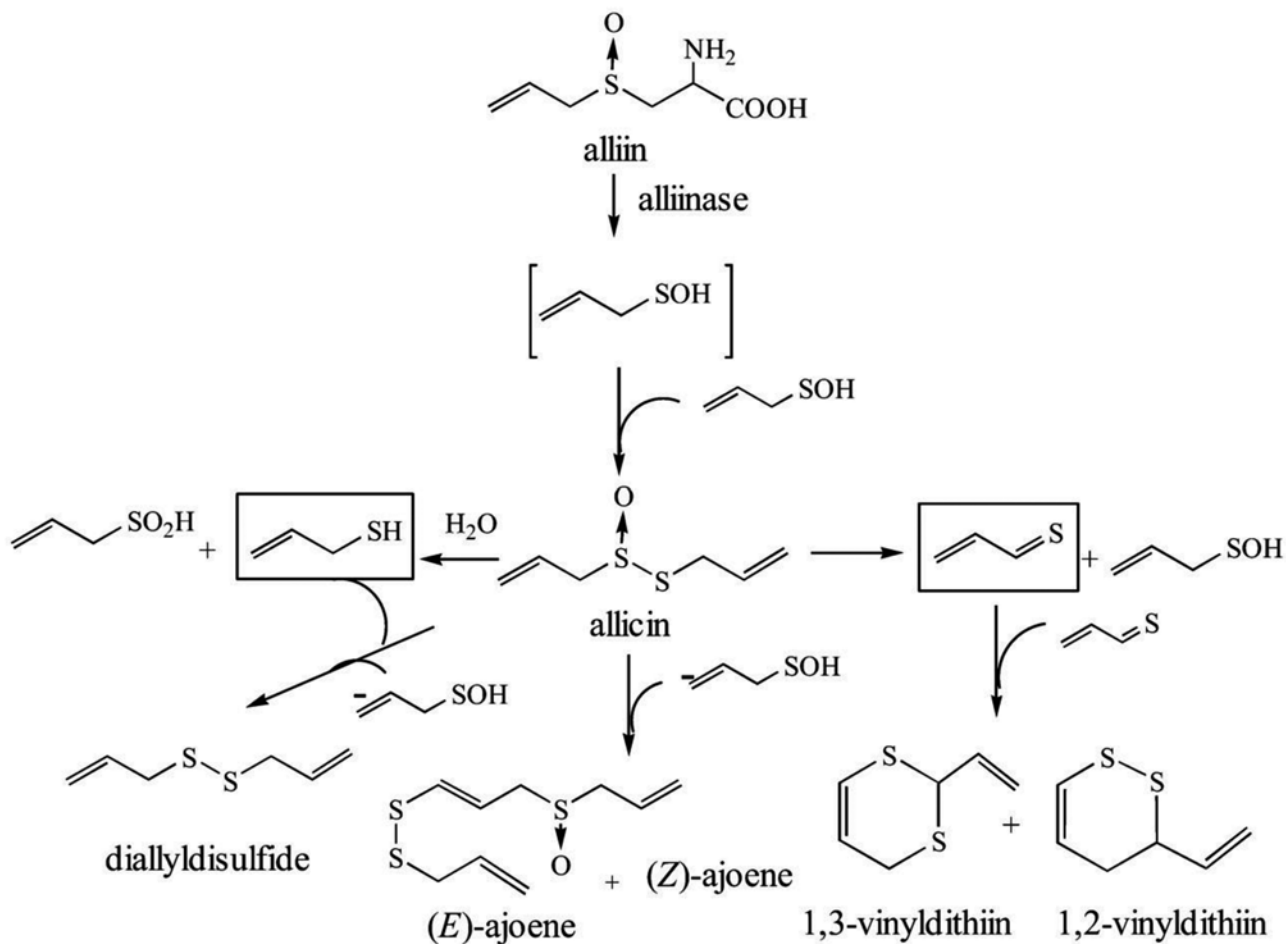
Generalnie czosnek jest nietoksyczny. Wśród udokumentowanych efektów ubocznych stosowania czosnku należy wymienić: palące uczucie w ustach i przewodzie pokarmowym, nieprzyjemny zapach ciała oraz wydychanego powietrza [28]. Zapach ten można prawie całkowicie wyeliminować stosując preparaty czosnkowe (Tabela 1). Spożywanie dużej ilości surowego czosnku, szczególnie na pusty żołądek, prowadzi do wzdęć i zaburzenia mikroflory jelitowej. Stosowany zewnętrznie, np. na skórę, może przyczynić się do powstania pęcherzy i oparzeń [29].

Właściwości antyoksydacyjne czosnku i jego składników dzięki opóźnieniu, a nawet tłumieniu stresu oksydacyjnego komórek (zaburzenie równowagi

pomiędzy gromadzeniem się wolnych rodników tlenowych i ich usuwaniem) są szczególnie interesujące. Jak wiadomo, stres oksydacyjny uważany jest za główną przyczynę występowania chorób układu krwionośnego, procesów zapalnych, nowotworu, katarakty, cukrzycy typu 2, choroby Parkinsona, choroby Alzheimera, a także naturalnego procesu starzenia się

zasadniczą rolę w unieszkodliwianiu zanieczyszczeń środowiskowych, głównie proces detoksykacji (łac. *Detoxicatio* – usuwanie toksyny) organizmu oraz uwalnianiu potencjału terapeutycznego leków wykorzystywanych do leczenia pacjenta (metabolizm leków) [11].

Cytochrom P450 składa się z dużej ilości izoenzymów CYP, które są wyspecjalizowane do pełnie-



Ryc. 2. Tworzenie tiosiarczanów i siarczków (w oparciu o [1]).

[18,30,31]. Wśród preparatów czosnkowych sprzedawanych na rynku występują głównie związki organiczne, takie jak S-allylcysteina (S-allylcysteine, SAC) i S-allylmercaptocysteina (S-allylmercaptocysteine, SAMC), znalezione w ekstraktach czosnku poddawanych procesowi starzenia (AGE). Związki te odpowiadają za właściwości antyoksydacyjne (przeciwutleniające) preparatów AGE [12].

Czosnek i cytochrom P450 to ryzykowna konfiguracja

Cytochrom P450 jest olbrzymim kompleksem enzymatycznym, który jest odpowiedzialny za powstawanie szeregu substancji niezbędnych dla prawidłowego funkcjonowania organizmu, np. hormonów, witamin (biologicznie aktywnej formy). Co więcej, pełni on

określonych funkcji w organizmie. Każdy z tych izoenzymów CYP charakteryzuje się określoną aktywnością, którą mogą zaburzyć rozmaite mutacje w obrębie genów izoenzymów CYP, a także styl życia, wiek, choroby, dieta itp. Przykładowo ϵ -viniferin, który jest składnikiem czerwonego wina, hamuje aktywność izoenzymów CYP1A i CYP2B [21]. Z kolei fenyloetyloizotiocyjanian, zawarty w rzęźusze, hamuje aktywność izoenzymu CYP2E1. Występujący w soku grejfrutowym flawonoid – naringenina, jest popularnym inhibitorem aktywności izoenzymu CYP3A4 [23]. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne obecne w grilowanej wołowinie lub w dymie papierosowym powodują nasilenie metabolizmu substancji zależnych od izoenzymów CYP1A, np. kofeiny (podstawowy składnik kawy) [4, 14].

U pacjentów z przeszczepioną wątrobą w pierwszych miesiącach po operacji odnotowuje się znaczną indukcję CYP2E1, podczas gdy aktywność CYP2C19 ulega znaczącemu zmniejszeniu, szczególnie 30 dni po operacji. Aktywność CYP2D6 u tych pacjentów jest osłabiona, a zwłaszcza u osób starszych [2,16]. Powyższe przykłady pokazują w jak łatwy sposób można zaburzyć proces detoksykacji i metabolizmu leków.

Działanie lecznicze czosnku jest również ściśle powiązane z jego oddziaływaniem na aktywność wielu izoenzymów CYP zaangażowanych w proces detoksykacji, czyli usuwania toksyn z organizmu, i uczestniczących w metabolizmie leków.

Interakcje na poziomie farmakokinetycznym obejmujące zmiany w aktywności enzymu CYP2E1

Dobrze udokumentowane jest oddziaływanie preparatów czosnku na izoenzym CYP2E1, który jest zaangażowany w tworzenie reaktywnych form tlenu (RFT) oraz przekształcanie swoich substratów (np. furanu) w reaktywne metabolity [10,15]. Furan (C₄H₄O) jest związkiem lipofilnym (rozpuszczalnym w tłuszczach), o niskiej temperaturze wrzenia (31°C) i silnym działaniu rakotwórczym potwierdzonym u zwierząt laboratoryjnych. Furan obecny jest w niewielkich stężeniach w wielu produktach spożywczych, takich jak palona kawa, gotowe produkty dla niemowląt, soki owocowe, warzywa w puszkach, konserwy mięsne, produkty zbożowe, piwo, pieczywo

pszenne, które spożywane w nadmiernych ilościach mogą być szkodliwe. Należy zapamiętać, że powstaje on z wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (np. omega 3, omega 6, olej słonecznikowy) oraz z aminokwasów podczas termicznej obróbki [7,17,25]. W takiej sytuacji podanie czosnku, który obok swoich właściwości antyoksydacyjnych, jest również inhibitorem kompetycyjnym izoenzymu CYP2E1, może nie tylko zablokować powstawanie stresu oksydacyjnego w komórkach pod wpływem furanu, ale również znacząco ograniczyć, potencjał rakotwórczy furanu [6]. Warto jednak pamiętać, iż ilość izoenzymu CYP2E1, pełniącego dominującą rolę w procesie bioaktywacji większości ksenobiotyków i związków rakotwórczych (np. wspomnianego furanu), a także jego wpływ na ich ostateczną toksyczność i ewentualny potencjał rakotwórczy, mogą być znacząco zwiększone po spożyciu alkoholu, a także podczas głodzenia, przy otyłości, cukrzycy, a także u pacjentów z przeszczepioną wątrobą, w pierwszych miesiącach po operacji [2,13,16,19,22]. A zatem korzystne właściwości antyoksydacyjne czosnku, wynikające z możliwości hamowania izoenzymu CYP2E1 (odgrywającego dominującą rolę w procesie powstawania stresu oksydacyjnego w organizmie człowieka), mogą być niedostrzegalne u osób otyłych, podczas głodzenia, w cukrzycy oraz po spożyciu alkoholu.

Tabela 1. Skład preparatów czosnkowych sprzedawanych na rynku (w oparciu o [1]).

Produkt	Główny składnik
Olej czosnkowy (bazowy)	Tylko 1% związków siarkowych (lotne związki siarkoorganiczne rozpuszczalne w oleju, takie jak: DAS, DADS, mono- do heksasulfidów allilu-metylu i dimetylu, małe ilości di-, tri- i tetrasulfidów allilu-propylu i metylu-propylu w 99% oleju roślinnego. Brak frakcji rozpuszczalnej w wodzie.
Olej czosnkowy (macerat)	Rozpuszczalne w oleju związki siarkowe i alliina.
Sproszkowany czosnek	Alliina i małe ilości rozpuszczalnych w oleju związków siarkowych.
Ekstrakt czosnku poddawany procesowi starzenia (ang. <i>aged garlic extract</i> , AGE).	Głównie składniki rozpuszczalne w wodzie (SAC, SAMC, saponiny itp.) i małe ilości związków siarkowych rozpuszczalnych w oleju. Bezpieczny i wystandaryzowany (ujednolicony i kontrolowany skład pomiędzy preparatami z różnych serii), często wykorzystywany w badaniach naukowych.

Interakcje na poziomie farmakokinetycznym obejmujące zmiany w aktywności enzymu CYP3A4

Wiele badań wskazuje na to, iż ekstrakt czosnku może również kompetycyjnie hamować ludzki izoenzym CYP3A4 [8]. Izoenzym ten odgrywa dominującą rolę podczas metabolizmu leków. A zatem spożywanie czosnku podczas leczenia może wpływać na skuteczność leczenia lekiem, który jest metabolizowany przez izoenzym CYP3A4 poprzez rywalizowanie czosnku i leku o miejsce aktywne w izoenzymie. W efekcie może to prowadzić do znaczącego, niekontrolowanego wzrostu stężenia leku we krwi i najczęściej braku poprawy zdrowia, pomimo poprawnie dobranego leczenia. Takie niekorzystne działanie zaobserwowano np. u pacjenta po przeszczepie wątroby, który w celu zmniejszenia ryzyka odrzucenia przeszczepu, równocześnie z lekiem immunosupresyjnym (Tacrolimus), spożywał wysokie dawki czosnku w postaci suplementu diety (Garlicin Cardio®; sproszkowany czosnek) [24]. Warto zaznaczyć, iż przeszczep wątroby jest najbardziej skutecznym sposobem leczenia pacjentów z niedotlenieniem (hipoksemia), które jest następstwem wystąpienia zespołu wątrobowo-płucnego (ang. *hepatopulmonary syndrome*, HPS).

W celu wydobycia korzystnego efektu terapeutycznego z hamującego działania czosnku na izoenzym CYP3A4, podjęta została inna próba określenia możliwości jego zastosowania w celach leczniczych. Idealnym kandydatem okazał się lek z grupy inhibitorów proteaz (Saquinawir, stosowanym podczas terapii przeciwvirusowej u pacjentów zarażonych wirusem HIV). Lek ten charakteryzuje się niską biodostępnością (w przybliżeniu 1–4%) i intensywnym metabolizmem przez izoenzym CYP3A4. A zatem kontrolowany wzrost stężenia tego leku w organizmie, uzyskany po zastosowaniu ekstraktu z czosnku, mógłby być pewną „naturalną” alternatywą dla innego przeciwvirusowego leku (Ritonawir). Ritonawir ze względu na swoje hamujące działanie na izoenzym CYP3A4 i Pgp (glikoproteina P1, białko oporności wielolekowej, zwana też ABCB1) jest często równolegle podawany w terapii lekowej opartej o Saquinawir.

Niestety, w badaniach na zdrowych ochotnikach zaobserwowano, iż podczas 3-tygodniowego równoczesnego podawania preparatu czosnkowego (GarliPure, Maximum Allicin Formula; Natrol, sproszkowany czosnek) i leku z grupy inhibitorów proteaz (Saquinawir) nastąpił około 50% spadek stężenia leku [20]. Wynik ten ujawnił indukcyjny charakter czosnku wobec izoenzymu CYP3A4 podczas długotrwałego stosowania. A zatem efekt działania czosnku na izoenzym CYP3A4 nie tylko zależy od jego dawki, ale także czasu jego podawania, co w znacznym stopniu utrudnia ocenę właściwości leczniczych czosnku stosowanego podczas terapii lekowej.

Podsumowanie

Uzyskanie suplementów diety bezpośrednio z roślin nie gwarantuje, że są one całkowicie bezpieczne, wolne od efektów ubocznych i pozbawione toksyczności. Dlatego też nie można ich stosować w sposób niekontrolowany. Stosowanie preparatów czosnkowych/czosnku jest najbardziej popularnym sposobem samoleczenia (self-medication), mającego na celu złagodzenie objawów choroby lub też jej uniknięcie, a także zmniejszenie ryzyka wystąpienia niektórych z nich, np. nowotworu. Warto zaznaczyć, iż szereg korzystnych działań czosnku jest wynikiem synergistycznego (sumującego się) działania poszczególnych związków chemicznych zawartych w czosnku lub preparatach czosnkowych. Nie należy jednak zapominać, iż właśnie ta różnorodność związków chemicznych, występujących w czosnku obok allicyny i jej pochodnych, może być przyczyną powstania niekorzystnych interakcji podczas terapii lekowej i zmarnować szansę wyleczenia pacjenta. Ponadto warto pamiętać, iż większość związków rakotwórczych wymaga metabolicznej aktywacji przez izoenzymy CYP, aby utworzyć związki toksyczne dla człowieka. A zatem aktywność i ilość ludzkich izoenzymów CYP to jeden z ważniejszych czynników, który decyduje czy styczność ze związkiem rakotwórczym przyczyni się do rozwoju nowotworu, czy też nie.

Bibliografia:

1. Amagase H. (2006). Clarifying the real bioactive constituents of garlic. *Journal of Nutrition*, 136 (3 Suppl):716S–725S.
2. Burckart GJ, Frye RF, Kelly P, Branch RA., Jain A, Fung JJ, Starzl TE, Venkataraman R. (1998). Induction of CYP2E1 activity in liver transplant patients as measured by chlorzoxazone 6-hydroxylation. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 63: 296–302.

3. Chaudhury DS, Sreenivasamurthy V, Jayaraj P, Sreekantiah KR, Johar DS. (1962). Therapeutic usefulness of garlic in leprosy. A preliminary report. *Journal of the Indian Medical Association*, 39:517–20.
 4. Conney AH. (2003). Induction of drug-metabolizing enzymes: a path to the discovery of multiple cytochromes P450. *Annual review of pharmacology and toxicology*, 43: 1–30
 5. Eja ME, Asikong BE, Abriba C, Arikpo GE, Anwan EE, Enyi-Idoh KH. (2007). A comparative assessment of the antimicrobial effects of garlic (*Allium sativum*) and antibiotics on diarrheagenic organisms. *The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health*, 38:343–8.
 6. El-Akabay G, El-Sherif NM. (2016). Protective role of garlic oil against oxidative damage induced by furan exposure from weaning through adulthood in adult rat testis. *Acta Histochemica*, 118:456–63.
 7. Fan X. (2015). Furan formation from fatty acids as a result of storage, gamma irradiation, UV-C and heat treatments. *Food Chemistry*, 175:439–44.
 8. Foster BC, Foster MS, Vandenhoeck S, Krantis A, Budzinski JW, Arnason JT, Gallicano KD, Choudri S. (2001). An in vitro evaluation of human cytochrome P450 3A4 and P-glycoprotein inhibition by garlic. *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4:176–84
 9. Foster BC, Arnason JT, Briggs C. (2007). Food and therapeutic product interactions. In: Barnes J, Anderson LA, Phillipson JD (eds). *Herbal medicines*, 3rd ed. (pp 279–89). London: Pharmaceutical Press,
 10. Gates LA, Phillips MB, Matter BA, Peterson LA. (2014). Comparative metabolism of furan in rodent and human cryopreserved hepatocytes. *Drug Metabolism and Disposition*, 42:1132–6.
 11. Guengerich FP. (1997). Role of cytochrome P450 enzymes in drug-drug interactions. *Advances in Pharmacology*, 43: 7–35.
 12. Imai J, Ide N, Nagae S, Moriguchi T, Matsuura H, Itakura Y. (1994). Antioxidant and radical scavenging effects of aged garlic extract and its constituents. *Planta Medica*, 60:417–20.
 13. Johansson I, Ekström G, Scholte B, Puzycki D, Jörnvall H, Ingelman-Sundberg M. (1988). Ethanol-, fasting-, and acetone-inducible cytochromes P-450 in rat liver: regulation and characteristics of enzymes belonging to the IIB and IIE gene subfamilies. *Biochemistry*, 27:1925–34.
 14. Kot M, Daniel WA. (2008) Caffeine as a marker substrate for testing cytochrome P450 activity in human and rat. *Pharmacological Reports*, 60:789–97.
 15. Kwak MK, Kim SG, Kim ND. (1995). Effects of garlic oil on rat hepatic P4502E1 expression. *Xenobiotica*, 25:1021–9.
 16. Liu S, Frye RF, Branch RA, Venkataramanan R, Fung JJ, Burckart GJ. (2005) Effect of age and postoperative time on cytochrome p450 enzyme activity following liver transplantation. *Journal of Clinical Pharmacology*, 45: 666–73.
 17. Moro S, Chipman JK, Wegener JW, Hamberger C, Dekant W, Mally A. (2012). Furan in heat-treated foods: formation, exposure, toxicity, and aspects of risk assessment. *Molecular Nutrition & Food Research*, 56:1197–211.
 18. Moutia M, Seghrouchni F, Abouelazz O, Elouaddari A, Al Jahid A, Elhou A, Nadifi S, Jamal Eddine J, Habeti N, Badou A. (2016). *Allium sativum* L. regulates in vitro IL-17 gene expression in human peripheral blood mononuclear cells. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16:377.
 19. Nanji AA, Zhao S, Sadrzadeh SM, Dannenberg AJ, Tahan SR, Waxman DJ. (1994). Markedly enhanced cytochrome P450 2E1 induction and lipid peroxidation is associated with severe liver injury in fish oil-ethanol-fed rats. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 18:1280–5.
 20. Piscitelli SC, Burstein AH, Welden N, Gallicano KD, Falloon J. (2002). The effect of garlic supplements on the pharmacokinetics of saquinavir. *Clinical Infectious Diseases*, 34:234–8.
 21. Piver B, Berthou F, Dreano Y, Lucas D. (2003). Differential inhibition of human cytochrome P450 enzymes by epsilon-viniferin, the dimer of resveratrol: comparison with resveratrol and polyphenols from alcoholized beverages. *Life Sciences*, 73: 1199–213.
 22. Raucy JL, Lasker JM, Kraner JC, Salazar DE, Lieber CS, Corcoran GB. (1991) Induction of cytochrome P450III E1 in the obese overfed rat. *Molecular Pharmacology*, 39:275–80.
 23. Romiti N, Tramonti G, Donati A, Chieli E. (2004). Effects of grapefruit juice on the multidrug transporter P-glycoprotein in the human proximal tubular cell line HK-2. *Life Sciences*, 76: 293–302.
 24. Shaikh SA, Tischer S, Choi EK, Fontana RJ. (2017) Good for the lung but bad for the liver? Garlic-induced hepatotoxicity following liver transplantation. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 42(5):646–648.
-

25. Shen M, Liu Q, Jiang Y, Nie S, Zhang Y, Xie J, Wang S, Zhu F, Xie M. (2015). Influences of Operating Parameters on the Formation of Furan During Heating Based on Models of Polyunsaturated Fatty Acids. *Journal of Food Science*, 80(6):T1432–7.
26. Shmueli H, Domniz N, Yahav J. (2016). Non-pharmacological treatment of *Helicobacter pylori*. *World Journal of Gastrointestinal Pharmacology and Therapeutics*, 7:171–8.
27. Sivam GP. (2001). Protection against *Helicobacter pylori* and other bacterial infections by garlic. *Journal of Nutrition*, 131:1106S–8S.
28. Tattelman E. (2005). Health effects of garlic. *American Family Physician*, 72:103–6.
29. Vargo RJ, Warner BM, Potluri A, Prasad JL. (2017). Garlic burn of the oral mucosa: A case report and review of self-treatment chemical burns. *Journal of the American Dental Association*, pii: S0002-8177(17)30205 2.
30. Varshney R, Budoff MJ. (2016). Garlic and Heart Disease. *Journal of Nutrition*, 146:416S–421S.
31. Zhao C, Shichi H. (1998). Prevention of acetaminophen-induced cataract by a combination of diallyl disulfide and N-acetylcysteine. *Journal of Ocular Pharmacology and Therapeutics*.14:345–55.

Marta Kot, dr nauk medycznych. Asystent w Zakładzie Farmakokinetyki i Metabolizmu Leków. Instytut Farmakologii Polskiej Akademii Nauk.
E-mail: kot@if-pan.krakow.pl

BIĄŁKO ADHEZYJNE ZESPOŁU DOWNA (DSCAM)

Katarzyna Stachowicz (Kraków)

Streszczenie

Białko adhezyjne zespołu Downa (DSCAM) należy do jednego z największych białek nadrodziny immunoglobulinowej (z ang. IgSF). Adhezyny są białkami błonowymi. Ich zaangażowanie w interakcje komórka-komórka oraz komórka-przestrzeń pozakomórkowa została udokumentowana. Nadekspresję DSCAMu znaleziono u osób z trisomią 21, znaną jako Zespół Downa. Obecnie naukowcy próbują zrozumieć rolę DSCAMu w komunikacji komórkowej na podstawie badań, zarówno u *Drosophila melanogaster*, *Mus musculus* jak i rolę DSCAMu w plastyczności synaptycznej.

Abstract

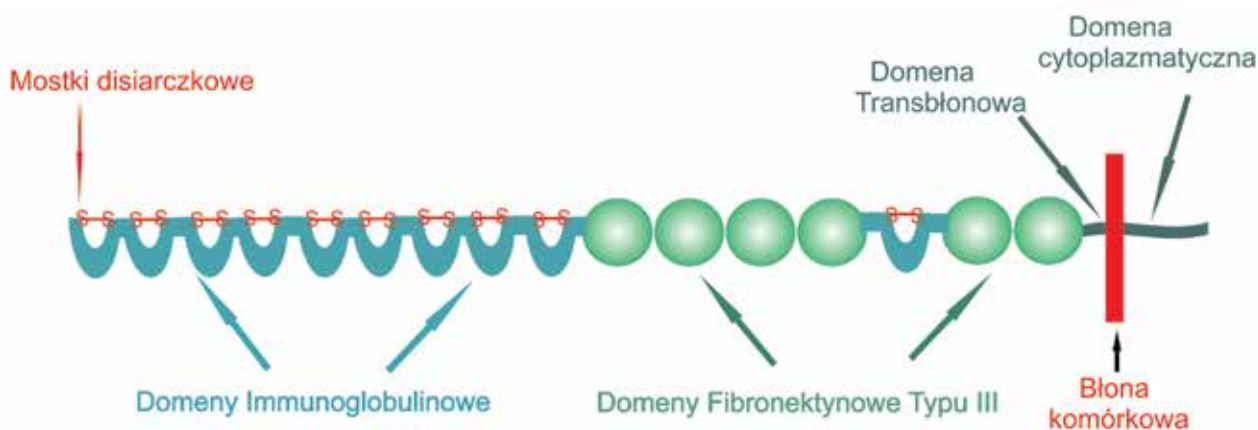
Down's syndrome cell adhesion molecule (DSCAM) is one of the biggest immunoglobulin superfamily protein (IgSF). Cell Adhesion Molecules are cell surface proteins. Their involvement in the cell-cell and cell-extracellular matrix interactions was documented. DSCAM overexpression was found in 21 trisomics, known as Down Syndrome persons. Actually, researchers are trying to understand the role of DSCAM in cell communication based on research both in *Drosophila melanogaster*, *Mus musculus* and its role in synaptic plasticity.

Down Syndrome Cell Adhesion Molecule – białko adhezyjne Zespołu Downa (w skrócie: DSCAM) zostało odkryte w latach dziewięćdziesiątych dwudziestego wieku przez amerykańskich naukowców [18]. Sklasyfikowano go jako białko adhezyjne (Cell Adhesion Molecules – CAMs), należące do nadrodziny białek immunoglobulinowych, zwanych również białkami immunoglobulinopodobnymi lub z ang. *Immunoglobulin Superfamily* (IgSF). Immunoglobuliny, podobnie jak kadheryny, selektyny i integryny, zali-

cza się do adhezyn, białek błonowych umożliwiających przyleganie komórek do siebie lub do substancji międzykomórkowej. Białka te wytyczają kierunek ruchu komórek w środowisku zewnątrzkomórkowym, a poprzez funkcje przylegania komórkowego, wpływają na efektywność kontaktu i sygnalizację komórkową. Ich główną rolą jest udział w powstawaniu reakcji odpornościowej, m.in. poprzez regulację przylegania leukocytów do śródbłonna [17, 19]. Do nadrodziny immunoglobulin zalicza się szereg

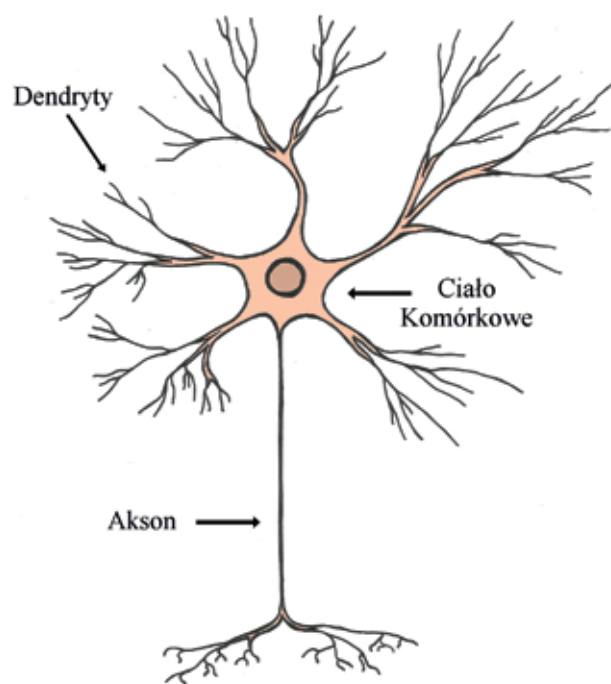
białek, jak na przykład NCAM (ang. *Neural Cell Adhesion Molecule*) – neuronalne białko adhezyjne, ICAM (ang. *Intracellular Adhesion Molecule*) – znane jako CD54, VCAM-1 (ang. *Vascular Cell Adhesion Protein 1*), PECAM-1 (ang. *Platelet Endothelial Cell Adhesion Molecule*) – znane jako czynnik CD31. Nadrodzina białek immunoglobulinowych charakteryzuje się podobną budową. Ich wspólną cechą jest występowanie splotu immunoglobulinowego, zwanego inaczej łańdżem immunoglobulinowym czy domeną immunoglobulinową. [19].

połączonych mostkami disiarczkowymi [17]. U zdrowego człowieka w mózgu wysoka ekspresja DSCAMu występuje w okresie kształtowania się mózgu i jego dojrzewania. W mózgu dorosłego człowieka poziom DSCAMu jest niski, ale obecny w rejonach o zwiększonej plastyczności synaptycznej, takich jak hipokamp, kora mózgowa czy mózdzek [18]. U osób z zespołem Downa poziom DSCAMu nie obniża się po okresie kształtowania mózgu i pozostaje wysoki przez całe życie. Pozakomórkowy fragment DSCAMu stanowi receptor dla protein takich jak netrin-1,



Ryc. 1. Schemat budowy białka DSCAM.

DSCAM jest białkiem konserwatywnym, posiada w ponad dwudziestu procentach identyczną sekwencję aminokwasów u poszczególnych gatunków bytujących na ziemi. Gen dla DSCAMu zlokalizowany jest na ludzkim chromosomie 21, ściśle związanym z trisomią, której występowanie manifestuje się jako zespół Downa [18, 19]. DSCAM jest białkiem transbłonowym [8] i jednym z największych przedstawicieli nadrodziny białek immunoglobulinowych, jego masa to 220kDa. Zbudowany jest z 10 części immunoglobulinowych (tzw. domen) oraz z 6 domen fibronektyny typu III [17]. Dziewięć domen immunoglobulinowych stanowi pozakomórkowy koniec (N-terminal), sześć domen fibronektynowych przedziela jedna domena immunoglobulinowa, pomiędzy czwartą i piątą fibronektyną (Ryc. 1). Budowa taka odróżnia DSCAM od innych białek immunoglobulinowych [8]. Fibronektyna jest składnikiem macierzy pozakomórkowej, pełni funkcję zarówno strukturalną, jak i regulacyjną. Fibronektyna bierze udział w wielu procesach komórkowych, m. in. w przyleganiu do siebie komórek (adhezji), przemieszczaniu się komórek (migracji), tworzeniu naczyń (angiogenezie), jak również w procesach naprawczych. Ze względu na budowę wyróżniamy trzy typy fibronektyn: typ I, II oraz III. [13]. Typ III fibronektyny, budującej białko DSCAM, składa się z około 90 aminokwasów



Ryc. 2. Budowa komórki nerwowej (neuronu).

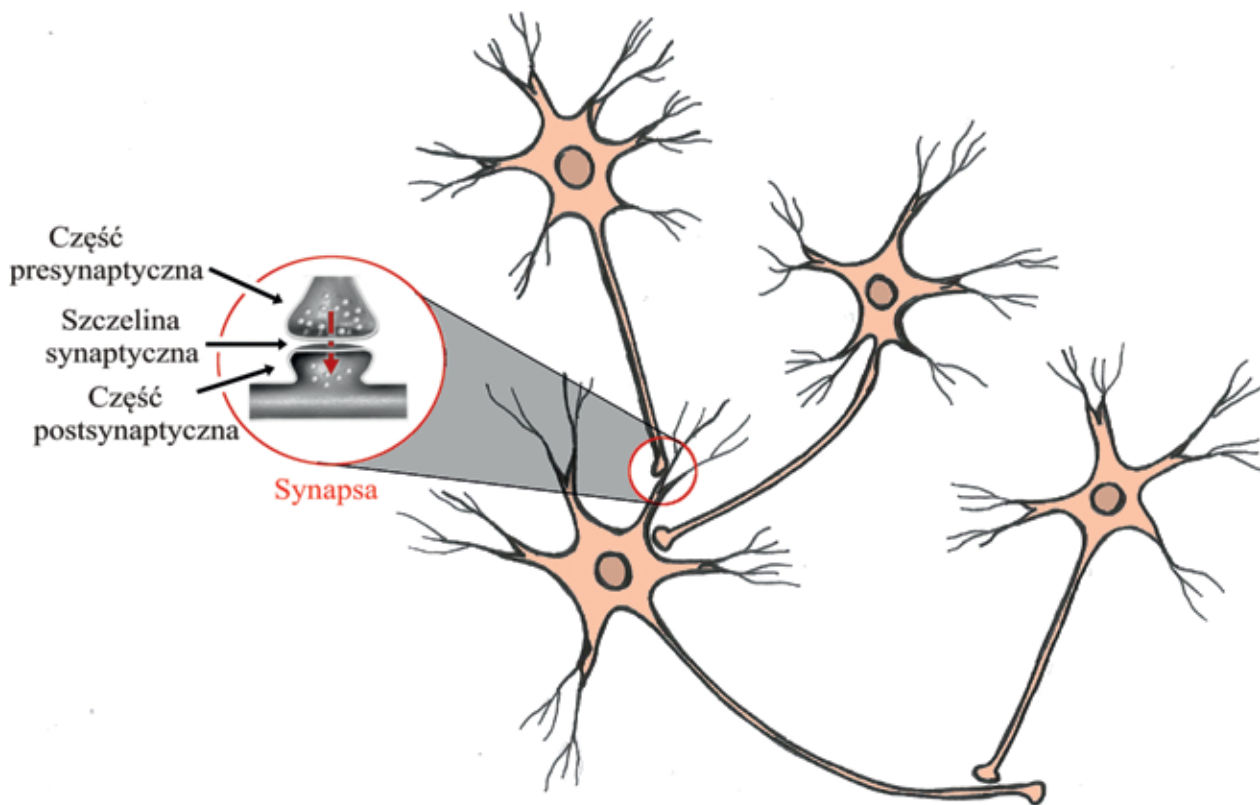
a więc białek uczestniczących w rozwoju układu nerwowego, oraz nakierowywaniu aksonów, jak również w karcenogenezie [8]. Cytoplazmatyczny koniec DSCAMu składa się z 300–400 aminokwasów i zawiera reszty tyrozynowe, prawdopodobnie służące

do przyłączania grup SH2 takich białek jak Dock czy PDZ, a więc białek zaangażowanych w przekazywanie wewnątrzkomórkowych sygnałów [8].

DSCAM, jako przedstawiciel białek immunoglobulinowych, a równocześnie adhezyna, zwrócił uwagę naukowców ze względu na fakt, iż odgrywa ważną rolę w rozwoju neuronalnym, komunikacji neuronalnej oraz plastyczności synaptycznej [17]. Plastyczność synaptyczna, proces badany na całym świecie w celu poznania mechanizmów uczenia się i zapamiętywania, polega na modyfikacji morfologicznej oraz funkcjonalnej w obrębie synapsy, a więc w miej-

międzykomórkowej w obrębie synapsy. Synapsa składa się z części presynaptycznej, szczeliny synaptycznej oraz części postsynaptycznej (Ryc. 3).

Zjawisko plastyczności synaptycznej jest skomplikowanym procesem badanym wciąż przez naukowców, który w skrócie można opisać jako zmiany liczby synaps, zmiany obszarów aktywnych w synapsach, powstawanie nowych kolców dendrytycznych lub zanikanie nieużywanych. Kolce dendrytyczne są wypustkami dendrytów, ich zadaniem jest odbieranie sygnałów z innych neuronów poprzez zlokalizowane tam synapsy [19]. Zjawisko plastyczności opisywane



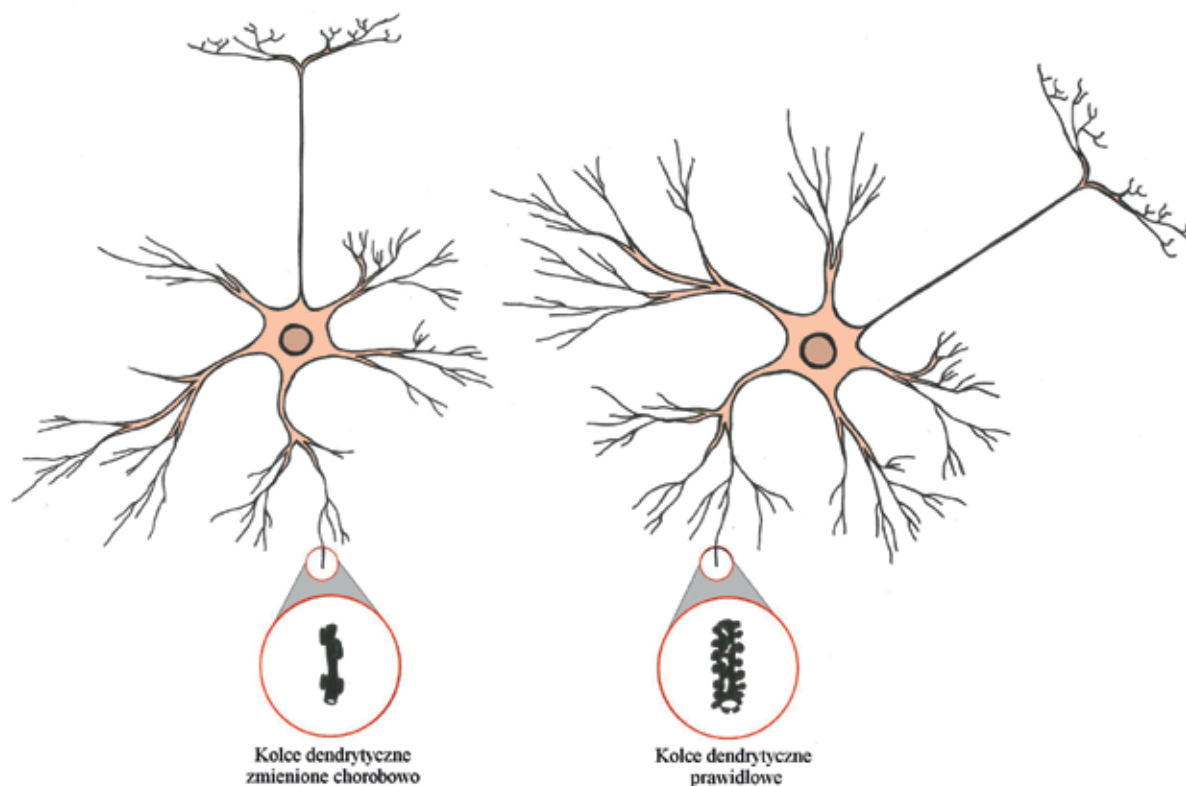
Ryc. 3. Przykładowy schemat budowy synapsy.

scu, gdzie neuron dochodzi do komórki odbiorczej, najczęściej drugiego neuronu lub komórki mięśniowej. Każda komórka nerwowa zbudowana jest z ciała komórkowego oraz wypustek. Wypustki neuronalne przewodzące bodźce do ciała komórki, tzw. dendryty, są na ogół krótkie i jest ich kilka, natomiast długa pojedyncza wypustka, przewodząca bodziec z neuronu do następnej komórki, zwany jest aksonem (Ryc. 2). Na zakończeniach aksonów uwalniana jest substancja chemiczna, neuroprzebieżnik, który pobudza lub hamuje komórkę odbiorczą. Neuroprzebieżniki są uwalniane albo wprost do przestrzeni międzykomórkowej w zakończeniach niesynaptycznych (jest to zjawisko nazywane w piśmiennictwie angielskim „Volume transmission”) albo do szczeliny

jest przez niektórych autorów jako zwiększenie lub osłabienie siły oddziaływań w obrębie synapsy. Jest to możliwe m.in. poprzez zmianę gęstości receptorów w obrębie synapsy, zmianę kształtu synapsy oraz modulację ilości uwalnianego neuroprzebieżnika. Jednym z podstawowych odkryć w dziedzinie plastyczności synaptycznej były wyniki badań Erica Kandela, za które otrzymał w 2000 roku nagrodę Nobla w dziedzinie „Fizjologii i Medycyny”. Przeprowadził on szereg eksperymentów na ślimaku morskim: (*Aplysia californica*) i odkrył mechanizm wzmacniania i osłabiania procesu uczenia się. Dzięki badaniom Kandela wiemy dziś, iż pamięć krótkotrwała wymaga rearanżacji i zmian w istniejących białkach, zaś pamięć długotrwała, wiąże się z syntezą nowych

białek. Dzięki badaniom na ślimaku morskim odkryto zjawisko *habitacji*, które można opisać jako „przyzwyczajenie się do bodźca”, co prowadzi do słabszej odpowiedzi na ten sam bodziec. Procesem przeciwnym do habituacji jest zjawisko sensytyzacji. *Sensytyzacja*, czyli „uwrażliwienie” na bodziec, prowadzi do zwiększenia transmisji synaptycznej, a więc nasilenia przekazywania sygnału. Zmianie tej towarzyszy tworzenie nowych białek oraz synaps [4, 11, 20]. Ale co wspólnego z pamięcią i uczeniem się ma białko DSCAM? Aby doszło do procesu zapamiętywania, impuls nerwowy musi zostać przekazany w odpowiednim miejscu, w odpowiednim czasie i z odpowiednią siłą. W 2009 roku naukowcy z zespołu Erica

naukowców do badań. Jej popularność wynika z krótkiego cyklu rozwojowego, trwającego kilka tygodni, co umożliwia szybkie śledzenie badanych zmian. Ponadto posiada tylko 4 pary chromosomów. Dla porównania mysz domowa (*Mus musculus*) posiada ich 20, zaś człowiek 23 pary. Odkryto, iż DSCAM (u muszki owocowej nomenklatura: Dscam), jako adhezyjna, bierze udział w procesie komunikacji pomiędzy komórkami poprzez tworzenie homo- lub heterodimerów. W nomenklaturze biologicznej dimer znaczy „złożony z dwóch części”, np. dwóch białek, przy czym homodimery złożone są z dwóch takich samych, zaś heterodimery z dwóch różnych białek. Bardzo ciekawą cechą Dscam-u jest zdolność do al-



Ryc. 4. Schematyczna budowa kolców dendrytycznych: prawidłowych oraz zniekształconych.

Kandela odkryli, że właśnie za te procesy, a więc za przekazywanie sygnału pomiędzy synapsami, stabilizację presynaptycznego elementu synapsy na postsynaptycznej części, precyzyjną koincydencję czasową przekazywania sygnału oraz stabilizację istotnych w procesie plastyczności synaptycznej receptorów na postsynaptycznej części synapsy odpowiada w dużej mierze białko – DSCAM [10].

DSCAM u muszki owocowej (*Drosophila melanogaster*)

Muszka owocowa (*Drosophila melanogaster*) jest organizmem bardzo często wykorzystywanym przez

ternatywnego składania molekularnego (alternative splicing) [17]. Co to oznacza? To tak, jakbyśmy z tych samych klocków zbudowali różne budowle. Dscam może ich tworzyć ponad 18000, w formie różnych homodimerów. Oznacza to niesłychaną różnorodność połączeń międzykomórkowych, czyli te same klocki złożone inaczej będą pasowały do wielu budowli. Mechanizm alternatywnego składania Dscam-u jest skomplikowanym procesem, chętnych do zgłębienia mechanizmu odsyłam do publikacji Schmucker i Chen 2009 [17]. Dscam występuje głównie w komórkach nerwowych, a zwłaszcza w ich aksonach i dendrytach. W badaniach na muszce owocowej wykazano, iż jego brak w okresie rozwojowym

powoduje silną reorganizację układu nerwowego, prowadząc do upośledzenia jego funkcji. Prawidłowo funkcjonujący Dscam blokuje możliwość „zlepiania” dendrytów poprzez „odpychanie” wypustek tej samej komórki nerwowej [17]. Mechanizm „odpychania” jest nadal badany, ale naukowcy zaobserwowali, iż w momencie rozpoznania „siostrzanych” dendrytów dochodzi do molekularnych zmian przy udziale domeny cytoplazmatycznej Dscam-u [6, 8]. Uczestniczy w tworzeniu połączeń pomiędzy komórkami nerwowymi pełniącymi taką samą funkcję, przez co ma wpływ na tworzenie sieci neuronalnych [6, 17]. Kolejno badając funkcje Dscamu odkryto, iż Dscam uczestniczy w prawidłowym rozwoju narządu wzroku w okresie embriogenezy u muszki owocowej. Dscam odpowiada za prawidłowe ułożenie warstw siatkówki oka muchy [14, 17, 19]. W mechanizmie tym główną rolę odgrywa jego zdolność do odpychania wypustek tego samego neuronu [17].

Mysie modele Zespołu Downa

Ze względu na dostępność materiału biologicznego, a równocześnie wysoką organizację funkcjonalną i czynnościową, do badań wykorzystuje się często modele mysie. Modelując Zespół Downa, naukowcy uzyskali szczep myszy „przypominający” badaną jednostkę chorobową [12]. Równocześnie okazało się, iż chromosomem odpowiedzialnym za cechy podobne do obserwowanych w Zespole Downa u myszy jest chromosom 16. Badania koncentrują się głównie na hipokampie, strukturze związanej z procesami pamięciowymi, uczeniem się, konsolidacją – a więc zapisywaniem „informacji chwilowej” w formie pamięci długotrwałej. Hipokamp pełni również ważną rolę w procesie formowania pamięci przestrzennej. Wykazano wysoką ekspresję DSCAM-u w hipokampie myszy [2]. W badaniach na mysim modelu Zespołu Downa stwierdzono, obok zwiększonej ekspresji DSCAM-u, równocześnie zmiany w budowie komórek nerwowych, a ściślej ich wypustek i synaps. Szczególną uwagę zwrócono na zmniejszoną liczbę rozgałęzień drzewek dendrytycznych i zmniejszoną gęstość kolców dendrytycznych, jest ich mniej oraz są nadmiernie grube [3]. Dla porównania różnic przedstawiono rycinę 4.

Co oznaczają te zmiany i na ile są ważne? Teoria plastyczności synaptycznej pomaga nam wyjaśniać proces powstawania pamięci lub jej zaburzenia poprzez powstawanie m. in. zmian morfologicznych na często „uczęszczanych” szlakach neuronalnych. Zaobserwowano, iż poprawie funkcji poznawczych często towarzyszy zwiększona neurogeneza, wzrost

drzewek dendrytycznych m. in. w hipokampie i korze mózgowej oraz zwiększenie liczby kolców dendrytycznych [15, 16]. Ponadto zmiana siły oddziaływań w obrębie synapsy może zachodzić w procesie przesuwania synaps na trzon dendrytów czy powstawania kolców wielosynaptycznych [15].

DSCAM w zespole Downa i chorobie Alzheimerera

Zwiększony poziom białka DSCAM jest cechą charakterystyczną dla Zespołu Downa. Jak wiadomo, zespół Downa charakteryzuje się obecnością dodatkowego chromosomu 21 (tzw. trisomia), i jest zespołem wad wrodzonych z niepełnosprawnością intelektualną. Chromosom 21 jest również związany z rodzinną formą choroby Alzheimerera (z ang. Alzheimer disease AD) [5], charakteryzującą się demencją i zaburzeniami poznawczymi. Stosując mysy model choroby Alzheimerera zauważono, iż wraz z postępującym starzeniem się u myszy, wzrasta ilość białka prekursorowego amyloidu oraz złogów amyloidowych (co jest charakterystyczne dla AD) towarzyszy zwiększony poziom białka DSCAM w korze mózgowej. Porównania dokonano w stosunku do myszy kontrolnych w tym samym wieku [12]. Kora mózgowa jest centrum sensoryczno-motorycznym i odpowiada również za sprawność intelektualną. Choroba Alzheimerera charakteryzuje się postępującą demencją, zaburzeniami płynności mowy, utratą pamięci długotrwałej. Choroba ta finalnie prowadzi do śmierci oraz rodzi wiele cierpień, nie tylko chorych, ale i ich rodzin, stąd w instytutach badawczych na świecie prowadzone są szeroko zakrojone badania, mające na celu zrozumienie mechanizmu choroby w celu skutecznego jej leczenia. Każde nowe odkrycie naprowadza naukowców na nowe ścieżki i rodzi nową nadzieję. Dlatego tak interesujące wydają się badania białka DSCAM u pacjentów z zespołem Downa, u których, obok upośledzenia intelektualnego, wraz z wiekiem rozwija się choroba Alzheimerera. Naukowcy doszli do paradoksalnych wniosków, iż DSCAM jako białko biorące udział w synaptogenezie może pełnić rolę ochronną w mózgu pacjentów z Zespołem Downa w trakcie rozwoju choroby Alzheimerera [7]. Hipotezę tę postawili na podstawie obserwacji zwiększonego metabolizmu w rejonach mózgu zagrożonych degeneracją oraz współwystępowania białka DSCAM z blaszkami amyloidowymi w mózgu w czasie rozwoju choroby Alzheimerera. Hipoteza ta wymaga jednak dalszych badań w celu weryfikacji. Aktualny sposób leczenia osób z zespołem Downa opiera się m.in. na związkach modulujących główne ścieżki neurotransmisyjne związane ze zmianami poznawczymi,

kognitywnymi oraz wpływaniu na poprawę codziennej samodzielności chorych. Pośród stosowanych związków należy wymienić Donepezil (modulacja neurotransmisji cholinergiczej), związek RG-1662 (modulacja neurotransmisji GABA-ergiczej) czy Memantyna (modulacja neurotransmisji Glutaminianergiczej) [9]. Ze względu na fakt, iż stosowana terapia często nie przynosi spodziewanych efektów lub są one niezadowalające, ważne jest poszukiwanie nowych terapii. Aby było to możliwe, trzeba znać mechanizmy prowadzące do powstania schorzenia lub będące wynikiem choroby. Na dzień dzisiejszy badania nad DSCAMem koncentrują się głównie na

zrozumieniu jego udziału w zespole Downa lub rozwoju choroby Alzheimerera, poprzez poznanie ścieżek sygnałowych, w których to białko jest zaangażowane. Aktualne dane wskazują na udział neurotransmisji glutaminianergiczej w regulacji DSCAMu – poprzez receptory NMDA – a więc receptory ściśle związane z funkcją synapsy glutaminianergiczej [1]. Wstępne badania naszego laboratorium wskazują również na udział receptorów metabotropowych glutaminianergiczych w regulacji DSCAMu. Glutaminian jest głównym neurotransmiterem pobudzającym mózgu ssaków, więc jego rola w procesach plastycznych nie dziwi.

Bibliografia

1. Alves-Sampaio, A., Troca-Marín, J.A., Montesinos, M.L. (2010). NMDA-mediated regulation of DSCAM dendritic local translation is lost in a mouse model of Down's syndrome. *J Neurosci.* 30:13537–13548.
 2. Barlow, G.M., Micales, B., Lyons, G.E., Korenberg, J.R. (2001). Down syndrome cell adhesion molecule is conserved in mouse and highly expressed in the adult mouse brain. *Cytogenet Cell Genet.* 94:155–162.
 3. Belichenko, P.V., Masliah, E., Kleschevnikov, A.M., Villar, A.J., Epstein, C.J. i wsp., (2004). Synaptic structural abnormalities in the Ts65Dn mouse model of Down Syndrome. *J Comp Neurol.* 480: 281–298.
 4. Cevik, M.Ö. (2014). Habituation, sensitization, and Pavlovian conditioning. *Front Integr Neurosci.* 8, 13:1–6.
 5. St George-Hyslop, P.H., Tanzi, R.E., Polinsky, R.J., Haines, J.L., Nee, L., i wsp., (1987). The genetic defect causing familial Alzheimer's disease maps on chromosome 21. *Science* 235, 4791:,885–890.
 6. Hattori, D., Millard, S.S., Wojtowicz, W.M., Zipursky, S.L. (2008). Dscam-mediated cell recognition regulates neural circuit formation. *Annu Rev Cell Dev Biol.* 24: 597–620.
 7. Head, E., Lott, I.T., Patterson, D., Doran, E., and Haier, R.J. (2007). Possible Compensatory Events in Adult Down Syndrome Brain Prior to the Development of Alzheimer Disease Neuropathology: Targets for Nonpharmacological Intervention. *Journal of Alzheimer's Disease* 11:61–76.
 8. Hortsch, M., Umemori H. (Edytorzy) (2009). *The Sticky Synapse: Cell Adhesion Molecules and Their Role in Synapse Formation and Maintenance.* Springer, 2009.
 9. Keeling, L.A., Spiridigliozzi, G.A., Hart, S.J., Baker, J.A., Jones, H.N., i wsp., (2017). Challenges in measuring the effects of pharmacological interventions on cognitive and adaptive functioning in individuals with Down syndrome: A systematic review. *Am J Med Genet A.* 173:3058–3066.
 10. Li, H.L., Huang, B.S., Vishwasrao, H., Sutedja, N., Chen, W., i wsp., (2009). Dscam Mediates Trans-Synaptic Interactions for Remodeling of Glutamate Receptors in *Aplysia* During De Novo and Learning-Related Synapse Formation. *Neuron* 61:527–40.
 11. Liu, W., Ge, T., Leng, Y., Pan, Z., Fan, J., Yang, W., i wsp., (2017). The Role of Neural Plasticity in Depression: From Hippocampus to Prefrontal Cortex. *Neuron* 61: 527–540.
 12. Jia, Y.L., Jing, L.J., Li, J.Y., Lu, J.J., Han, R., i wsp., (2011). Expression and significance of DSCAM in the cerebral cortex of APP transgenic mice. *Neurosci Lett.* 491: 153–157.
 13. Krzyżanowska-Gołąb, D., Lemańska-Perek, A., Kątnik-Prastowska, I. (2007). Fibronektyna jako aktywny składnik macierzy pozakomórkowej. *Postepy Hig Med Dosw. (online)*, 61: 655–663.
 14. Millard, S.S., Flanagan, J.J., Pappu, K.S., Wu, W., Zipursky, S.L. (2007). Dscam2 mediates axonal tiling in the *Drosophila* visual system. *Nature.* 447: 720–724.
 15. Kossut, M. (2007). Synaptogeneza w uczeniu i pamięci. Skrypt pod red. Przewłocka, B., *Pamięć: Od neuron do kliniki.* XXIV Zimowa Szkoła Instytutu Farmakologii PAN, Kraków 2007.
-

16. Kiryk, A., Jahołkowski, P., Jedynek, P., Filipkowski R.K. (2007). W poszukiwaniu związku między neurogenezą dorosłych a uczeniem się. Skrypt pod red. Przewłocka, B., Pamięć: Od neuron do kliniki. XXIV Zimowa Szkoła Instytutu Farmakologii PAN, Kraków 2007.
17. Schmucker, D., and Chen, B. (2009). Dscam and DSCAM: complex genes in simple animals, complex animals yet simple genes. *Genes & Development* 23: 147–156.
18. Yamakawa, K., Huot, Y.K., Haendelt, M.A., Hubert, R., Chen, X.N., i wsp., (1998). DSCAM: a novel member of the immunoglobulin superfamily maps in a Down syndrome region and is involved in the development of the nervous system. *Hum Mol Genet.* 7:227–37.

Źródła internetowe:

19. [19] <https://pl.wikipedia.org>
20. [20] www.biotechnologia.pl

Katarzyna Stachowicz. Instytut Farmakologii, Polska Akademia Nauk, Kraków. E-mail: stachow@if-pan.krakow.pl

OBSERWACJA NIETYPOWO UBARWIONEGO SAMCA TRASZKI GRZEBIENIASTEJ *TRITURUS CRISTATUS*

Ubarwienie płazów warunkowane jest rozwojem i funkcjonowaniem kilku typów komórek barwnikowych, m.in. zawierających karotenoidy ksantoforów, melanoforów zawierających barwnik czarny, znaj-

dujących się pod melanoforami komórek zawierających barwnik biały, czy guanoforów zawierających srebrną guaninę. Procesy rozwojowe powodują występowanie tych komórek w odpowiednim układzie



Ryc. 1. Typowo ubarwiony samiec traszki grzebieniastej (fot. Bogusław Sępiół, 2012.05.04).

i liczebności warunkującej typowe zakresy barw i plamistości dla poszczególnych gatunków. Zakłócenia w ich rozwoju i funkcjonowaniu powodują u płą-



Ryc. 2. Boczna strona ciała samca traszki grzebieniastej o nietypowym ubarwieniu (fot. Maciej Bonk, 2017.03.25).



Ryc. 3. Brzuszna strona ciała samca traszki grzebieniastej o nietypowym ubarwieniu (fot. Maciej Bonk, 2017.03.25).

zów występowanie zjawiska albinizmu lub leucyzmu. W przypadku traszki grzebieniastej *Triturus cristatus* typowe ubarwienie jest ciemne, zwykle ciemnobrązowe, z prawie czarnymi kropkami na grzbietowej stronie ciała (Ryc. 1). Ubarwienie spodniej strony ciała jest kombinacją czarnych i żółtych (lub pomarańczowych) plam. Ponadto u samców w okresie godów na ogonie uwidacznia się perłowa smuga. Pomimo istnienia w populacjach traszki grzebieniastej pewnej zmienności, osobniki charakteryzujące się anomaliami w ubarwieniu spotyka się rzadko.

Niniejsza notatka opisuje stwierdzenie traszki grzebieniastej o nietypowym ubarwieniu. Złowiony 25 marca 2017 r. w miejscowości Ciecierze koło Chmielnika (woj. świętokrzyskie) dorosły samiec traszki grzebieniastej miał boki ciała w większości barwy żółtej i cielistej (Ryc. 2). Spód ciała wykazywał obecność cielistych plam (Ryc. 3), przy czym poza nimi występowały typowe dla gatunku czarne plamy. Smuga ogonowa pozbawiona była perłowego połysku. Osobnika tego można uznać za przykład

leucyzmu częściowego ze względu na występowanie typowych czarnych plam na brzuchu. Ponadto grzebień w przeważającej części był czarno-brązowy,



Ryc. 4. Nietypowo ubarwiony samiec traszki grzebieniastej w naturalnym środowisku (fot. Maciej Bonk, 2017.03.25).

z niewielkim udziałem pomarańczowych rozjaśnień. Czarny barwnik dominował też na głowie i pojawiał się na kończynach. Nie obserwowano deformacji ciała osobnika, które mogłyby wskazywać na szerszy zakres wad rozwojowych. Jasne ubarwienie sprawiało, że traszka ta była łatwa do wypatrzenia w zbiorniku (Ryc. 4). Pozostałe osobniki obserwowane w zbiorniku były ubarwione typowo.

Zjawiska leucyzmu i albinizmu u traszki grzebieniastej są rzadko notowane, stąd warto dokumentować tego typu przypadki.

Nietypowo ubarwione traszki grzebieniaste mogą być przyczyną fałszywych stwierdzeń salamandry plamistej *Salamandra salamandra*, poza jej znanym i dobrze udokumentowanym zasięgiem, gdyż osobom mało doświadczonym żółte plamy na ciele płaza ogoniastego mogą się kojarzyć właśnie z salamandrami.

Maciej Bonk
Instytut Ochrony Przyrody
Polskiej Akademii Nauk, Kraków
bonk.maciej@gmail.com,
Rafał Bobrek, Wadowice

MAZURSKIE ERATYKI

Obszar Mazur usiany jest głazami narzutowymi – eratykami. To jedna z pamiątek po ostatnim zlodowaceniu. Głazy zbudowane są najczęściej z granitów lub granitognejsów (Ryc. 1). Mają różne rozmiary, od ma-



Ryc. 1. Struktura głazu narzutowego. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 2. Fragment głazowiska w Wojnowie. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 3. Fragment kopalni żwirowej w Kiersztanowie. Fot. M. Olszowska.

łych kamieni po duże głazy (w obwodzie około 10 m i więcej). Są wszędzie: na polach uprawnych, w lasach, w rzekach i w jeziorach. Spotykamy też głazowiska, czyli duże skupiska głazów w utworach morenowych. Niektóre mają status rezerwatu przyrody, jak głazowisko w Wojnowie (Ryc. 2) czy na Fuledzkim Rogu nad jeziorem Dobskim. To drugie głazowisko dało początek obecnemu rezerwatowi przyrody Jezioro Dobskie.



Ryc. 4. Pomnik przyrody nad Śniardwami. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 5. Skamieniałe szczątki koralowców. Fot. M. Olszowska.

Dawniej eratyki wykorzystywano w budownictwie. Jeszcze obecnie funkcjonują nieliczne kopalnie wydobywające ten polodowcowy materiał (Ryc. 3). Duże głazy narzutowe, wśród pruskich plemion nazywane „świętymi kamieniami”, były w przeszłości miejscami kultu i służyły jako ołtarze ofiarne. Jeden

z ołtarzy plemienia Galindów leży nad Śniardwami na półwyspie Kusnort. Głaz ma wysokość około 2 m i obwód ponad 12 m (Ryc. 4). Posiada dwie „misy ofiarne”. Jest pomnikiem przyrody. Kamienie różnych gabarytów, występujące w wodach szlaku Wielkich Jezior Mazurskich i w szlaku kajakowym rzeki Krutyni, są niebezpieczne dla żeglarzy i kajakarzy. Wymagają od nich ostrożności, a także znajomości map ich rozmieszczenia i oznakowań na szlaku. Oryginalne duże głazy o ciekawej strukturze

stanowią nierzadko ozdobę osiedli. Wśród kamieni znaleźć można skamieniałe szczątki sprzed tysięcy lat, stanowiące portrety dawnych organizmów (Ryc. 5). Dla łowców przygód i ciekawych świata odkrywców eratyki stanowią przyrodnicze zagadki czekające na rozwiązanie.

Maria Olszowska,
marjolsz@interia.pl

CIEKAWSZE GATUNKI GRZYBÓW Z OKOLIC DĘBICY NA PODKARPACIU

Przełom lata i jesieni 2017 roku to masowe wręcz wysypy grzybów jadalnych, ale równocześnie też niejadalnych i trujących.

Okolice Dębicy to lasy liściaste w postaci żywej buczyny karpackiej z fragmentami grądów subkontynentalnych, uzupełnione łągami w wilgotnych miejscach. Lasy te ze względu na wartość przyrodni-

czą, jaką stanowią, zostały objęte ochroną w ramach Obszaru Natura 2000 „Las nad Braciejową”, gdzie stwierdzono również kilka gatunków owadów z załącznika II Dyrektywy Siedliskowej.

Chciałbym zwrócić uwagę na kilka gatunków odnalezionych w tych lasach podczas tegorocznego grzybobrania.



Ryc. 1. Szyszkowiec luskowaty – *Strobilomyces strobilaceus* (Scop.) Berk. Fot. A. Trzeciak.



Ryc. 2. Mądziak psi – *Mutinus caninus* (Huds.) Fr. Fot. A. Trzeciak.

Szyszkowiec łuskowaty – *Strobilomyces strobilaceus* (Scop.) Berk. Owocniki 5–15 cm średnicy, szarobrazowe do czarnobrazowego, gęsto pokryte białoszarymi, brodawkowatymi łuskami, które na starość ciemnieją (Ryc. 1). Owocniki wyrastają łatem, zwykle pojedynczo. W sierpniu bieżącego roku odnaleziono kilka egzemplarzy tego grzyba w około 130-letniej buczynie z bogatą warstwą runa i podsztytu. W Polsce gatunek grzyba rzadko spotykany, objęty częściową ochroną prawną (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej grzybów).

Mądziak psi – *Mutinus caninus* (Huds.) Fr. Młode owocniki w formie jaja, częściowo zagłębione w glebie. Dojrzałe w postaci białawego do różowe-



Ryc. 3. Czernidłak pstry – *Coprinopsis picacea* (Bull). Fot. A. Trzeciak.

go trzonka o długości około 9–17 cm, zakończonego główką z ciemnooliwkową masą zarodnikową (Ryc. 2). Ten nieczęsty w naszych lasach grzyb o nieprzyjemnym zapachu, odnaleziony został również w sierpniu na skraju około 60-letniej buczyny w ilości trzech egzemplarzy.

Czernidłak pstry – *Coprinopsis picacea* (Bull.). Kapelusz owalny do dzwonkowatego, do 9 cm wysokości i 6 cm średnicy, początkowo o jednolicie jasnej

powierzchni, z czasem rozrywającej się w białe cętki odstające od czarnego podłoża (Ryc. 3). Zazwyczaj pojedynczo spotykany grzyb, wyrastający na ściółce leśnej. We wrześniu odnaleziono jeden egzemplarz w około 100-letniej buczynie z domieszką modrzewia europejskiego. Gatunek grzyba umieszczonego na Czerwonej Liście Grzybów ze statusem – narażony.

Purchawka jeżowata – *Lycoperdon echinatum* Pers. Owocniki o średnicy 1–6 cm, odwrotnie gruszkowate do kulistych, pokryte miękkimi, brązowa-



Ryc. 4. Purchawka jeżowata – *Lycoperdon echinatum* Pers. Fot. A. Trzeciak.



Ryc. 5. Soplówka bukowa – *Hericium clathroides* (Pall.) Pers. Fot. A. Trzeciak.

wymi kolcami lekko zagiętymi na końcu. Po opadnięciu kolców powierzchnia owocnika pokrywa się mozaikową siateczką (Ryc. 4). Owocniki wyrastają pojedynczo lub w małych grupach, od lipca do października, głównie w lasach liściastych. Początkiem października odnaleziono grupę kilku owocników w około 130-letnim drzewostanie liściastym, w wilgotnym zagłębieniu terenu. W skali kraju gatunek rzadko spotykany.



Ryc. 6. Soplówka bukowa – *Hericium clathroides* (Pall.) Pers. Fot. A. Trzeciak.



Ryc. 7. Borowik usiatkowany – *Boletus reticulatus* Schaeff. Fot. A. Trzeciak.

Soplówka bukowa – *Hericium clathroides* (Pall.) Pers. Owocnik nieregularny, kulisty lub wydłużony o szerokości do 40 cm i wysokości do 25 cm. Zbudowany z luźno ułożonych, rozgałęzionych gałązek. Długość kolców dochodzi do 1 cm. Owocniki barwy białawej, z czasem żółknące i ciemniejące (Ryc. 5). Rzadki gatunek grzyba, którego owocniki pojawiają się od lata do jesieni na martwym drewnie liściastym, zwłaszcza buka. Końcem października bieżącego roku odnaleziono skupisko owocników soplówki na spróchniałej kłodzie bukowej w starodrzewiu bukowym (Ryc. 6). Gatunek objęty częściową ochroną prawną (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej grzybów).



Ryc. 8. Borowik żółtobrązowy – *Boletus appendiculatus* Schaeff. Fot. A. Trzeciak.

Borowik usiatkowany – *Boletus reticulatus* Schaeff. Owocniki początkowo półkoliste, potem wypukłe do poduszkowatych. Średnica kapelusza od kilku do 25 cm. Trzon na powierzchni z białawą lub kremową siateczką, która z czasem brązowieje i w większości go pokrywa (Ryc. 7). Gatunek w Polsce spotykany pojedynczo lub w małych grupach, od maja do czerwca, głównie pod bukami. Kilka

egzemplarzy odnaleziono początkiem lipca, na nasłonecznionym zboczu w starodrzewiu bukowym.

Borowik żółtobrazowy – *Boletus appendiculatus* Schaeff. Grzyb o żółtobrazowym do jasnobrazowego owocniku o średnicy 7–20 cm. Trzon złotożółty, uciśnięte miejsca ciemnieją, u podstawy silnie zwężony (Ryc. 8). Gatunek dość rzadki. Owocniki pojawiają się od lata do jesieni, głównie w lasach liściastych, w nasłonecznionych miejscach. Pod koniec sierpnia odnaleziono jeden egzemplarz w tym samym biotopie co poprzedni gatunek. W Polsce borowik żółtobrazowy *Boletus appendiculatus* podgatunek królewski *ssp. regius* podlega ścisłej ochronie prawnej (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r.

w sprawie ochrony gatunkowej grzybów) dodatkowo jest umieszczony na Czerwonej Liście Grzybów ze statusem – narażony.

Na zakończenie apel i zarazem prośba do grzybiarzy, abyśmy zbierali tylko grzyby dobrze znane i rozpoznane, nie niszcząc przy okazji grzybów niejadalnych czy też trujących, głównie w trosce o zdrowie zbieracza, ale też z uwagi na możliwość nieświadomego zniszczenia rzadkiego gatunku grzyba.

Andrzej Trzeciak (Dębica)
e-mail: atrzeciak2@wp.pl

Wszechświat, tom I, 1882, fragmenty

FOSFORESCENCYJA W PAŃSTWIE ROŚLINNEM według p. Ludwika Crie

Świecenie fosforyczne zauważono przynajmniej u 12 roślin jawnokwiatowych i 15 skrytokwiatowych. Od dawna znana jest fosforescencyja kwiatów: *Pyrethrum inodorum*, *Tuberózy* i *Pandanusa*, jak niemniej *Nagietka* (*Calendula*) i *Nasturcy* (*Tropaeolum*), w której widzieliśmy przed kilku laty w lecie podczas burzy światło fosforyczne, wydobywające się z kwiatów.

Kilku botaników wspomina także o świetle zielonkawem *Schistostega osmundacea* Web. et Mohr. Mała ta roślinka z gromady mchów, spotyka się częściej w środkowej i północnej Europie¹⁾, nieznaną długi czas we Francji, była znalezioną przed 10-ciu laty w okolicach Jossolin (Morbihan) przez pana Alfonsa Legał, młodego i gorliwego botanika, zmarłego w roku 1873.

Następnie w Październiku 1876 r., doktor A vice znalazł ten sam mech w Tregarantec blisko Rostrenen (Côtes du Nord). *Schistostega* wyściela tam na dnie ciemnego zagłębienia, małe rozpadliny w granicie. Odbicie światła od przedrostka (prothallium) przedstawia tak silny kontrast z pomroką miejsca, że na pierwszy rzut oka, można uwierzyć w fosforescencyję. Dzieci, które się bawiły często w tem miejscu, znały od pewnego czasu *Schistostegę*, którą nazywały „mchem błyszczącym”. Zjawisko to pochodzi od dosyć dziwnych

¹ W naszym kraju, według wskazówek udzielonych mi taskawie przez prof. Aleksandrowicza *Schistostega osmundacea* znajduje się także, a nawet prof. Aleksandrowicz znajdował tę roślinę w Belwederze, na spadzistych brzegach dróg, w miejscach ciemnych, na gruncie gliniastym. (Przyp, Tlum.)

warunków, a mianowicie, od przedrostka trwałego (protonema), pozostającego ciągle przy roślinie, który odbija od siebie piękny kolor szmaragdowy.

Pod równikiem, w wodach Atlantyku, Meyen znalazł także mały wodorost z grupy *Oscylatoryj*, bezbarwny i świecący.

Świecenie fosforyczne jest szczególniej osobliwe u grzybów. *Agaricus olearius* godny uwagi przez swój kolor piękny żółto-złoty, rośnie w Prowancji w miesiącach Październiku i Listopadzie, u stóp drzew oliwnych, lub na pniach grabów i dębów wieczn zielonych. Pan Tulasne zauważył, że ten grzybek w młodym swoim stanie rozłącza żywe światło i nie traci tej dziwnej własności, dopóki tylko jest świeżym. Siedliskiem fosforescencyi jest najczęściej powierzchnia błonki (hymenium). Wiele grzybów, których blaszki fosforyzują, nie mają wcale tej własności w innych swych częściach; trzonek, albo nóżka bywa także fosforyczną. Grzybek oliwny (*Agaricus olearius*) świeci tylko za życia. Ze śmiercią zjawisko to ustaje. Światło jego jest białe, spokojne, jednostajne, podobne do fosforu rozpuszczonego w oliwie; pojawianie się tego światła zostaje w związku z żywym pochłanianiem tlenu. Grzyb fosforyzujący gaśnie w wodorze, dwutlenku węgla, azocie. Blask światła fosforyzującego grzybka w czystym tlenie błednie, zamiast się powiększać. Poniżej 3° lub 4°C. fosforescencyja znika, a pojawia się znowu gdy temperatura się podnosi, dochodzi zaś swego maximum pomiędzy 8 i 10° C.

Jest jeszcze kilka grzybów znanych, które świecą: *Agaricus igneus*, rosnący na wyspie Amboine; *Agaricus noctilucens*, badany na wyspie Manilla (Filipińskiej *Agaricus Gafdnery*, rosnący w brazylijskiej prowincji Goyaz, na martwych liściach pewnej palmy; *Agaricus lampas* i kilka innych form australskich.

Agaricus Gardneri był znaleziony w Brazylii przez pana Gardnera. Uczony botanik spotkał ten gatunek w ciemną noc grudniową, gdy szedł ulicą miasta Nativite. Dzieci bawiły się jakimś świetlanym przedmiotem, który on zrazu poczytał za owad świecący¹. Po bliższym wszakże zbadaniu, pokazało się, że to jest piękny grzyb, rosnący obficie w sąsiedztwie, na zesłych liściach palmy.

Cała roślina wydaje w nocy światło jasne blade zielone, dosyć podobne do światła owadu zwanego Cucuyo. Ta okoliczność, jak również obecność jego na drzewie palmowym, skłoniły mieszkańców tamtejszych do nadania mu nazwy „*flor de coco*”. Ten sam grzyb rośnie także na wyspie Borneo.

„W noc ciemną, mówi doktor Outhbert Collingwood, widać było wyraźnie grzyby w niewielkiej odległości, świecące blade-zielonym światłem. Tu i ówdzie pojawiały się plamy o blasku silniejszym, były to okazy bardzo młode i bardzo małe. Fosforescencyja nie udzielała się ręce i nie zmniejszała się wcale, przynajmniej przez kilka godzin, pomimo rozdzielania trzonka z kapeluszem. Przypuszczalnie i grzybnia (mycelium) tego grzybka świeci, bo wzruszając ziemię przy szukaniu robaczków świecących, spotykałem plamy świetlne, które nie mogły pochodzić od żadnego innego przedmiotu. Gdy je zbadalem po dniu, okazało się, że pochodziły z małych, pojedynczych cząsteczek grzybni. Pan Hugh Low zapewniał, że widział całą łąkę świecącą, do tego stopnia, że mógł przy tym świetle czytać jadąc na koniu. Zauważył on to zjawisko przed kilkoma laty, jadąc przez wyspę drogą wśród łąk, przyczyną tego była wielka obfitość grzybka.”

Pan Jan Drumond odkrył w Australii zachodniej dwa gatunki grzybów, które w nocy rozsiewają niezmiernie mocne światło. Jeden gatunek był znaleziony na pniu Banksyi, drzewa z rodziny Proteaceae (Owółkowate.) Grzyb położony na dzienniku wydawał światło fosforyczne tak silne, że można było czytać wokoło, zjawisko to powtarzało się kilka nocy z rzędu i słabło w miarę jak roślina obumierała.

Drugi gatunek był obserwowany w kilka lat później. Pan Jan Drumond w jednej ze swych botanicznych wycieczek, uderzony został widokiem, olbrzymiego grzyba, ważącego około dwu kilogramów. Grzyb ten znajdował się w sali, gdzie znaczne wydawał światło. Krajowcy niezmiernie są zawsze przerażeni widokiem tego grzyba, nazywają go *chiuga*, co w ich mowie znaczy duch.

Wymienione przez nas grzyby egzotyczne to mają wspólnego z grzybem oliwnym, że rosną tak

jaki on na obumarłym drzewie. *Agaricus Gardneri*, tak jak *Agaricus olearius*, jest pięknego koloru pomarańczowego, *Agaricus igneus* popielaty, a *Agaricus noctilucens* biały.

Światło fosforyczne wydawane przez wspomniane rośliny skrytokwiatowe, przedstawia pewną różnorodność w swoim blasku i kolorze. Widzieliśmy, że światło wydawane przez grzyb oliwny, było białe, spokojne, równe, podobne do światła fosforu rozpuszczonego w oliwie. *Agaricus igneus* świeci światłem niebieskawym, przypominającym światło, które liście *Phytolaca decandra* roztańczają niekiedy. *Agaricus Gardneri* wydaje światło zielonawe.

Fosforoscencyja u roślin nie ogranicza się wcale na rodzaju *Bedlka* (*Agaricus*). Świeżo widziałem w naszym kraju (we Francji) *Auricularia phosphorea* i *Polyporus citrinus* fosforujące. *Auricularia phosphorea* Low rośnie na drzewach w połowie spróchniałych, a *Polyporus citrinus* Pers., na pniach wierzb, dębów i jabłoni.

W Anglii zaznaczono godny uwagi przykład fosforescencyi²). Zakupioną pewną ilość drzewa, wieziono na miejsce przeznaczenia. Były w tym transporcie polana modrzewiu i świerku. Kilka osób przechodzących nocną porą przez wzgórek, którym poprzednio wieziono drzewo, zauważyło, że cała droga jest zasiana świetlnymi punktami. Okazało się, że światło pochodziło od kawałeczków kory i drzewa, rozrzuconych po drodze. Idąc za tym śladem, ciekawi dotarli do prawdziwego źródła białego światła, przekonali się bowiem, że jedno z polan miało całe wnętrze kory pokryte grzybnią bisiorowatą białą, wydającą woń odrębną. Na nieszczęście grzybnia ta była w takim stanie, że niemożna było po nią odróżnić dokładnie formy roślinnej.

Tulasne pierwszy zbadał fosfor escencyją martwych liści dębu. „Liście te, mówi uczony mykolog, wszystkie były z: poprzedniego lata, spadały naturalnie za nadejściem wiosny. Tkanki ich zachowały jeszcze swoją giętkość i sprężystość,—żaden z nich nie świecił na całej powierzchni, wogóle najświetniejszymi punktami były miejsca najslabiej zabarwione brunatno lub szaro, te mianowicie, które psucie się miększu uczyniło cienkimi i prawie białymi. Widziałem w ten sam sposób świecące zeschnięte i w części zniszczone pączki, jak również gałązki, które zapewne uschły na drzewie macierzystym, a oddzieliły się następnie przez rozczłonkowanie się bardzo wyraźne; tylko powierzchnia odcięta tej gałązki rzuciła żywe światło. Świecąca powierzchnia wszystkich przedmiotów była po większej części mniej lub więcej zmaczana wodą.

¹ owad tęgopokrywy, z rodziny Elateridae, zwany świeciel (*Pyrophorus noctilucens*) albo Cucuyo. (Przyp. Tlum.)

² Berk. Gard. Chron. 1872, p. 4258

Gdy ją się palcem ścierało, zmniejszało się jej blask. Chcąc jednak zupełnie ciemnymi je uczynić, trzeba było ścierać mocno przez jakich kilka minut, do ręki wszakże nie. przylegała żadna fosforyczna materyja. Trzymałem w ustach liście świecące, wilżyłem śliną, co nie wpływało bynajmniej na zmniejszenie ich blasku; zostawiłem kilka tych liści pod wodą przez trzy dni, niektóre świeciły jeszcze i w wodzie przy końcu tego czasu”.

Fosforyzuje także *Rhizomorpha*¹⁾, szczególna grzybnia, rosnąca zwykle pod korą drzew różnych nawpół spróchniałych, a niekiedy pod powierzchnią ziemi, w długich na kilka stóp, gałęzistych sznurach. Sznury te są cylindryczne, giętkie, pokryte korą dosyć słabą, zrazu gładką i brunatną, a później czarną i chropowatą. Wewnętrzna ich tkanka biaława, przybiera w końcu kolor ciemno brunatny. Miałem sposobność przekonać się, że światło rzucane przez młode sznury Ryzomorfy jest białe, jednostajne i żywe, na częściach starszych światło jest zaledwie dojrzone. Spostrzeżenia te robiłem na: *Rhizomorpha fragilis* Roth. *Rhizomorpha subterranea* Pers., którą zebrałem przed ośmioma laty w lesie Pametiere w bliskości Mans, pod korą dębu i u stóp tego drzewa, gdzie tworzyła siatkę podziemną. Te sznury świecące były grzybnią pięknego grzyba Bedłki parasola (*Agaricus annularius* Bolt), który obserwowałem rosnący gromadnie u stóp tego samego drzewa w lesie Pametiere przy końcu Października następnego zaraz roku. Ryzomorfy znane są dobrze w kopalniach górnikom. Dają one tyle światła, że górnicy mogą przy niem widzieć swoje ręce. Sznury świetlne *Rhizomorpha subterranea* łatwe są do widzenia w kopalni Pontpean niedaleko Rennes. Wymienię tu jeszcze *Rhizomorpha setiformis* i szczególną formę Ryzomorfy rozwijającą się we wnętrzu gałązek bzu. Rozdzieliwszy część tych gałązek opanowanych przez Ryzomorfę, szukałem przyrządów owoconośnych, wytwarzających konidyja (conidia). Z największym zdziwieniem spostrzegłem na stole pokrytym gałązkami, lekkie blaski, wydawane przez Ryzomorphę. Grzyb, ten o ile mogłem o tem się upewnić, posiada przyrząd rozrodczy podobny ze swej budowy, do przyrządu wydającego konidyja (zwanego *Clavula*) u rodzaju *Stilbum*. Zauważyłem, że tylko nitki opatrzone obfitości konidyjami, wydają blaski fosforyczne. Dodam wreszcie, że *Xylaria polymorpha*, zebrana na starych gałęziach w ogrodzie, wydawała lekki biały blask, podobny do blasku fosforu, utleniającego

się w powietrzu. Po raz to pierwszy zaznaczono fosforescencyją u grzybów woreczko-zarodnikowych (ascomycetes). W jednym i drugim przypadku fosforescencyja wydaje mi się skutkiem utlenienia *Rhizomorphy* i *Xylarii*.

Oto spis grzybów fosforycznych, znanych po dziś dzień:

A. Grzyby podpórko-zarodnikowe (*Basidiomycetes*):

Agaricus olearius Dec. pochodzący z południowej Europy.

Agaricus igneus Rumph. Wyspa Amboine.

Agaricus noctilucens Lev. Manilla (Filipińskie.)

Agaricus Gardneri Berk. Brazylia.

Agaricus lampas Berk. i kilka form podobnych.

Auricularia phosphorea Sou. z Australii

Polyporus citrinus Pers.

Rhizomorpha fragilis, grzybnia bedłki *Agaricus annularius* i kilku innych grzybów.

Rhizomorpha setiformis Roth.

B. Grzyb woreczko-zarodnikowy (*Ascomycetes*)
Xylaria polymorpha Grev.

Rośliny, o których była mowa, fosforyzują przez czas swego życia i w chwili rozkładu. Moglibyśmy jeszcze wymienić fosforescencyją drzewa i płynu mlecznego u niektórych ostromleczowatych i miękkiszu owoców zaczynających się psuć, (morele, brzoskwinie) ale i tych dowodów wystarczy, na wykazanie, jak częste są wypadki fosforescencyi w państwie roślinnym.

A. S

PŁONĄCA ROŚLINA

przez prof. Wł. Boberskiego

Na każdej piędzi ziemi przyroda róże rozsiała zagadki, tem ciekawsze, im bardziej zawile i pobudzające do rozwiązywania. Rozpatrzmy się np. we wspaniałym świecie roślinnym, okrywającym szerokim kobiercem nagie ciało ziemi. Któż tam nie znalazł roślin cudną nęcących wonią, lub zdobnych przepysznych kwieciami, kto nie szukał zbawiennych leków ukrytych w ciałach tych pięknych dzieci przyrody? Kto nie wie, jak straszne jady kryją się częstokroć pod niewinną kwiecistą szatą roślinną? Wszystko to już żywo zajmowało uwagę starożytnych, którzy nieumiejąc sobie z wielu rzeczy zdać sprawy odnosili je do wszechwładzy bogów. Nowszym więc czasom pozostały do wytłumaczenia niezwykle świata roślinnego dziwy, a zdobycze na tem polu od wynalezienia mikroskopu są prawdziwie olbrzymie. Dziś mnóstwo poznano roślin budzących podziw nawet w najobojętniejszym na świat roślinny umyśle. Przed niedawnym jeszcze czasem rozprawiono

¹ *Rhizomorpha* jestto grzybnia osobliwa, która rośnie najczęściej pod korą drzewa. Uważaną była dawniej za samoistny grzyb pod różnymi nazwami. U nas najpospolitsza, zwana podskórką pospolitą, (*Rhizomorpha subcorticalis* Pers.) jest wg Hartiga grzybnią opieńka brzożowego (*Agaricus meleus* Lin.) (Przyp. Thum.)

szeroko mięsożernych roślinach i prowadzono uczone spory rozjaśniające tę kwestyję tak dalece, iż dziś uważać można mięsożerność niektórych roślin już jako niezbity pewnik. Saracenijska, mucholówka, dzbanusznik, oto istne pułapki owadzie, w których rokrocznie mnóstwo owadów więziennię i śmierć znajduje, a ciała ich zwolna przetrawione, stanowią biesiadę tych drapieżców roślinnych. A jak wymienione wabią bądź to na swe listki, bądź do kielichów kwiatowych swoje ofiary — tak znowu inne swą wonią zabijają lub odstręczają owady. Groszek różowy znany pod nazwą „pięknego Jasia”, petunia i inne odurzają i uśmiercają muchy lgnące do przyjemnie woniejącego lub miodnego kwiecia; jeden krzaczek rośliny *Plectranthus fruticosus* ma zabezpieczać przed mólami. Inne znowu rośliny to istne zegary roślinne, rozwijające lub zamykające swe kwiecie o pewnych godzinach. Wszystkie te szczegóły już omawiano i wyjaśniono dostatecznie, w najnowszym jednak czasie zwrócono uwagę na jedną ciekawą roślinę, która tembardziej dla nas ma znaczenie, iż ją niejednokrotnie na Podolu spotykamy. Jest to dobrze znany krzak Mojżesza czyli dyptan (*Dictamnus fraxinellia* Pers.), przedstawiający dwie odmiany — o kwieciu czerwonym lub białym. Dyptan widywałem dziko rosnący na Podolu (Wierzchniakowce nad Nieclawą) niejednokrotnie spotkać go można jako roślinę dekoracyjną po ogrodach. Cała roślina dochodzi trzy ćwierci metra wysokości i przedstawia się jakoby piękna cytrynowej woni krzewina umajona skórkowatymi nieparzystopierzastymi do jesionowych podobnymi listeczkami, a z pośród nich wystrzela w Czerwcu okazałe gronopięciopłatkowych różowych, ciemniej prążkowanych kwiatków wonnych, z których wnętrza dziesięć długich wychyla się pręcików. W środku tkwi słupek zmieniający się po dojrzewaniu w torebkę na 5 części się rozpadającą. Tak wygląda roślina, którą „płonącą” nazwano. Już w drugiej księdze Mojżesza spotykamy wzmiankę o płonącym krzewie. — czy to nie był dyptan? Mówią, że córka sławnego botanika Lineusza odkryła tę ciekawą roślinę, która później poszła w zapomnienie. W najnowszym zaś czasie zwrócił dziennikarz zurychski znowu uwagę na niezwykłą własność dyptanu. W czasie najsilniejszego rozwoju całą roślinę tak przesiąka łatwo zapalny olejek lotny i w takiej z niej ulatnia się ilość, że skoro do niej zbliżymy płomień natenczas cała roślina, ni tracąc swej świeżości, jasnym zapłonie ogniem, roztrzaskując dym i woń dokoła. Po kilku dniach można to doświadczenie powtórzyć i roślina tak długo wy-

działa owe mgły zapalnego olejku, dopóki owoce nie dojrzeją, poczem jakoby wysiłona traci ową własność.

Doświadczenia te udają się jednak tylko wtedy, gdy powietrze jest spokojne i suche, gdyż podówczas olejek lotny łatwiej się wydziela, otaczając roślinę zapalną atmosferą, dlatego też własności te bardziej występują w dzień, niżeli w nocy, kiedy już rosa zwilży powierzchnię, wyziewającą zapalne materyje. Kto chce dyptan hodować, musi się nieco uzbroić w cierpliwość, niejednokrotnie bowiem rok cały czekać wypadnie, zanim zakielkuje zasiane ziarno i wystrzeli w wonną płonącą roślinkę¹).

Z ŻYCIA FAUNY WÓD NASZYCH.

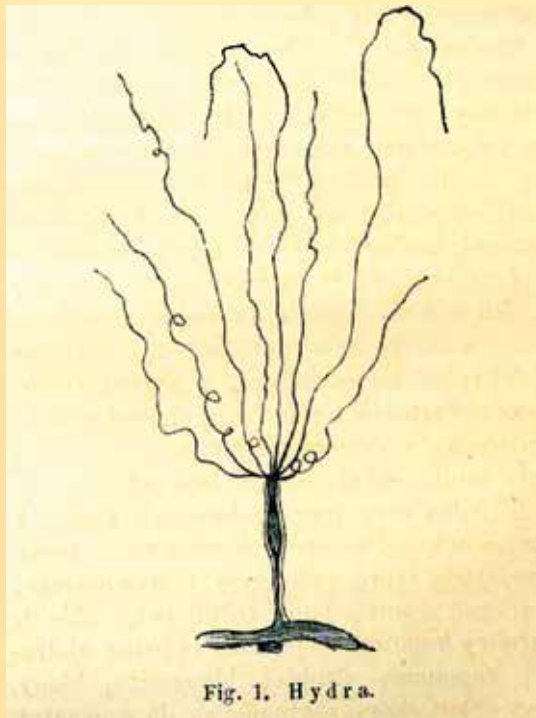
I. HYDRA

przez Józefa Nusbauma

Udajmy się w pogodny dzień wiosenny nad brzeg błyszczącej kałuży wśród łąk i kilka razy nabierzmy z niej czerpakiem wody z mułem i roślinami w blaszane naczynie. Gdy po powrocie do domu wylejemy zaczerpniętą wodę w obszerne szklane akwaryjum, zdumieni będziemy nadzwyczajnym bogactwem jej drobnego świata żyjącego. W wodzie tej, jeśli połów był obfity, bując będą stada drobnych raczków i gąsienic owadów, na szklanych ściankach naczynia zwinnie będą się posuwały lśniące ślimaczki, na dnie naczynia spostrzeżemy bezkształtne ciała gąbek, a na gałązkach i listkach wodnych roślin błyszczące będą jakieś drobne ciała zielone lub brunatne, wydłużające się i kurczące. Gdy się woda w akwaryjum zupełnie uspokoi, muł na dno opadnie, bliżej będziemy się mogli przypatrzeć tym wszystkim istotom a w owych dziwacznych, zielonych i brunatnych ciałkach poznamy odrazu polipy wód słodkich, czyli owe sławne hydry, co tyle sprawiły hałasu pomiędzy uczonymi i nieuczonymi przeszłego wieku. Nie mają one wprawdzie nic wspólnego z ową znakomitą stugłową hydrą bagien lernejskich, pokonaną przez Herkulesa, ale stanowią również dziwne i pod wielu względami niezwykle stworzenia, zasługujące na uwagę każdego, kto tylko zastanawia się nad tajemnicami żywej natury. Polip wód słodkich czyli stulbia przedstawia małe walcowatej formy zwierzątko, dochodzące po zupełnym wydłużeniu się ledwie do kilku linii, naj-

¹ W ogrodzie botanicznym warszawskim można zobaczyć tę ciekawą roślinę, z którą doświadczenia miejscowi ogrodnicy powtarzali niejednokrotnie. (Przyp. Red.)

wyżej do cała długości. Walcowate ciało stulbi ku podstawie zwęża się i przechodzi jakby w łodyżkę, w tak zwaną nogę, która o wiele jest węższą od części górnej i kończy się niewielkiem rozszerze-



niem, zwanem stopą. Na wierzchołku ciała znajduje się okrągły otwór gębowy, dokoła którego prawidłowo osadzone są długie, cieniutkie, walcowate wyrostki t. z. ramiona, służące do chytania zdobyczy; ramiona te są bardzo elastyczne, mogą się z łatwością wydłużać i kurczyć: wydłużone są w stanie kilka razy przewyższyć długość ciała zwierzęcia, a gdy się silnie kurczą zaledwie stają się widzialne.

Piękny przedstawia obraz hydra, gdy w przecrocy stój wód toni fantastycznie rozpuszcza niby kitę włosów swe delikatne ramiona, które poruszane lekkim prądem wody swobodnie kołyszą się w tę lub ową stronę. Samo ciało stulbi także może się bardzo silnie kurczyć i przedstawia wtedy okrągłą, jakby galaretowatą kulkę. Ilość ramion bywa bardzo rozmaita (zwykło od 6 do 10); ich ilość oraz zabarwienie ciała stulbi służą za cechy gatunkowe; rozróżniamy też stulbię zieloną (*Hydra viridis*), brunatną (*Hydra fusca*) i t. d.

Co się tyczy wewnętrznej budowy stulbi, to jest ona tak prosta, iż dosyć tylko przeciąć wzdłuż na dwie połowy jej ciała, by całą wewnętrzną budowę zobaczyć, a nawet wprost, gdy stulbia szeroko gębę roztworzy można zapomocą szkła powiększającego czyli lupy przyjrzeć się wnętrzu jej ciała. Otóż gęba prowadzi do podłużnej jamy żołądko-

wej, zamkniętej przedstawiającej woreczek. Jama żołądkowa przedłuża się w postaci ślepo zakończonych kanalików do wnętrza wszystkich ramion, a także do wnętrza nogi stulbii i przy podstawie jej kończy się maleńkim otworkiem, czasowo tylko otwierającym się. Pokarm wchodzący do gęby wpada do jamy żołądkowej, ulega tu strawieniu, wessaniu, a niestrawione reszki wydalone bywają przez tenże sam otwór gębowy; otwór ten gra więc jednocześnie rolę gęby i odbytnicy.

Oto wszystko, co gołem okiem lub też za-pomocą lupy dostrzedz można w ciele stulbi; widzimy więc, że budowa jej bardzo jest prostą i do zrozumienia łatwą. Jeśli teraz użyjemy nadto pomocy mikroskopu, będziemy mogli poznać inne jeszcze, nader ciekawe szczegóły budowy drobnego żyjątko. Mikroskop wykaże nam przedewszystkiem, że ciało stulbi, jak i ciało innych zwierząt, zbudowane jest z wielkiej ilości komórek t. j. drobnutkich bryłek, zaopatrzonych w płynną wewnętrzną zawartość w t. z. zaródź czyli protoplazmę, a pośrodku w gęstsze jądro z jąderkiem. Otóż, ciało stulbi składa się z dwu pokładów takich, jedna przy drugiej ułożonych, komórek, a mianowicie z warstwy zewnętrznej, przedstawiającej skórę zwierzęcia i wewnętrznej, tworzącej ściankę jamy żołądkowej; obie te warstwy komórek oddzielone są jedna od drugiej zapomocą cienkiej, błyszczącej błony. Przy gębie, skóra, zaginając się do wewnątrz, przechodzi bezpośrednio w ściankę jamy żołądkowej. Ramiona i noga stulbi składają się z takich samych dwu ścianek, zewnętrznej i wewnętrznej.

W skórze hydry znajdujemy nadzwyczaj ciekawe i szczególne utwory, mające doniosłe znaczenie fizjologiczne. Otóż, jeśli położymy pod mikroskop kawałek ramienia stulbi, zobaczymy, że w skórze zawarte są jajowatego lub też gruszkowatego kształtu pęcherzyki. Jajowate pęcherzyki są mniejsze, gruszkowate większe. Wewnątrz tak jednych jak i drugich widzimy spiralnie zwiniętą nitkę. Za naciśnięciem nitka ta wysuwa się z pęcherzyka, wypukła się z niego nazewnątrz zupełnie tak, jak może się wypuknąć palec rękawiczki. W pęcherzykach gruszkowatych, przy rozszerzonej podstawie takiej wysuniętej nitki spostrzeżemy w tył zagięte haczyki po kilka z każdej strony. Pęcherzyki te są to tak zwane organy parzące. Gdy jakie maleńkie zwierzątko n. p. raczek lub gąsienica owada przepływa w bliskości hydry, ta ostatnia kurczy swe ciało, wyrzucając jednocześnie z pęcherzyków pod wpływem ciśnienia nitki, na końcach zaostrome, które jakby strzały ugadzają w ciało nieprzyjaciela. Z nitek wydziela się natychmiast ostra, jadowita

ciecz zawarta w pęcherzyku i biedne zwierzątko pada nieżywe od tych zdradzieckich pocisków. W taki sposób nikła, delikatna hydra posiada znakomitą broń w swój skórce, którą z łatwością może pokonać swe ofiary lub wrogów. Najobficiej rozwinięte są organy parzące, inaczej parzywkami zwane, na ramionach hydry, a niemi to chwytają właśnie hydra swą zdobycz. Pęcherzyki więc parzące służą hydrze i do obrony przed napaścią nieprzyjaciela i do pokonywania zdobyczy, którą się żywi.



Fig. 2. Pęcherzyk parzący.

Hydra jest bardzo żarłoczną i drapieżną. Żywi się ona małymi rączkami z rodzaju *Daphnia*, *Cyclopsi* t. d., robaczkami, drobnymi gąsienicami owadów i t. p. Za pokarm służą jej przytem tylko żywe zwierzęta, ale gdy w niewoli jest trzymana i brak jej pokarmu żywego, po kilku tygodniach postu zadawalnia się nareszcie martwym pokarm i zjada nieraz z głodu kawałki mięsa, do akwarjum wrzucane.

Hydra chwytają często robaka, o wiele przewyższającego długość jej ciała, powoli wciąga go do żołądka, rozszerzając znacznie elastyczne ścianki swego ciała. Obserwowano często, jak dwie stulbie chwytają jednego i tego samego robaka, jedna za jeden, druga za drugi jego koniec. Obie rywalki wciągały biedną ofiarę do żarłocznych paszcz swych, aż się wreszcie spotkały, zetknęły jedna z drugą. Wtedy albo robak zostawał rozrywany na dwie części i hydry zgodnie kończyły spór swój, albo też, gdy ciało robaka zbyt było silne i rozerwać się nie dało, większa hydra szeroko roztwierała paszczę i połykała całego robaka wraz ze swą rywalką. Ale stulbia szanuje widocznie bardzo swój ród hydry, gdyż, połknąwszy swoją rywalkę wyrzuca ją z paszczy po chwili zdrową i całą. Fakt to bardzo interesujący, gdyż każde inne zwierzę, chociażby na sekund kilka połknięte przez hydrę, wyrzuconem z niej zostaje już nieżywe; tak przynajmniej twierdzą niektórzy badacze.

Stulbia rozmnaża się dwojakim sposobem, albo zapomocą pączkowania, lub też drogą płciową t. j. z jajek. Pączkowanie odbywa się w bardzo prosty sposób. A mianowicie, w pewnym miejscu, najczęściej przy początku nogi wypuklają się ścianki ciała hydry w postaci małego, pustego wewnątrz pączka; pączek ten jest utworzony przez te same dwie warstwy, które ciało hydry składają. Pączek wydłuża się, na wierzchołku młode

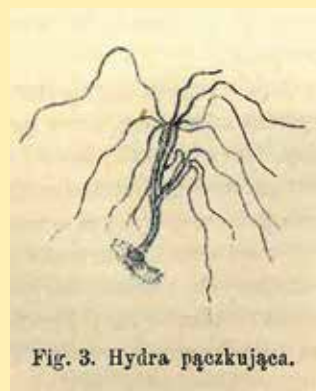


Fig. 3. Hydra pączkująca.

ścianki jego przerywają się dla utworzenia gęby, a wokół niej wyrastają ramiona: mamy więc już młodą hydrę, siedzącą na ciele matki; jama żołądkowa młodej stulbi znajduje się w bezpośredniej komunikacji z jamą żołądkową matki, ale wkrótce komunikacja ta ustaje, młoda hydra wydłużywszy się przy podstawie w nóżkę oddziela się, odrywa od matki, przyczepia się do jakiegoś podwodnego przedmiotu i na własną rękę żywot swój rozpoczyna. Często na hydrze powstaje kilka pączków jednocześnie i zanim poczną się oddzielać, stanowią jedne wspólną kolonię o kilku paszczach; stąd nazwa „hydra” oznacza symbolicznie „stugłowy potwór”.

Prócz sposobu pączkowania, może się stulbia w inny jeszcze sposób rozmnażać, a mianowicie, jak powiedzieliśmy, przez jajka. Jajko hydry tak ze względu na sposób tworzenia się, jako

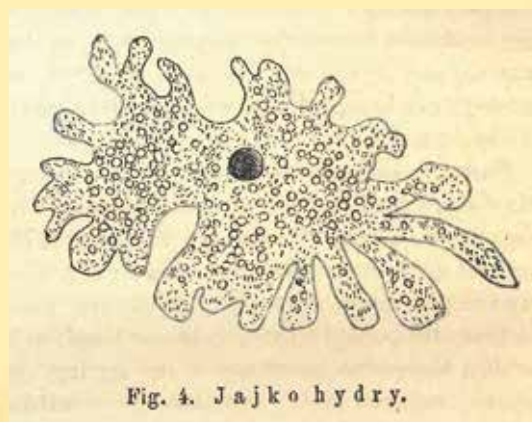


Fig. 4. Jajko hydry.

też i dziwaczny kształt swój jest tworem nader zajmującym. Otóż, w pewnym miejscu w skórze hydry, w najgrubszej jej części gromadzi się mnóstwo okrągłych małych komórek. Następnie komórki te rozpływają się i jakby zlewają w jedną płynną, ziarnistą masę protoplazmatyczną; jedna z nich tylko zachowuje swój kształt, otrzymuje szczególne wyrostki, niby nóżki, które otaczają ją masę. Karmiąc się w taki sposób ciałem sióstr swoich, komórka ta coraz bardziej się rozrasta, dziwne otrzymuje kształty, staje się ziarnistą, a wreszcie zaokrągliwszy się i otoczywszy cienką błonką, przerywa skórę zwierzęcia i wypada z ciała jako gotowe jajko, ulegające po za obrębem matki dalszemu rozwojowi. Po złożeniu jajka hydra słabnie, staje się mało ruchliwą, zaprzestaje zupełnie brać pokarm i wkrótce umiera, a resztkami ciała swego okrywa zwykle złożone jajko, by je lepiej ochronić i ukryć.

Zanim jeszcze jajko opuszcza ciało hydry, zostaje zapłodnione. Pierwsze stadyja rozwoju jajka hydry odbywają się podług ogólnego dla całego państwa zwierzęcego prawidła, a mianowicie jajko dzieli się drogą przewężania z początku na dwie części t. z. segmenty czyli kule przewężne, później każda z tych części znów dzieli się na dwie i t. d., aż wreszcie otrzymujemy całą masę drobnych kulek czyli komóreczek. U hydry komórki te, z dzielenia się jajka powstałe, są gęsto, jedna przy drugiej ułożone i razem stanowią jedną pełną kulę bez żadnej jamy pośrodku. Taki to zarodek, składający się z mnóstwa komórek, ściśle jedna przy drugiej ułożonych zowie się w nauce morułą. Taki zarodek wspólnym jest wielu innym jeszcze zwierzętom, prócz hydry. Komórki ciała zarodka składające stanowią jakby materiał budowlany, jakby cegielki, z których ma powstać ciało przyszłego zwierzęcia. Pomiędzy nimi rozróżnić można dwie warstwy komórek: zewnętrzną i wewnętrzną, które się różnią od siebie swą konsystencją. Zewnętrzna warstwa komórek wydziela wkrótce na powierzchni swej grubą chitynową powłokę, a następnie pod nią jeszcze jedną cienką błonczkę. Wkrótce potem następuje w rozwoju hydry bardzo dziwne zjawisko, a mianowicie wszystkie komórki zarodka zlewają się w jedną wspólną protoplazmatyczną masę i w takim stanie spokoju zarodek hydry pozostaje 6–8 tygodni. Po tym przeciągu czasu wewnątrz masy tej zjawia się jama, przyszła jama żołądkowa hydry, a z otaczającej, zlanej masy protoplazmatycznej, różniczkują się na nowo komórki i układają się w dwie warstwy, przedstawiające skórę i ściankę żołądkową (kanału pokarmowego). W pewnym miejscu takiego zamkniętego dwuwarstwowego woreczka następuje przerwanie i tu tworzy się otwór gębowy, wokoło którego wyrastają ramiona,

jako puste wewnątrz wypukliny ścianek ciała.

Nadzwyczaj ciekawe obserwacje, tyżące się fizjologii stulbi podaje nam uczonego przyrodnika przeszłego wieku Trembley, który w 1775 r. ogłosił znakomite swe prace nad hydrą. Uczyony ten pierwszy zauważył, że hydrę można w kawałki pociąć i jeżeli tylko w każdym kawałku będą obie warstwy ciała hydry (t. j. skóra i ścianka jamy żołądkowej) z każdego powstanie wkrótce nowe zwierzę. Jeśli n. p. przetniemy nożyczkami hydrę na dwie połowy w kierunku podłużnym, to w każdej połowce ścianki ciała zwierzęcia wkrótce zrosną się z sobą, na każdej połowce zjawi się nowa gęba, wyrosną brakujące części ramion i powstaną w taki sposób dwa osobniki. To samo będzie, jeśli przetniemy hydrę na pół w poprzek; górna jej połowa, posiadająca gębę i ramiona wydłuży się wkrótce w nóżkę, dolna zaś połowa, posiadająca nóżkę rozrośnie i rozszerzy się ku górze i wkrótce otrzyma nową gębę i ramiona. Otrzymamy więc dwa nowe osobniki. Na tej to zasadzie polega fakt, że rozcinając hydrę kilkakrotnie w podłużnym kierunku, tak jednakże, by wszystkie kawałki pozostawały z sobą w związku i przy podstawie łączyły się, można otrzymać potworną o wielu bardzo głowach koloniję hydr; w miarę tego jak ze wszystkich tych kawałków nowe całkowite powstawać będą osobniki. Trembley opisał także nadzwyczaj ciekawe doświadczenia, polegające na nicowaniu ciała hydry. Trembley mianowicie wtykał cienką szczecinkę do jamy żołądkowej stulbi przez mały otworek, znajdujący się u podstawy nogi. Szczecinka ta szybko do wnętrza ciała wprowadzona, pociągała za sobą ścianki zwierzęcia i w ten sposób zwierzę zostawało zupełnie nicowane, tak, że ścianka jamy żołądkowej stała się skórą, a skóra ścianką jamy; dzieje się to w zupełnie podobny sposób, jak z rękawem surduta, który szybko zdejmujemy: ręka nasza pociąga wtedy za sobą ścianki rękawa i na drugą stronę je nicuje—podszewka wychodzi na wierzch, a sukno na wewnątrz. Przenicowana w ten sposób hydra kurczy się silnie z początku i stara się do pierwotnego stanu powrócić, ale jeśli jej przeszkodzimy to uczynić, przelknąwszy w poprzek ciała szczecinkę, pozostaje w tym stanie przy życiu, a skóra jej zaczyna powoli pełnić funkcję ścianek żołądka i naodwrot. Fakt ten wydaje się na pozór bardzo nieprawdopodobnym i trudnym do zrozumienia, ale staje się bardziej naturalnym, jeśli tylko zważymy, że w tak niskich organizmach, do jakich należy hydra, morfologiczne t. j. dotyczące budowy różniczkowanie tkanek, ciało zwierzęce składających, wogóle jest bardzo niewielkie, dlatego też jedne i te same tkanki ciała mogą tu złatwością kilkaróżnych funkcji jednocześnie pełnić. U wyżej rozwiniętych organizmów skóra nigdyby

nie mogła pełnić funkcji organów trawienia, gdyż tkanki skóry i narządów trawienia są tu bardzo od siebie pod względem budowy różne; u hydry, gdzie różnice te są bardzo nieznaczne, zjawisko takie z łatwością przy pewnych warunkach mieć może miejsce.

Tak więc zapoznaliśmy się w ogólnych zarysach z budową, rozwojem i obyczajami hydry. Dla nas, dalekich od wybrzeży morza, hydra na szczególną zasługuje uwagę, gdyż jest u nas prawie jedynym przedstawicielem całego typu zwierząt, przeważnie w morzach zamieszkujących, a mianowicie zwierząt Jamochłonnych (Coelenterata). Prócz hydry, należącej do najniższej uorganizowanej grupy zwierząt typu Jamochłonnych, do t. z. Stulbiopławów (Hydroidea), zaliczamy jeszcze do tego typu: Meduzy (Acraspeda), Rurkonośne (Siphonophora), Grzebienice (Otenophora), Polipy właściwe (Actinozoa) i Gąbki (Spongiae). Jamochłonne stanowią przez bogactwo form swych, fantastyczne kształty i nieraz cudowne szkliste barwy, najpiękniejszą ozdobę fauny morskiej, a o piękności i subtelności ich kształtów hydra nasza zaledwie słabo bardzo daje pojęcie. Zapoznawszy się jednak z budową hydry możemy wyrobić sobie ogólne pojęcie o budowie wszystkich form do typu Jamochłonnych należących, gdyż zasadnicze cechy organizacyi są dla zwierząt, do jednego typu należących, jedne i te same.

Tak więc, przedewszystkiem przypomnijmy sobie, że w ciele hydry dwie warstwy się znajdują: zewnętrzna i wewnętrzna (skóra i ścianka jamy żołądkowej), oddzielone od siebie cienką błoną, jakby zaczątkiem trzeciej, środkowej warstwy. Otóż, u wszystkich Jamochłonnych znajdują się też same 3 warstwy ciała, z których środkowa albo bywa tak nieznaczna i zaczątkowa jak u hydry, lub też jak np. u meduz, bardziej silnie rozwinięta. Dalej, u hydry widzieliśmy jeden tylko otwór, grający jednocześnie rolę gęby i odbytu,

żadnych zaś specjalnych naczyń krwionośnych, któreby odżywcze soki po ciele zwierzęcia roznosiły, niema; natomiast pożywcze soki w jamie żołądkowej aż do zupełnego wessania pozostają. Otóż, to samo widzimy u wszystkich Jamochłonnych: wszędzie spotykamy jeden otwór tylko, do jamy żołądkowej prowadzący; lecz jama ta u większości przedstawicieli Jamochłonnych przedłuża się w szczególne kanały, promienisto ułożone, a połączone jeszcze zwykle ze sobą jednym kolistym kanałem. W tych to kanałach, przedstawiających poprostu przedłużenia jamy żołądkowej, krążą odżywcze soki; nigdzie jednak nie spotkamy tu, tak jak u wyższych zwierząt, jakichkolwiek specjalnych organów, krew po ciele roznoszących, organów które tworzyłyby oddzielny jakiś układ. Dlatego też jama żołądkowa wraz z wszelkimi kanałami, stanowiącemi bezpośrednio jej przedłużenie, zowie się jamą żołądkowonaczyniową, gdyż fizjologicznie gra ona jednocześnie rolę i organów trawienia i krążenia krwi. Taki żołądkowonaczyniowy czyli gastrorascularny układ stanowi najbardziej charakterystyczną cechę całego typu Jamochłonnych. Dalej u przedstawicieli wszystkich grup typu Jamochłonnych znajdują się jak u hydry, t. z. organy parzące, stanowiące ważną ogólną cechę. Na zakończenie, powiemy jeszcze, że różni przedstawiciele typu Jamochłonnych posiadają układ nerwowy, mięśnie i zmysły w bardzo różnym stopniu rozwinięte: u hydry—komórki, stanowiące warstwę skóry, przedłużają się ku wnętrzu ciała w postaci cienkich włókienek, mających jednocześnie znaczenie i nerwów i mięśni; u wyżej zaś uorganizowanych Jamochłonnych spotykamy oba te układy narządów (t. j. układ nerwowy i mięśniowy) oddzielone od siebie i o wiele więcej zróżniczkowane.

Teksty wybrała i przygotowała Maria Śmiałowska; pomoc techniczna Malwina Kosek.

DO NATURY JEDEN KROK...

Maria Olszowska (Mrągowo)

Trwa **Dekada Bioróżnorodności ogłoszona przez ONZ (2011–2020)**. Narody Ziemi w tym okresie starają się zwrócić uwagę na zagrożoną różnorodność biologiczną. Akcentują wartość kulturową, przyrodniczą i gospodarczą bioróżnorodności. Warto zasta-



Ryc. 1. Łąka przy mrągowym miejskim przystanku autobusowym. Fot. M. Olszowska.

nowić się nad tym przesłaniem. Ludzie potrzebują kontaktu z żywą przyrodą, a nie tylko z betonem, brukiem czy asfaltem. Wprawdzie w miastach nie brakuje zieleni, jednak są to głównie zadbane parki, skwery i równiutko przystrzyżone trawniki. Jest też przestrzeń zarezerwowana na parkingi i chodniki.



Ryc. 2. Pszczoła miodna na kwiatostanie mniszka lekarskiego. Fot. M. Olszowska.

Jednak dzikich enklaw zieleni wkomponowanych w miejską przestrzeń osiedlową znajdziemy niewiele. A przecież nie trzeba działań nadzwyczajnych, aby je stworzyć pośród miejskich murów. Wystarczy kosząc osiedlowy trawnik pozostawić choćby niewielką

jego część, której nie tknie kosiarka. I w krótkim czasie zobaczymy na tym niekoszonym skrawku siłę przyrody. Powstanie piękna enklawa zieleni w środku miasta, z bogactwem chwastów. Chwastami zwykło się nazywać wszystkie rośliny dziko rosnące uzna-



Ryc. 3. Lśniak szmaragdek na świerzbicy polnej. Fot. M. Olszowska.

ne powszechnie za uciążliwe i bezużyteczne. Jednak stwierdzenie takie słusznym nie jest, zważywszy, że cenne zioła są pospolitymi chwastami. Rośliny te pełnią też rolę „stołówek” oferującej urozmaicony jadłospis dostosowany do smakowych gustów różnorodnej zwierzęcej „klienteli”. Dzikich łąk pachnących miodem jest w miasteczkach Mazur pod dostatkiem.

Za rogiem bloku, przy przystanku autobusowym (Ryc. 1) niewielkie dzikie refugia dowodzą, że w środku miasta świat przyrodniczy bywa bogaty i ciekawy. Bogactwo gatunków roślin oraz zwierząt, głównie bezkręgowców, widoczne jest najlepiej wiosną i latem. Wystarczy zatrzymać się na chwilę i popatrzeć....

Gdy przyroda otrząśnie się z zimowego snu na wiosennym kwiatostanie mniszka lekarskiego

(*Taraxacum officinale*) z rodziny astrowatych pracowita pszczoła miodna (*Apis mellifera*) zbiera pyłek. Szesusuje go z pylników do specjalnych koszyczków znajdujących się na odnóżach trzeciej pary za pomo-



Ryc. 4. Kwietnik poluje na nawłoci późnej. Fot. M. Olszowska.

cą szczoteczek. Napełnione koszyczki wyglądają jak wypchane siatki z zakupami (Ryc. 2). Latem zauważymy wiele owadów. Lśniak szmaragdek (*Adscita staites*) z rodziny kraśnikowatych mimo tego, że jest niewielki (rozpiętość skrzydeł 2,5–3,2 cm), to łatwy do zauważenia ze względu na niebiesko-zielone, jednolicie ubarwione skrzydła pierwszej pary z metalicznym połyskiem (Ryc. 3). Motyl chętnie przebywa na kwiatkach świerznicy polnej (*Knautia*



Ryc. 5. Ogończyk wiązowiec spija nektar z kwiatków przymiotna białego. Fot. M. Olszowska.

arvensis), podobnie jak wspaniale kamuflujący się 1-centymetrowy kwietnik (*Misumena vatia*). Jest to wyjątkowy pająk. Ma ukośnie rozstawione odnóża, podobnie jak krab, przy czym przednie są dłuższe od tylnych. Nie buduje pajęczyny, tylko poluje z zasadzki, czatując na zdobycz na... kwiatkach. Jego ofiarami są owady zapylające kwiaty, często większe

od niego samego. Samica kwietnika jest jak kameleon, bo dostosowując swoje ubarwienie do koloru kwiatka bywa niezauważona przez przyszłe ofiary (Ryc. 4).

Ogończyk wiązowiec (*Satyrion w-album*) z rodziny modraszkowatych jest malutkim motylem. Rozłożone skrzydełka mają rozpiętość około 3 cm i są jednolicie szare. Jednak siedzący motyl najczęściej je składa, bo złożone są bardziej urozmaicone. Na szaro-brunatnym tle, blisko krawędzi, biegnie biała linia, która na drugiej parze skrzydeł układa się w kształt litery „W”. Uroku dodaje skrzydłom pomarańczowa przepaska i dwa ogonki różnej długości (Ryc. 5).



Ryc. 6. Barciel pszczołowiec na nostrzyku białym. Fot. M. Olszowska.

Coraz rzadszym chrząszczem jest barciel pszczołowiec (*Trichodes apiarius*) z rodziny przekraskowatych. Zobaczymy go na kwiatostanach różnych roślin, na których poluje na inne owady, ale pyłkiem kwiatowym nie gardzi. Barciel jest czarno-błękitny, owłosiony, o długości ciała 9–16 mm. Posiada czerwone pokrywy skrzydłowe z dwoma czarnymi pasami (Ryc. 6). Zapłodnione samice składają jaja w barci, w gniazdach dzikich pszczół samotnic i w ulach.



Ryc. 7. Bzyb brzęk na kwiatku cykorii podróżnik. Fot. M. Olszowska.

Drapieżne larwy barciela zachowują się tam jak rozbójnicy.



Ryc. 8. Strangalia plamista na kwiatach pyleńca pospolitego. Fot. M. Olszowska.

W środku lata rozkwita cykoria podróżnik (*Cichorium intybus*), piękna, wysoka (do 1,2 m), rozgałęziona roślina należąca do rodziny astrowatych, rosnąca najliczniej wzdłuż dróg i ścieżek. Cykoria wytwarza kwiaty niebieskie, czasem białe lub różowe. Na nich biesiaduje bzyg brzęk (*Scaeva pyrastris*) z rodziny bzygowatych. Odwłok tej muchówki ma czarny kolor z białawymi przepaskami, przerwany na środku (Ryc. 7). Owad świetnie lata, potrafi także zawisnąć nieruchomo w powietrzu.



Ryc. 9. Skupisko żmijowca pospolitego na osiedlowym chwastowisku. Fot. M. Olszowska.

Życie strangalii plamistej (*Rutpela maculata*) z rodziny kózkowatych toczy się wokół kwiatów o białych płatkach, z których spożywa pyłek i nektar. Długość ciała owada sięga 20 mm. Wiele kózkowatych znanych jest ze swej skłonności do zmian w ubarwieniu dotyczących ilości i kształtu plamek ciała (Ryc. 8).

Żmijowiec zwyczajny (*Echium vulgare*) to roślina z rodziny ogórecznikowatych. Rośnie w dużych skupiskach (Ryc. 9). Posiada łodygę grubą, wzniesioną do wysokości 100 cm, pokrytą krótkimi kłującymi włoskami i liczne niebieskie kwiatostany wyrastające z kątów liści. Swoją nazwę zawdzięcza wystającym z korony pręcikom, które przypominają język żmii. Dawniej używano żmijowca jako antidotum przeciw jadowi tego węża.



Ryc. 10. Wojsilka pospolita na kwiatach nawłoci pospolitej. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 11. Wstężyk gajowy na bylicy pospolitej. Fot. M. Olszowska.

Na mrańskich chwastowiskach mamy szansę zobaczyć wojsilkę pospolitą (*Panorpa communis*), przedstawiciela rodziny wojsilkowatych, grupy starej ewolucyjnie. Owad ma smukłą budowę (długość ciała do 2 cm), długie odnóża i dwie pary skrzydeł o rozpiętości około 3 cm z licznymi żyłkami i brunatnymi plamkami tworzącymi krótkie przepaski. U obu płci cudacznie wygląda aparat gębowy. Jest rurkowaty, wydłużony, a otwór gębowy skierowany w dół i ku tyłowi (Ryc. 10).

Koniec mazurskiego lata i jesień bywają dżdżyste. Takie warunki to raj dla ślimaków. Na usychającej

bylicy pospolitej zobaczymy roślinożernego wstężyka gajowego (*Cepaea nemoralis*). To synantropijny ślimak. Wstężyki posiadają pasiaste muszle o dużym barwnym zróżnicowaniu. Otwór wlotowy muszli wstężyka gajowego otacza charakterystyczna ciemna warga (Ryc. 11).



Ryc. 12. Zimowy kokon tygryzka paskowanego. Fot. M. Olszowska.

Jesień zaprowadza na łące porządki, które przygotowują do zimy przyrodę tego ekosystemu. Wśród usychających traw wypatrzeć można białawe lub białawo-brązowe kuliste twory (Ryc. 12) występujące pojedynczo lub zbiorowo. To kokony tygryzka paskowanego (*Argiope bruennichi*), pająka z rodziny krzyżakowatych. W tych domkach zimują jaja, a potem małe pajęczki. Kokony przedzie zapobiegliwa samica. Jeden z najpiękniejszych pajaków swoją polską nazwę zawdzięcza ubarwieniu podobnemu do futra tygrysa.

Późną jesienią na badyłach chwastów pierwszy mróz pozostawi kryształki lodu błyszczące w promieniach nisko świecącego słońca, a później biały śnieg przykryje uspioną łąkę. Wtedy na zeschnięte chwasty przyleci stado kolorowych szczygłów (*Carduelis carduelis*). Te nieco mniejsze od wróbli łuszczaki są smakoszami nasion kłujących roślin, takich jak oset,

łopian czy żmijowiec. Najbardziej charakterystyczną cechą szczygłów jest karminowo-czerwona „twarz”, kontrastująca z czarnym wierzchem głowy i czarnymi zausznicami. Upierzenie grzbietu ptaków jest kasztanowo-brązowe, a policzki, podgardle, pierś, brzuch i kuper są białe. Skrzydła zdobią żółte pręgi (Ryc. 13).



Ryc. 13. Stado szczygłów na uschniętym żmijowcu. Fot. M. Olszowska.

Pasjonaci przyrody mogą podglądać życie osiedlowej łąki przez cały rok. We współczesnym zabieganym świecie potrzebujemy się na chwilę „wyłączyć”. Muzyka przyrody i jej naturalne piękno stanowi dopełnienie naszego życia. Dobrze jest mieć „trochę” dzikiej i bogatej natury dosłownie o krok od domu. Różnorodność biologiczna jest wartością bezcenną, gdyż pozwala utrzymywać równowagę w przyrodzie. Jeśli zostawimy choćby niewielki fragment przestrzeni, którym nie będziemy się „opiekować”, to przyroda szybko odwdzięczy się nam bogactwem swojego świata. Będzie to nasz skromny wkład dla zachowania bioróżnorodności w najbliższym otoczeniu.

mgr Maria Olszowska
marjolsz@interia.pl

MARIAN SMOLUCHOWSKI – WYBITNY POLSKI FIZYK PRZEŁOMU XIX I XX WIEKU

Barbara Morawska-Nowak (Kraków)

Miał zaledwie 45 lat, kiedy zmarł 5 września 1917 roku na czerwonkę w czasie szerzącej się epidemii. Wybrany w czerwcu na rektora Uniwersytetu Jagiellońskiego nie zdążył objąć tego stanowiska. Był genialnym polskim fizykiem, który wyjaśnił wiele zjawisk w przyrodzie. Miał szereg pasji, był też wraz

z bratem Tadeuszem zamiłowanym alpinistą i pionierem wejść na niezdobyte wcześniej szczyty.

We wrześniu 2017 roku minęło 100 lat od śmierci wybitnego polskiego fizyka Mariana Smoluchowskiego. Dla uczczenia tej rocznicy Polskie Towarzystwo Fizyczne ogłosiło rok 2017 Rokiem

prof. Mariana Smoluchowskiego. Pamięć uczonego została także uhonorowana przez Senat Rzeczypospolitej Polskiej, który na posiedzeniu w dniu 28 czerwca 2017 roku jednogłośnie przyjął Uchwałę, w której przypomniał postać genialnego uczonego. Przyjęciu Uchwały towarzyszyła konferencja naukowa oraz wystawa zorganizowana na terenie Senatu RP. Ważnymi wydarzeniami w ramach rocznicowych obchodów były uroczystości na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie (3–7 września 2017 roku).



Ryc. 1. Marian Smoluchowski we Lwowie.

Marian Smoluchowski urodził się 28 maja 1872 r. w Vorderbrühl, koło Mödling, pod Wiedniem. Wkrótce rodzina przeniosła się do Wiednia i zamieszkała w kamienicy przy Alleegasse. Ojciec Wilhelm, doktor prawa Uniwersytetu Jagiellońskiego, był wysokim urzędnikiem w kancelarii cesarza Franciszka Józefa I. Prowadził referat do spraw polskich. Matka Teofila była siostrą Stanisława Szczepanowskiego, ekonomisty, wielkiego polskiego społecznika, demokraty i współtwórcy przemysłu naftowego w Galicji. W 1880 r. Marian Smoluchowski zaczął uczęszczać do klas wstępnych elitarnego gimnazjum – Collegium Theresianum w Wiedniu. Szkoła, założona w XVIII w. przez cesarzową Marię Teresę, mieściła się w dawnej letniej rezydencji cesarzy austriackich

– „Favorita”, niedaleko domu, w którym mieszkali Smoluchowscy. Akademia Teresjańska była jedną z najświetniejszych szkół średnich w ówczesnej Europie, a Smoluchowski był w niej prymusem. Już we wstępnych klasach gimnazjum rodzina Mariana Smoluchowskiego zapewniała mu prywatne, dodatkowe lekcje u Aloisa Höflera, ze szczególnie interesujących młodego ucznia przedmiotów: fizyki, matematyki i filozofii. W 1890 r. Marian Smoluchowski zdaje maturę i kontynuuje naukę na Uniwersytecie Wiedeńskim w zakresie fizyki klasycznej (1890–1894). Jeszcze przed ukończeniem studiów publikuje w biuletynie uczelnianym pierwszą swoją pracę, dotyczącą pomiarów tarcia wewnętrznego w cieczach niewodnych (1893). Rok później, w 1894 r., publikuje swoją pracę doktorską pt.: *Akustyczne badania nad sprężystością ciał miękkich*¹. Egzamin doktorski zdaje z wyróżnieniem w 1895 r. Otrzymuje dyplom doktora filozofii – *sub auspiciis imperatoris* oraz najwyższe odznaczenie uniwersyteckie, przysługujące wybitnym absolwentom – brylantowy pierścień nadawany z woli cesarza.

Pod koniec listopada 1895 r. Marian Smoluchowski wyjeżdża do Paryża, gdzie podejmuje uzupełniające studia na Sorbonie i w Collège de France oraz pracę badawczą u prof. G. Lippmanna nad promieniowaniem cieplnym (radiacją). Swoje teoretyczne rozważania i opis doświadczeń nad potwierdzeniem prawa Kirchhoffa – Clausiusa publikuje w 1896 r. na łamach „Comptes Rendus” i „Journal de Physique”. W lipcu 1896 r. Marian Smoluchowski wyjeżdża do Londynu, który zwiedza, a następnie przybywa do Glasgow, gdzie pod kierunkiem Williama Thomsona, czyli lorda Kelvina, podejmuje prace naukowo-badawcze i metodologiczne elektrycznych własności ciał, w szczególności gazów poddawanych działaniom promieni Röntgena. Wyniki swych prac doświadczalnych publikuje z końcem 1896 r. w pracy *Electrification of air by Röntgen rays*.

W kwietniu 1897 r. Smoluchowski opuszcza Glasgow i udaje się do Londynu. Po drodze zatrzymuje się na kilka dni w Cambridge, gdzie spotyka się z fizykiem Sir Josephem Johnem Thomsonem. W drugiej połowie kwietnia wsiada na statek, płynie do Niemiec i udaje się do Berlina. Tam uczy się na wykładach Helmholtza, Plancka, Fuchsa i van't Hoffa oraz uczestniczy w kolokwiach prof. E. Warburga, który był jednym z odkrywców „zjawiska poślizgu” zachodzącego w bardzo rozrzedzonych gazach. W laboratorium Warburga Smoluchowski prowadził badania nad przewodnictwem ciepła w gazach

¹ M. Smoluchowski, *Akustische Untersuchungen über die Elastizität weicher Körper*. „Wiener Berichte”, C. III, 1894.

rozrzedzonych i zafascynował się teorią kinetyczną gazów, którą będzie pogłębiał w swoich dalszych pracach. Teoria molekularno-kinetyczna prowadziła do wniosku, że podobne zjawisko tzw. „skoku temperatury” powinno wystąpić na granicy ciała stałego i gazu dostatecznie rozrzedzonego. Marianowi Smoluchowskiemu udało się skonstruować właściwą aparaturę i potwierdzić doświadczalnie założenia teorii. Był to początek rozwoju teorii kinetycznej i atomistyki, chociaż Smoluchowski dał początkowo tylko fenomenologiczne wyjaśnienie zjawiska. Ciepło i temperatura związane są z ruchem nieuporządkowanym drobin gazu. Temperaturze odpowiada energia kinetyczna cząsteczek, która jest wprost proporcjonalna do energii. Smoluchowski stwierdził, że tzw. skok temperatury między ciałem stałym a gazem jest odwrotnie proporcjonalny do ciśnienia oraz proporcjonalny do zmiany temperatury wewnątrz gazu na jednostkę długości swobodnej drogi molekuł gazu. Empirycznie wykazał, że w gazach temperatura z jednego ciała na drugie przenosi się skokowo, a nie w sposób ciągły. Zjawisko skoku temperaturowego, związane odąd z nazwiskiem Smoluchowskiego, stało się nowym dowodem na prawdziwość kinetyczno-molekularnej teorii gazów.² W sierpniu 1897 r. Smoluchowski wraca do Wiednia i odbywa ćwiczenia wojskowe.

W roku 1898 Uniwersytet Wiedeński powołuje 26-letniego Mariana Smoluchowskiego na stanowisko docenta w Katedrze Fizyki Teoretycznej i przyznaje prawo wykładania. Równolegle podejmuje Smoluchowski współpracę z warszawskim matematykiem Samuelem Dicksteinem. W „Pracach Matematyczno – Fizycznych”, tom X z 1898 r., zamieszcza pierwszy swój artykuł w języku polskim, dotyczący przeglądu teorii przewodnictwa cieplnego.

Z początkiem 1899 r. otrzymuje Marian Smoluchowski pismo od prof. Kazimierza Twardowskiego (również absolwenta Collegium Theresianum), z Wydziału Filozoficznego Uniwersytetu we Lwowie, z propozycją stanowiska docenta, objęcia katedry i prowadzenia wykładów z fizyki. Od drugiego, letniego semestru 1899 r. Smoluchowski prowadzi wykłady i ćwiczenia z fizyki już we Lwowie. Rok później, w 1900 r., zostaje mianowany profesorem nadzwyczajnym. W wieku 28 lat Marian Smoluchowski był chyba najmłodszym profesorem uczelnianym w całej monarchii habsburskiej.

Święta Bożego Narodzenia 1900 roku Smoluchowski spędza w Krakowie. Tam zaręcza się z Zofią

Baraniecką, córką profesora matematyki Uniwersytetu Jagiellońskiego – Mariana Baranieckiego. Po wspólnym pobycie w Zakopanem, wiosną 1901 r., narzeczeni biorą ślub, wakacje spędzają w Dolomitach. Mają dwoje dzieci: córkę Aldonę (1902–1984) i syna Romana (1910–1996) – również fizyka.

W 1901 r. Smoluchowski wyjeżdża jako delegat Uniwersytetu Lwowskiego do Anglii i Szkocji na jubileusz 450-lecia Uniwersytetu w Glasgow, gdzie otrzymuje nadany mu doktorat honorowy prawa (LLD). Pracując we Lwowie publikuje w 1900 r., w księdze pamiątkowej wydanej przez Uniwersytet Lwowski z okazji jubileuszu 500-lecia Uniwersytetu Jagiellońskiego, swoją pracę dotyczącą atmosfery Ziemi i planet³. Wykorzystał tu teorię kinetyczną i termodynamikę i zakwestionował dotychczasowe wyniki badań Kelvina. Wkrótce opublikował również kilka prac z dziedziny aerodynamiki i endosmozy, w tym: *Przyczynek do teorii endosmozy elektrycznej i kilku zjawisk pokrewnych* (1903). W 1903 r. Smoluchowski dla uczczenia 60. rocznicy urodzin Ludwika Boltzmana pisze też pracę ujmującą podstawowe zagadnienia teorii fluktuacji pt.: *O nieregularnościach w rozkładzie cząsteczek gazu i wpływie ich na entropię i równanie stanu*⁴. Była to ukryta polemika z panującymi wówczas w fizyce poglądami odnośnie teorii kinetycznej i teorii fluktuacji. Praca ta wytycza i ukierunkowuje generalną linię dalszej twórczości naukowej Mariana Smoluchowskiego.

W 1903 r. Marianowi Smoluchowskiemu, na wniosek Rady Wydziału Filozoficznego Uniwersytetu Lwowskiego, przyznano państwową nominację na profesora zwyczajnego. W tym czasie zagadnienia teorii kinetycznej i teorii fluktuacji rozwija Smoluchowski w szeregu dalszych swoich badaniach i publikacjach, z których najbardziej znaczące to: *O średniej swobodnej drodze cząsteczek gazu i o jej związku z teorią dyfuzji* (1906), *Zarys kinetycznej teorii ruchów Browna i roztworów mętnych* (1906), *Teoria kinetyczna opalescencji gazów w stanie krytycznym oraz innych zjawisk pokrewnych* (1907) oraz *O fluktuacjach termodynamicznych i ruchach Browna* (1914). Prace te postawiły Mariana Smoluchowskiego wśród najwybitniejszych fizyków świata. Szczególne znaczenie miało wyjaśnienie zjawiska ruchów Browna, gdzie określił ciecz nie jako ośrodek ciągły, lecz jako środowisko stale poruszających się chaotycznie cząstek. Nad tym problemem pracował Smoluchowski w latach 1900–1903 i w 1903 roku miał już gotową teorię, lecz zwlekał z jej

² M. Smoluchowski, Über Wärmeleitung in verdunnten Gasen. „Annalen der Physik und Chemie”, 64, 1898.

³ M. Smoluchowski, *O atmosferze ziemi i planet*. Lwów, 1900.

⁴ M. Smoluchowski, *Über Unregelmäßigkeiten in der Verteilung von Gasmolekülen und deren Einfluss auf Entropie und Zustandsgleichung*. [w:] „Boltzmann – Festschrift”, 1904.

opublikowaniem ze względu na empiryczne i ilościowe jej potwierdzenie w kolejnych doświadczeniach. Również teoria fluktuacji opracowana przez Mariana Smoluchowskiego należy do największych osiągnięć w fizyce molekularnej i fizyce statystycznej. Wyjaśniała ona szerokie spektrum zjawisk i procesów fizycznych i fizyko-chemicznych i miała przełomowe znaczenie dla teorii pola grawitacyjnego, dzięki wprowadzeniu przez Smoluchowskiego koncepcji „prawdopodobieństwa następczego”. W latach 1906–1907 piastuje godność dziekana Wydziału Filozoficznego Uniwersytetu we Lwowie. Równocześnie zostaje wybrany na prezesa Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika. W 1908 r. Wiedeńska Akademia Nauk przyznaje Marianowi Smoluchowskiemu za pracę o ruchach Browna nagrodę im. Haitingera. W tym samym roku Polska Akademia Umiejętności wybiera go na członka – korespondenta, a wiosną 1917 r. zostaje jej czynnym członkiem.

Smoluchowski jeździ po świecie, wygłasza odczyty, bada i publikuje. Jest uczonym o rozległym horyzoncie teoretycznym. Interesują go wciąż nowe, nierozwiązane jeszcze zagadnienia. Oryginalnym wkładem Smoluchowskiego dla rozwoju nauki są jego prace dotyczące zjawiska fałdowania gór oraz błękitu nieba. Jak pisze prof. Walery Goetel w swoich wspomnieniach o przyjacielu i towarzyszu górskich wędrówek: „Wszak błękit nieba, rozpięty nad górami czy przestworzem oceanu, były dwoma zjawiskami przyrody, które najbardziej zachwycały Smoluchowskiego, budziły w nim najżywszy podziw dla piękna przyrody”⁵.

Teorii fałdowania gór poświęcił Marian Smoluchowski dwie prace: *O pewnym zagadnieniu z teorii sprężystości i jego związku z wytworzeniem się gór fałdowych*⁶ oraz *Kilka uwag o fizycznych podstawach teorii górotwórczych*⁷. Były to prace wstępne, wnoszące zarys koncepcji i przygotowawcze do dalszych badań, których Smoluchowski już nie zrealizował. Opierały się na założeniu, że skorupa ziemską spoczywa na ciekłym podłożu, które doprowadza do trwałych, wielokrotnych sfałdowań. Prace te poddawały również krytyce istniejące dotychczas wyjaśnienia zjawiska fałdowania gór.

Badając zjawisko opalescencji krytycznej Smoluchowski przedstawił oryginalną teorię, w której

promień światła przechodząc przez niejednorodny (w związku z ruchem cząsteczek) gaz jest widoczny dzięki rozpraszaniu się światła na boki, przy czym przy bardzo małych cząstkach w środowisku zawiesziny rozproszone światło posiada barwę niebieską⁸. Następnie wyjaśnił teorię powstawania błękitnego zabarwienia nieba pośrednio z fluktuacji gęstości cząsteczek gazu, a bezpośrednio z opalescencji w pobliżu stanu krytycznego. Dla szczegółowego zbadania tego zjawiska (w latach 1914–1916) Smoluchowski skonstruował przyrząd w postaci metalowej rury, podzielonej przez diafragmę na kilka komór. Wnętrze rury było czarne, pokryte mieszaniną sadzy i gliceryny – taka czarna dziura. Odpowiedni układ soczewek i przesłon skupiał światło lampy łukowej w środku rury, a przez okienko w ścianie można było obserwować światło ugięte pod kątem prostym do biegu pierwotnej wiązki. Były jeszcze urządzenia do oczyszczania gazu i kondensator cylindryczny do usuwania jonów. Niefiltrowane powietrze wysyłało dość silne światło boczne, co było skutkiem jego rozpraszania przez unoszące się i świecące pyłki kurzu. Oczyszczone powietrze dawało światło spolaryzowane o słabej niebieskawej opalescencji. Badania nad błękitem nieba były ostatnimi pracami eksperymentalnymi Smoluchowskiego.

Marian Smoluchowski mówił na posiedzeniu publicznym Polskiej Akademii Umiejętności w dniu 20 maja 1911 r.: „Jednak każdy z nas obserwował je nieskończoną ilość razy (zjawisko opalescencji), gdy podziwiał błękit nieba lub żar wschodzącego słońca. Gdyby powietrze było środowiskiem zupełnie przezroczystym i jednorodnym, niebo także za dnia musiałoby być czarne i tylko temu, że jest ono do pewnego stopnia ośrodkiem mętnym, zawdzięcza niebo swoją jasność i błękitną barwę... Błękit nieba dla każdego, kto umie czytać w księdze przyrody, jest oczywistym dowodem słuszności atomistyki, gdyż dowodzi on, że powietrze posiada strukturę ziarnistą”⁹.

Pod koniec pobytu we Lwowie nazwisko Smoluchowskiego znane jest już w całej Europie, a wyniki jego prac włączone zostają do wykładów uniwersyteckich z fizyki. W roku 1912 Uniwersytet Jagielloński proponuje Marianowi Smoluchowskiemu objęcie katedry fizyki doświadczalnej po profesorze Augustynie Witkowskim. Smoluchowski przyjmuje propozycję

⁵ W. Goetel, *Marian Smoluchowski – człowiek gór*. „Wierchy”, R. 22. Kraków 1953., s. 96.

⁶ M. Smoluchowski, *O pewnym zagadnieniu z teorii sprężystości i jego związku z wytworzeniem się gór fałdowych*.

⁷ M. Smoluchowski, *Kilka uwag o fizycznych podstawach teorii górotwórczych*. „Kosmos”, Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika, R. 34, Lwów 1909.

⁸ M. Smoluchowski, *Molekular – kinetische Theorie der Opaleszenz von Gasen in kritischen Zustände*. 1906.

⁹ M. Smoluchowski, *Ewolucja teorii atomistycznej*. „Rocznik Akademii Umiejętności w Krakowie”, R. 1910–11.

i z nowym rokiem akademickim przenosi się do Krakowa. Po wybuchu pierwszej wojny światowej wojskowe władze austriackie zajmują Zakład Fizyki na szpital i aptekę. 1 stycznia 1915 r. Smoluchowski zostaje powołany do wojska. Przez pewien czas pełni funkcję oficera kompanii wartowniczej na kolei, a później zostaje przydzielony do cenzury wojskowej w Cieszynie. Po kilku miesiącach służby zostaje zwolniony i powraca do swoich zajęć uniwersyteckich w Krakowie. W latach 1916–1917 pełni funkcję dziekana Wydziału Filozoficznego UJ oraz należy do komitetu organizującego utworzenie Akademii Górniczej.

W tych latach zajmuje się intensywnie fizyką kolidów i koagulacją roztworów. Jeszcze w 1915 r. otrzymuje propozycję objęcia stanowiska profesora fizyki na Uniwersytecie Wiedeńskim, której przyjęcie rozważa. Jednakże propozycja ta w końcu upada, przy większości głosów przeciwnych, ze względów narodowościowych. Marian Smoluchowski zostaje wybrany 15 lipca 1917 r. rektorem Uniwersytetu Jagiellońskiego na rok akademicki 1917–1918. W kwietniu 1917 r. wspólnie z Walerym Goetlem odbył ostatnią swoją wycieczkę narciarską na Czerwone Wierchy. Część ferii letnich 1917 r. spędza w okolicach Ojcowa. Tam 22 sierpnia 1917 r. zapada na dyzenterię (czerwonka bakteryjna), której epidemia szerzyła się wówczas w Małopolsce. W czasie choroby pisał w liście do Walerego Goetla, że chciałby z nim wkrótce odwiedzić Zielony Staw Kieżmarski. Umiera 5 września 1917 r., w wieku 45 lat. Trzy dni później spoczął na cmentarzu Rakowickim w Krakowie. Jego dorobek naukowy obejmuje ponad 110 prac publikowanych w języku polskim, niemieckim, francuskim i angielskim. Był twórcą podstaw współczesnej fizyki.

Nie tylko w nauce Marian Smoluchowski osiągał wyżyn doskonałości. Jeszcze w młodości, zanim zaczął zajmować się poważnie działalnością naukową, zachwycał się pięknem odwiecznej i potężnej górskiej przyrody. Czar wielkiej przygody z górką przyrodą pociągał go zawsze. Nęciła go tajemniczość trudno dostępnych i niezwykłych, a ludzkim stopom dostępnych górskich szczytów i „romantyczna awanturność” wypraw. „Tam dusza jego odżywała, rozprostowywała się, w obcowaniu z przyrodą znajdowała ciszę i spokój, wszędzie szukał, widział on i odczuwał jedno wiekuiste, jedyne Piękno przyrody, nie skażone tchnieniem ludzkim i nim się rozkoszował... W chwilach takich zdawało mu się, jak mawiał, że

dusza jego wychodzi z powłoki cielesnej, roztopia się zupełnie w świecie i chwile te zupełnego zespolenia się jego wyobraźni z przyrodą, chłonięcia w siebie i oddychania jej przepotężnym tętnem były mu największym wytchnieniem, najwspanialszą nagrodą za wszystkie udreki” – mówił Walery Goetel we wspomnieniu pośmiertnym o Marianie Smoluchowskim, wygłoszonym na posiedzeniu krakowskiego oddziału Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, w grudniu 1917 r.¹⁰ – gdzie przedstawiał obraz „tej części życia genialnego uczonego i na najwyższą miarę nastrojonego, pełnego człowieka”. Tam na łonie Przyrody, która jest człowiekowi przyrodzona i której człowiek jest elementem przyrodzonym, odpoczywał od zgiełku cywilizacji i żmudnej, wyczerpującej naukowej pracy.

Będąc jeszcze uczniem Theresianum, w 1884 roku, mając lat 12, wędrował wraz ze swoim starszym o cztery lata bratem Tadeuszem po Alpach Wschodnich i wszedł na górę Obir (2100 m) w Karyntii. Tamże rozpostarł się przed nim przepiękny krajobrazowo widok wschodnich Alp. Uświadomił sobie wówczas, że aby dobrze poznać wysokogórski świat, powinien nabrać odpowiedniej kondycji fizycznej. Zaczął więc czynnie uprawiać gimnastykę, pływanie, wioślarstwo oraz jazdę konną, a później też inne zajęcia sportowe. Działalność wspinaczkową rozpoczął w wapiennych masywach Rax i Schneeberg, leżących w pobliżu Wiednia. Tam też wraz z bratem Tadeuszem wielokrotnie pokonywali wspólnie ściany, żleby, kominy i granie o wszelkich stopniach trudności, zarówno w lecie i w zimie. Jak wynika z zapisanych, lecz nieopublikowanych wspomnień brata Tadeusza, zaplanował on, żeby „poznać zimową przyrodę w każdej postaci, postanowiłem co roku co najmniej raz na miesiąc, w ten sam dzień, przedsięwziąć bez względu na pogodę większą wycieczkę na Rax lub Śnieżkę”.¹¹ Wspinaczki te odbywały się głównie w dni świąteczne, w okresie od połowy listopada do końca marca. Owocem wspólnych wspinaczek braci były m.in. nowe drogi na Rax przez Bärenloch, Wildfährte i Zerbenziegel. Jeszcze w 1885 r., podczas rodzinnego pobytu w Zakopanem, Marian Smoluchowski wraz z bratem wyprawiają się turystycznie na Zawrat i Świnicę oraz przechodzą Polski Grzebień. W 1886 r. Smoluchowscy wyprawiają się na wycieczkę w Isergebirge w Czechach.

Będąc na drugim roku studiów we Wiedniu, w 1891 r. Marian Smoluchowski wstępuje do sekcji

¹⁰ W. Goetel, *Ze wspomnień osobistych o ś. p. Maryanie Smoluchowskim*. Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika, „Kosmos”, R.42, Lwów 1917 s. 218–230.

¹¹ A. Teske, *Marian Smoluchowski. Życie i twórczość*. PWN, Warszawa, 1955, s.103.

akademickiej niemieckiego i austriackiego klubu alpejskiego – Deutscher und Österreichischer Alpenverein. Tam również należał jego brat Tadeusz. Z okazji 25. rocznicy przystąpienia do DÖAV Marian Smoluchowski otrzymał od zarządu klubu jubileuszową srebrną szarotkę i tytuł „Alter Herr”. Wystosował więc w dniu 16 listopada 1916 r. list z podziękowaniami, gdzie napisał: „Teren, który ukazuje się przed moimi oczami – to przede wszystkim teren Dolomitów, i wydaje mi się, że był on znacznie piękniejszy niż dla dzisiejszego turysty. Wszak był daleko pierwotniejszy i dawał okazję do prawdziwych wypraw odkrywczych, i jeżeli próbowaliśmy nowych dróg i nowych wejść, odczuwaliśmy nie tylko obiektywną wspaniałość gór, lecz i subiektywny urok działalności odkrywczej. Z tego co dały mi góry, trzy rzeczy uważam za najpiękniejsze:

1. przyzwyczajenie do podejmowania trudnych zadań,
2. radość z przewyciężania trudności,
3. zdolność do upiększania codziennego życia przez najwznioślejszą poezję: poezję świata gór.

Dziś nie przyłączyłbym się do tych, którzy pragną budować drogi i schroniska, lecz przeciwnie – do tych, którzy stowarzyszenie alpejskie pragną zamienić w towarzystwo ochrony przyrody”¹².

List ten pisał Marian Smoluchowski już z perspektywy swoich polskich doświadczeń.



Ryc. 2. Marian Smoluchowski nad Zmarzłym Stawem.

Mieszkając we Lwowie, z początkiem 1908 r. Smoluchowski zostaje przyjęty na członka Sekcji Turystycznej Towarzystwa Tatrzańskiego (S.T.T.T. – której zarząd urzędował wówczas we Lwowie), stając się tym samym również członkiem całego Towarzystwa. Towarzystwo Tatrzańskie rozwijało wówczas

aktywnie swoją działalność w zakresie ochrony górskiej przyrody. Rok wcześniej bracia Smoluchowscy zostali członkami Karpackiego Towarzystwa Narciarzy utworzonego we Lwowie. Dorobek alpinistyczny, taternicki, turystyczny, wspinaczkowy i wycieczkowy, letni i zimowy – narciarski obu braci Smoluchowskich jest imponujący. W latach 1891–1894 należeli do czołowych światowych alpinistów. Lata studiów uniwersyteckich były dla Mariana Smoluchowskiego okresem szczytowym, jeśli chodzi o osiągnięcia alpinistyczne. W latach 1891–1893 bracia Smoluchowscy odkryli 24 nowe drogi wspinaczkowe i dokonali 16 pierwszych wejść na niezdobyte jeszcze szczyty gór. Początkowo bracia chodzili z przewodnikami, a od 1890 r. już samodzielnie lub wspólnie z innymi wspinaczami. Ulubionym terenem wypraw braci są zawsze Dolomity, a szczególnie Grödneńskie w Alpach Wschodnich. Pierwsze większe wyprawy z przewodnikiem w 1889 r. podejmują w Wysokie Taury (Grossglockner – 3798 m) i Dolomity oraz w grupę Brenty, w Alpach Południowo-Wschodnich, a już samodzielnie w grupie Riesenferner (pierwsze wejście na Grosser Rotstein 3150 m – 2.07.1891). Dalsze pierwsze wejścia i nowe drogi braci Smoluchowskich, samodzielne lub z towarzyszami, dotyczą Alp Walijskich, w tym zdobycie Matterhornu 4482 m, Zinal Rothorn 4223 m, Dent Blanche 4364 m, Monte Rosa 4638 m i Zissel. W Alpach Wschodnich Marian Smoluchowski zwiedzał także różnymi drogami najważniejsze szczyty i grupy górskie, jak w Dolomitach: Croda da Lago, Monte Cristalo, Sass Maor, Marmolata, Langkofel, a w innych grupach tych Alp: Ortler, Sonnblick, Grossglockner czy Watzmann¹³. W 1898 r. bracia ponownie odwiedzają Wysokie Tury. Trasa wycieczki prowadziła od Grosses Wiesbachhorn (3570 m) do Grossglockner (3798 m). Ponadto w lecie 1909 roku w Alpach Berneńskich (Berner Oberland) Tadeusz i Marian Smoluchowscy, wspólnie z Zygmuntem Klemensiewiczem i Tadeuszem Kossowiczem, dokonują wejść na najwyższe szczyty: Rothornsattel 3370 m, Huggisattel 4089 m, Finsteraarhorn 4275 m, Lautebrunner Breithorn 3779 m oraz Jungfrau 4167 m.

W latach 1891–1893 Marian Smoluchowski podejmował również narciarskie wycieczki zimowe w piękne doliny Alp Wschodnich: Ennstal i Zillertal oraz narciarskie wspinaczki trudnymi szlakami na: Oedstein, Peterspfad, Kleiner Buchstein, Gross Greiner i Tribulaum.¹⁴

¹² A. Teske, *Marian Smoluchowski....*, dz. cyt., s. 18–19.

¹³ W. Goetel, *Marian Smoluchowski – człowiek gór....* dz. cyt. s. 85.

Podczas pobytu w Szkocji we wrześniu 1896 r. Marian Smoluchowski jako pierwszy Polak wchodzi na najwyższe szczyty wysp brytyjskich: Ben Nevis (1343 m) i Ben Lomond (1310 m). Skrót sprawozdania z tych wycieczek przedrukował „Taternik”¹⁵.

Po powrocie Smoluchowskich z Austrii do kraju Marian zamieszkał we Lwowie, a Tadeusz w Peceziżynie, a potem w Wolance koło Borysławia. Obaj byli pionierami polskiego narciarstwa. Marian w czasie wakacji często odwiedzał Alpy, gdzie nadal się wspinał. Uprawiał także zimową wspinaczkę w Karpatach Wschodnich. Od 1909 roku zaczął przyjeżdżać w Tatry, najpierw na szczytowe wycieczki narciarskie, głównie w Tatrach Zachodnich, a później również na wspinaczki. W 1911 r. zaferowano mu godność prezesa S.T.T.T. na roczną kadencję, którą przyjął. W tymże też roku – 24 sierpnia 1911 r., pod kierownictwem Mariana Smoluchowskiego odbyła się wspinaczkowa wycieczka siedmioosobowej grupy członków S.T.T.T. (po kolacji i „winnym wieczorze” poprzedniego dnia w schronisku przy Popradzkim Stawie) w składzie: Marian Smoluchowski, Janusz Chmielowski, Mieczysław Świerz, Jadwiga Roguska, Jerzy Żuławski, Waclaw Zakrzewski i Władysław Kulczyński jun., na Smoczy Szczyt (2523 m) przez Smoczą Grań w masywie Wysokiej¹⁶. Następnie 26 sierpnia Marian Smoluchowski z towarzyszami: Januszem Chmielowskim, Józefem Łukaszewiczem, Ignacym Królem i Waclawem Zakrzewskim, dokonują pierwszego przejścia zachodniej ściany Małej Kończystej (2463 m) dwoma wariantami. Jak wspomina Walery Goetel – Marian Smoluchowski: „rozwinął w szeregach Sekcji Turystycznej Towarzystwa Tatrzańskiego rozległą działalność taternicką i w ciągu kilku lat zwiedził z właściwą sobie systematycznością i wytrwałością wszystkie doliny tatrzańskie oraz dokonał wejść na szereg szczytów, także trudnymi drogami (np. na Szarpane Turnie czy Mnicha) Szczególnie często widziało go otoczenie Morskiego Oka, Doliny Koprowej i Rohaczy”¹⁷. Lubił odwiedzać Dolinę Pięciu Stawów Polskich.

W maju 1899 r. Marian Smoluchowski wybrał się na pierwszą wycieczkę w Karpaty Wschodnie. Jak sam pisał później, w tych górach pociągała go „tajemniczość owych trudno dostępnych, nigdy jeszcze przez narciarzy nie zwiedzanych stron”¹⁸. Odtąd przez szereg lat corocznie będzie wędrował i zwiedzał,

szczególnie zimą, owe tajemnicze góry. Tam bowiem pod Palenicą (1758 m) – w Górach Czywczyńskich, jak wierzą Huculi, a pisał Stanisław Vincenz, są źródła Czeremoszy, jest pępek świata i dzieją się czary. Tam też były onegdaj kresy dawnej Rzeczypospolitej. Tam były sławne Rozrogi Wincentego Pola, autora *Pieśni o domu naszym* i *Pieśni o ziemi naszej*.

Lato 1903 r. spędza Marian Smoluchowski z rodziną w Kosowie. Stamtąd robi wycieczki na całą grupę Czarnohory. W 1904 r. podejmuje się zimowego i letniego zwiedzania Beskidów Pokuckich. W 1906 r. zwiedza na nartach Paraszkę (1274 m). Wspólnie z członkami K.T.N. organizuje szereg trudnych, lecz pierwszorzędnych wypraw narciarskich we wszyst-



Ryc. 3. Marian Smoluchowski w Wiedniu.

kie grupy Karpat Wschodnich. Są to m.in. nieraz pierwsze zimowe wejścia narciarskie na: Pietrosa (1708 m), Howerlę (2058 lub 2061 m), Doboszanek (1754 m), Chomiak (1540 m) Stoh (1653 m). Pikuj (1657 m), Poleński (1694 m). W lutym 1909 r. bracia Smoluchowscy i Maksymilian Dudryk wraz z towarzyszami dokonują pierwszego zimowego wejścia na Sywulę (1836 m) w Gorganach. W grupie Karpat Marmaroskich, w dniach 2 i 3 kwietnia 1911 r, bracia Smoluchowscy przechodzą na nartach Mihailecul (1920 m) i Farcaul (1961 m).

¹⁴ Tamże s. 85.

¹⁵ M. Smoluchowski, *Wycieczki górskie w Szkocji*. „Taternik”. R. 1915 – 1921, Kraków 1921, s. 5–9.

¹⁶ M. Świerz, *Niepowrotny dzień*. „Taternik” R. 1915 – 1921, Kraków 1921, s. 14 – 17.

¹⁷ W. Goetel, Marian Smoluchowski...dz. cyt., s. 87.

¹⁸ M. Smoluchowski, *Mihailecul (1926 m) i Farcaul (1961 m) w zimie*. „Taternik” R. VII. Nr. 6, Kraków 1913.

Marian Smoluchowki bierze również udział w studenckich wyprawach narciarskich jako kurator sekcji narciarskiej Akademickiego Związku Sportowego w Krakowie. Wziął udział np. w pierwszym całkowitym przejściu zimowym głównego grzbietu Beskidów Zachodnich od Babiej Góry przez grupę Pilska do Milówki.

W czasie wolnym od pracy lub podczas podróży służbowych oraz w okresie ferii i wakacji Marian Smoluchowski w ciągu swojego krótkiego życia zdołał poznać najważniejsze partie gór europejskich. Gdy odwiedzał Niemcy, Austrię, Francję, Holandię, Danię, Szwecję, Norwegię, Wielką Brytanię, Szwajcarię, Hiszpanię, Włochy czy też przemierzał całe polskie ziemie, zawsze znajdował czas aby odwiedzić góry lub morze, by tylko na nie popatrzeć. Lubił wielkie przestrzenie.

Przyrodzoznawstwo, a głównie fizyka, było jedną z pasji Mariana Smoluchowskiego, do których zaliczał zamiłowanie do pracy naukowej, do poznawania prawdy o przyrodzie, umiłowanie gór, muzyki i malarstwa. Był typowym polskim szlachcicem, w pozytywnym znaczeniu tego słowa, człowiekiem o umyśle renesansowym. W jednym z listów z 1915 r. do swojego nauczyciela z Theresianum Alojzego Höflera (już profesora uniwersytetów w Pradze i Wiedniu) Marian Smoluchowski pisał: „dzięki Tobie nauczyłem się w gimnazjum czcić fizykę, matematykę i filozofię jako najmilsze przedmioty. Jak wiesz, jestem Polakiem i Polakiem pozostanę. Wszak wyrzekłem się właściwie już dawno wszelkiej społecznej, politycznej i narodowej działalności: wtedy, gdy po maturze zdecydowałem się obrać naukę za gwiazdę przewodnią. To jest podstawowa zasada, której pozostanę wierny i wobec której muszą ustąpić wszelkie inne względy”¹⁹.

Smoluchowski nie ograniczał się tylko do jednej dziedziny badań. Jego zainteresowania związane z wyjaśnianiem zjawisk przyrody były wszechstronne. Zawsze podkreślał ścisły związek fizyki z matematyką i filozofią. Uważał pogłębienie rozważań o filozoficzne i logiczne roztrząsanie różnych kwestii problemowych, w formie dyskusji sokratejskich, za kardynalny warunek ogólnego wykształcenia, pobudzającego do twórczego zastanawiania się nad istotą danego problemu²⁰. Pierwszą podstawą i obowiązkiem myślenia naukowego była dla niego wolność krytycznego myślenia. Zapewne wytwarzał w swoim umyśle immanentną płaszczyznę odniesienia, ową

cienką dyfuzyjną błonę, oddzielającą myśl od bytu, na której wulkany bytu wydzielające opary absurdu tworzyły zamgloną przestrzeń. Aby ją rozjaśnić wycyzłał linie twórczych myśli, poszukiwał ich zbiegu, punktów kardynalnych, tworzył w sposób transcendentny geometryczny obraz swych myśli i rozwiązywał dany problem.

Małżonka Mariana Smoluchowskiego, Zofia, w swoich wspomnieniach o mężu napisała: „Zaliczał siebie do romantyków, a więc do typu badaczy żadnych rozwiązań wielu tajemnic równocześnie, nie znajdujących nigdy spokoju”. Te cechy charakterystyczne jego ducha wyjaśniają fakt, że dziewięćdziesiąt kilka jego prac ogłoszonych drukiem odnosi się do bardzo wielkiej liczby dziedzin. Była to naprawdę „romantyczna”, młodzieńcza metoda pracy, bardzo nieekonomiczna. Na trzy miesiące przed śmiercią, 27 maja 1917 r., Marian Smoluchowski wygłasza obszerny odczyt podczas Zjazdu członków Towarzystwa Nauczycieli Szkół Wyższych, dotyczący znaczenia nauk ścisłych²¹. Mówi tam: „Nauki ścisłe, uznające tylko prawa przyrody i własny rozum człowieka, były zawsze antidotum, były odtrutką przeciwko ślepej wierze w autorytety, przeciwko niewolniczej służalczości umysłów. I w szkole również wyrabiają one samodzielność sądu, odwagę przekonań przez krzewienie głębokiej czci dla ścisłości i obiektywnej sprawiedliwości, przez uwielbienie prawdy! Prowadzą one walkę z błagą i z frazesem, chorobami, które toczą nasze społeczeństwo i zniekształcają nasz język literacki, zwłaszcza w dzielnicy, która przez długi czas, pod obuchem politycznej niewoli, jak najstaranniej tępić musiała zmysł prawdomówności.”

Marian Smoluchowski stwierdzał też, że „o wewnętrznej rzeczywistości nigdy nie pewnego orzec nie możemy”, podkreślał, że świat istnieje realnie, obiektywnie, a „istotne prawa, znane nam lub nie, pozostają zawsze i wszędzie niezmiennie, niezależne od formy, jaką im nadaje rozwój nauki”; zaprzeczał również twierdzeniom, że w zjawiskach fizycznych skutek jest zawsze proporcjonalny do przyczyny. Marian Smoluchowski był romantykiem i realistą, jego myśl była krytyczna; obalał mity, nie był uległy. Być może był w pewnym sensie transcendentalnym empirystą i lekarzem fizyki.

Tekst artykułu o Smoluchowskim oparty jest częściowo na artykule Janusza Machulika, który ukazał się w tomie 25 pamiętnika PTT.

¹⁹ A. Teske, *Marian Smoluchowski...* dz. cyt., s. 264–265.

²⁰ M. Smoluchowski, *Znaczenie nauk ścisłych w wykształceniu ogólnym*. „Muzeum”, t. XXXII, Kraków 1917.

²¹ M. Smoluchowski, *Znaczenie nauk ścisłych w wykształceniu ogólnym*, [w:] *Wybór pism filozoficznych*. PWN, Warszawa 1956, s. 328–360.

PROFESOR TEOFIL CIESIELSKI – WSPÓLZAŁOŻYCIEL GALICYJSKIEGO TOWARZYSTWA DLA OGRODNICTWA I PSZCZELNICTWA ORAZ POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA WE LWOWIE

Jerzy Gnerowicz (Kalisz), Michał Skoczylas (Szczecin)

17 stycznia 1875 roku z inicjatywy trzech profesorów: Feliksa (Szczęsnego) Kreutza, Bronisława Radziszewskiego i Juliana Niedźwieckiego zostało powołane we Lwowie Polskie Towarzystwo Przyrod-



Ryc. 1. Profesor Teofil Ciesielski (fotografia wykonana ok. roku 1900). Fotografia ze zbiorów archiwalnych J. Gnerowicza.

ników im. Kopernika. Do grona założycieli należeli również inni uczeni tamtejszego środowiska, w tym: Emil Godlewski senior, Marcei Nencki, Szymon Syrski, Marian Łomnicki, Józef Rostafiński, Eugeniusz Janota, Tomasz Stanecki, Henryk Strzelecki, Edward Tanger i Władysław Tyniecki oraz ówczesny kierownik Katedry Botaniki Lwowskiego Uniwersytetu, prof. dr Teofil Ciesielski. Z racji przypadających w ostatnich dwóch latach rocznic związanych z osobą ostatniego z wymienionych członków tego grona, postanowiliśmy zająć się właśnie prof. Ciesielskim, bowiem uroczyste obchodziliśmy w ub. roku setną rocznicę jego śmierci (maj 2016), a w roku bieżącym sto siedemdziesiąte urodziny (listopad 2017).

W związku z tymi rocznicami pszczelarze zrzeszeni w Regionalnym Związku Pszczelarzy Wielkopolski Południowej im. prof. T. Ciesielskiego w Kaliszu oraz władze Polskiego Związku Pszczelarskiego postanowili jesienią 2016 roku przywołać z zapomnienia postać tego zasłużonego przyrodnika i pszczelarza. Współautorzy tego artykułu uczestniczyli w tych

wydarzeniach i poczytują sobie za zaszczyt umożliwienie przez Szanowną Redakcję czasopisma *Wszecławiat* przypomnienia jego Czytelnikom sylwetki tego polskiego uczonego.

Działalności prof. dr Teofila Ciesielskiego nie da się opisać w kilkudziesięciu zdaniach, bowiem jego aktywność odnotowano na wielu płaszczyznach. Przede wszystkim należał do kręgu profesury Uniwersytetu Lwowskiego, gdzie pełnił obowiązki kierownika Katedry Botaniki. Prócz tego przynależał i aktywnie działał w innych instytucjach i organizacjach we Lwowie, w tym przede wszystkim jako współzałożyciel, a następnie lider Galicyjskiego Towarzystwa dla Ogrodnictwa i Pszczelnictwa; był także członkiem Rady Miasta Lwowa. Już w oparciu o te informacje łatwo wyobrazić sobie, że sfera zainteresowań zawodowych i społecznych profesora była bogata i wielokierunkowa. Mając do dyspozycji ograniczoną objętość ograniczyliśmy rozmiar niniejszej publikacji do ram obejmujących jego życiową pasję, tj. do pszczelarstwa, któremu obok pracy zawodowej poświęcił praktycznie całe swoje dorosłe i naukowe życie.

Interesujący się historią pszczelarstwa ksiądz Stanisław Mazak pisał, że przyszedł profesor już jako chłopiec kolekcjonował owady, rośliny, ptasie jaja i temu podobne ciekawostki przyrodnicze, co – jak twierdził – wyraźnie wskazywało na przyrodniczy kierunek jego zainteresowań. Z racji ich kontynuacji w okresie studiów przeszedł do historii jako jeden z pionierów fizjologii roślin, ale w annałach nauk przyrodniczych zapisał się przede wszystkim jako badacz pszczół i gorący propagator nowoczesnych metod ich chowu. Znając wkład profesora w rozwój tej dziedziny ludzkiej aktywności oraz zasług, jakie położył na tym polu, także poza granicami Galicji, jesteśmy zdania, że warto przybliżyć pokoleniu współczesnych przyrodników jego sylwetkę, dorobek naukowy i życiowy. Wyrażamy bowiem wspólny pogląd, że w hierarchii zasług dla krajowego i europejskiego pszczelarstwa w XIX wieku profesor Teofil Ciesielski uplasował się w gronie pszczelarzy polskich jako

persona numer dwa – tuż po pasieczniku światowej sławy, księdzu doktorze honoris causa Janie Dzierżonie, do którego przylgnął przydomek *Księżę Ula*.

Wróćmy jednak do miejsca narodzin wielkiego Polaka. Teofil Ciesielski urodził się 13 listopada 1847 roku w miasteczku Grabów nad Prosną w Południowej Wielkopolsce. W owym czasie znajdowało się ono w zaborze pruskim w granicach Wielkiego Księstwa Poznańskiego.

Każdy, kto zainteresuje się postacią słynnego pszczelarza z Grabowa, poszukiwanie informacji o nim zapoczątkuje zapewne od dostępnej literatury pszczelarskiej – wszelkiego rodzaju słowników i encyklopedii, z pewnością też zajrzy, jak to jest w dzisiejszej modzie, do Internetu. Jest niemal pewne, że już na wstępie tej wędrówki zaskoczy go niekonsekwencja danych dotyczących jego daty urodzenia. Otóż w wielu źródłach podawana jest błędna data urodzin profesora, mianowicie dzień 17 listopada 1846 roku, podczas gdy z zapisów w Parafialnej Księdze Chrztałów znajdującej się w Archiwum Diecezjalnym w Poznaniu, w której pierworodny syn Anny z domu Strybel i Józefa Ciesielskiego zapisany jest pod numerem 1847/77 wynika, że prawdziwa jest pierwsza z wyżej wymienionych dat.



Ryc. 2. Grupa abiturientów śremskiego gimnazjum w roku 1867. W środku siedzi wychowawca klasowy, dr Stanisław Szenic. Pierwszy od prawej stoi 20-letni Teofil Ciesielski. Fotografia z Internetu.

O dzieciństwie, latach szkolnych i studenckich prof. Ciesielskiego zachowało się niewiele informacji. Wiadomo, że szkołę elementarną ukończył w Grabowie nad Prosną, gdzie placówką tą kierował jego ojciec. Naukę na poziomie gimnazjalnym odbył w latach 1860–65 w Gimnazjum Królewskim w Ostrowie Wielkopolskim, a następnie w Gimnazjum w Śremie, gdzie w roku 1867 uzyskał maturę. Grupa, z którą tego dokonał, liczyła 20 uczniów i stanowiła dopiero drugi rocznik abiturientów tej szkoły. Nikomu nie przyszłoby wówczas do głowy, że niektórzy z tego grona wniosą w przyszłości istotny wkład w społeczny,

gospodarczy i kulturalny rozwój polskiej społeczności rozdartej pomiędzy trzech zaborców. Okazało się po latach, że w dwudziestoosobowej grupie śremskich abiturientów znaleźli się dwaj przyszli profesorowie Uniwersytetu Lwowskiego – prócz Teofila Ciesielskiego także profesor Antoni Kalina oraz znany wielkopolski pozytywistyczny działacz społeczny i gospodarczy, ks. Piotr Wawrzyniak.

Wśród niewielu wiadomości o najwcześniejszym okresie życia profesora zachowała się informacja bardzo cenna, dzięki której wiadomo, że ojciec Teofila trudnił się chowem pszczół i utrzymywał w szkolnym ogrodzie pasiekę. Będąc nauczycielem trudniącym się pszczelarstwem został zaproszony do udziału w kursie pszczelarskim zorganizowanym we współpracy z ks. Janem Dzierżonem przez postępowego ziemianina z Lewkowa k. Ostrowa Wielkopolskiego, Wojciecha Lipskiego. Działacz ten upatrywał w środowisku nauczycieli szkół ludowych kandydatów zdolnych do propagowania na wsi nowych zasad gospodarki pasiecznej. To sprawiło, że profesor Teofil Ciesielski zaliczany jest do grona tych sławnych pszczelarzy, którzy wychowywali się pod kierunkiem ojców będących pasiecznikami. Zapewne nie było to bez znaczenia, bo z czasem zawędrował na wyżyny pszczelarstwa. Teofil pomagał ojcu w pasiece, więc stosunkowo wcześniej wyżył się lęku przed pszczołami. Dzięki późniejszej wnikliwej obserwacji ich życia nieustannie doskonalił swą wiedzę o nich, w końcu zgromadził takie jej bogactwo i praktyczne doświadczenie, że zajęcie to stało się jego życiową pasją i w sprawach pszczelarstwa mógł stać się wyrocznią dla innych.

Zapewne pierwszy w dziejach Grabowa matura zdał się po ukończeniu gimnazjum na studia przyrodnicze do Berlina, jednak prawdopodobnie już po roku przeniósł się do Wrocławia, skąd miał bliżej do domu, i kontynuował studia aż do ich ukończenia w roku 1871 na Wydziale Filozoficznym Uniwersytetu Wrocławskiego pod kierunkiem jednego z twórców mikrobiologii, znanego botanika Ferdinanda Juliusa Cohna. Uczony ten opracował podstawy klasyfikacji bakterii na podstawie ich kształtu i jako pierwszy wykazał, że bakterie laseczkowate w niekorzystnych dla nich warunkach środowiskowych mogą przyjmować postać przetrwalników.

Ciesielski nie zerwał kontaktu z wrocławską uczelnią po uzyskaniu dyplomu, lecz podjął w niej pracę w charakterze asystenta u założyciela i dyrektora Ogrodu Botanicznego, profesora botaniki, Heinricha Roberta Göpperta (1800–1884). Jako jego asystent pełnił jednocześnie obowiązki kustosa uniwersyteckich zbiorów botanicznych. Funkcję tę sprawował przez dwa semestry w roku akademickim 1871/72.

Teofil był młodzieńcem ambitnym i pracowitym i wykorzystał ten czas na kontynuowanie studiów – dziś powiedzielibyśmy doktoranckich – pod kierunkiem sławnego już wówczas profesora Ferdynanda Cohna. W tym czasie prowadził w pracowni profesora Cohna w Instytucie Fizjologii Roślin doświadczenia nad wzrostem roślin. Niespodziewanie okazały się one mieć charakter odkrywczy. Na podstawie uzyskanych wyników Teofil Ciesielski napisał rozprawę doktorską pt. *Badania nad zakrzywianiem się korzenia ku dołowi* (*Untersuchungen über die Abwärtskrümmung der Wurzel*). Praca ta, obroniona w 1872 roku, wyjaśniała częściowo zjawisko geotropizmu, tj. reakcji korzeni roślinnych na siłę przyciągania ziemskiego.

Odkrywczy charakter doświadczeń Teofila Ciesielskiego i ustalonych na ich podstawie wniosków wzbudził w środowisku europejskich przyrodników spore zainteresowanie, a tym samym uznanie dla ich autora. Po tym fakcie pozycja świeżo upieczonego doktora filozofii wyraźnie zwyżkowała na europejskim rynku pracy. Gdy z końcem semestru zimowego zwolniło się na Uniwersytecie Lwowskim miejsce po profesorze Weissie, kierownictwo uczelni odrzucając kandydatury dwóch innych ubiegających się o tę posadę przyrodników niemieckich powierzyło Katedrę Botaniki i organicznie związany z nią Ogród Botaniczny 26-letniemu Wielkopolaninowi, doktorowi Teofilowi Ciesielskiemu. Odkrycie prawideł rządzących reakcją korzeni roślinnych w obliczu grawitacji ziemskiej było pierwszym, ale zarazem chyba ostatnim spektakularnym jego dokonaniem na polu botaniki, bowiem na przeszkodzie rozwojowi dalszych jego zainteresowań botaniką okazała się uśpiona dotąd dusza pasiecznika. Już pierwsze miesiące pobytu profesora Ciesielskiego we Lwowie zaowocowały zainteresowaniem się pszczołami, o co wielu późniejszych recenzentów życia naukowego profesora na polu botaniki miało do niego pretensje. Czy w związku z tym decyzja władz uczelnianych o zatrudnieniu właśnie jego okazała się słuszną?

Wiele można by mówić na ten temat, ale nie o wszystkim zamierzamy tu pisać. Z konieczności ograniczymy się jedynie do słów obecnego Dziekana Wydziału Biologii Lwowskiego Narodowego Uniwersytetu im. Iwana Franka, prof. dr Igora Khamara oraz Kierownika Katedry Botaniki i Ogródu Botanicznego, prof. dr Lidii Tasienkiewicz, które z ich ust usłyszała delegacja pszczelarzy polskich na spotkaniu w Katedrze w grudniu 2015 roku. Uczestnicy delegacji dowiedzieli się wówczas, że *prof. Ciesielski wspomniany jest na Uniwersytecie nie tyle jako uczyony zasłużony na polu botaniki, co jako wybitny pszczelarz. Ale też usłyszeli, że nikt przed nim, ani nikt po nim*

nie dokonał takiego wyczynu jak on: sprawowania na Uniwersytecie kierownictwa katedry przez 44 lata.

Profesor zapowiadał się jako wspaniały botanik – stwierdził dziekan. Z czasem okazało się, że kosztem zadań związanych z pełnioną w uczelni funkcją poświęcił się swojemu prawdziwemu powołaniu i pasji, a było nią pszczelarstwo. W tym sensie, choć był postacią wybitną, to zarazem niejednoznaczna – powiedział. Przetrwały do dzisiejszego czasu informacje, iż narzekano na niego, ponieważ zaniedbał powierzony mu odcinek nauki, ale tłumaczono to w ten sposób, że „pszczoły nie pozwoliły mu zrobić dla botaniki więcej”.

Trudno odmówić racji wypowiedziom współczesnych pracowników lwowskiej uczelni, ale z perspektywy czasowej w działalności Ciesielskiego dopatrzeć się można także innych racji. Nie miejsce tu na rozwodzenie się w tej sprawie, toteż osoby szczerze zainteresowane postacią profesora Teofila Ciesielskiego odsyłamy do poświęconej mu książki, wydanej przez współautora tego artykułu z okazji setnej rocznicy jego śmierci.

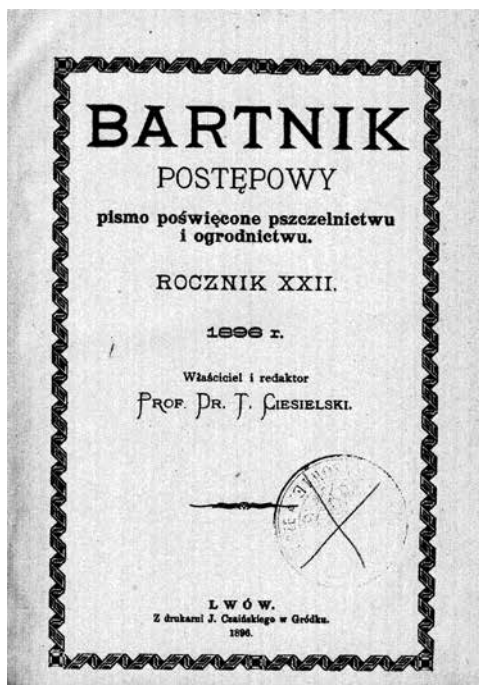


Ryc. 3. Fotografia prof. T. Ciesielskiego wykonana w atelier E. Trzemeskiego we Lwowie ok. rok 1876. Zamieścili ją w czasopiśmie *Wiadomości Botaniczne* (nr 3–4 z 2015 r. str. 116) Piotr Köhler i Matthias Svojtka. Wg ich informacji zdjęcie pochodzi z albumu dedykowanego austriackiemu botanikowi Eduardowi Fenzlowi (1808–1879) z okazji jego 70. urodzin. Znajduje się w archiwum Uniwersytetu w Wiedniu (kolekcja historyczna sygn. PN1/18).

Świat miał okazję poznać profesora w różnych rolach. Prócz tej, w której zaangażował się jako botanik i nauczyciel akademicki, w pamięci potomnych szczególnie zapisał się jako lider i działacz galicyjskiego środowiska pszczelarskiego, propagator i krzewiciel postępu w gospodarce pasiecznej, badacz życia pszczół i odkrywca wielu ich tajemnic. Wiele czasu poświęcił także upowszechnianiu postępu w ogrodnictwie oraz edukacji społeczeństwa wiejskiego w obu tych dziedzinach. Szczególny rozgłos uzyskał jako autor i wydawca kilku cenionych (także poza Galicją) podręczników pszczelarskich, a ponadto setek

artykułów publikowanych przez 40 lat na łamach wydawanego przez niego pisma *Bartnik Postępowy*.

W krótkim czasie po przybyciu do Lwowa profesor założył własną pasiekę i zapisał się do Sekcji Pszczelarskiej przy Towarzystwie Gospodarskim we Lwowie. W późniejszych latach jego pasieki liczyły nawet 200 i więcej rodzin pszczelich. Lwowskie środowisko pszczelarzy, pomimo że początkowo nieliczne, cechował jednak istotny potencjał intelektualny i organizacyjny. Wypada jednak wiedzieć, że pierwszą organizacją skupiającą pszczelarzy w Galicji było założone w roku 1868 roku Towarzystwo Pszczelnico-Jedwabniczo-Sadownicze w Kołomyi. Po jego połączeniu w roku 1870 z Towarzystwem Ogrodniczym zostało przemianowane na Galicyjskie Towarzystwo Pszczelnico-Jedwabniczo-Sadownicze. W tym czasie Lwów został ustanowiony stołecznym miastem autonomicznej Galicji i nabierał coraz większego znaczenia jako krajowe centrum administracyjne, gospodarcze i naukowe, a na kanwie Sekcji Pszczelarskiej Towarzystwa Gospodarskiego we Lwowie i Towarzystwa kołomyjskiego w roku 1875 powstało Galicyjskie Towarzystwo Pszczelnico-Ogrodnicze. Tym samym przeniesiono siedzibę władz stowarzyszenia do Lwowa. W niewiele zmienionej formie organizacja ta przetrwała do upadku monarchii habsburskiej.



Ryc. 4. Strona tytułowa jednego z zeszytów *Bartnika Postępowego* z roku 1896.

Już od początku włączenia się w nurt działań środowiska pszczelarskiego profesor Ciesielski okazał się działaczem wyjątkowo aktywnym. Zwołał zjazd zjednoczeniowy i planowanie zmian

w statucie łączyły się z zapowiedzią przygotowania na to wydarzenie projektu uła, nazwanego już na tym etapie *ulem Towarzystwa*. Miał on przybliżyć nadzieję na ujednoczenie pasiek pod względem konstrukcji posiadanych uli, a tym samym na unowocześnienie galicyjskiego pszczelarstwa. Zadanie to powierzono trzyosobowemu zespołowi doświadczonych pszczelarzy, nad pracami którego przewodnictwo powierzono profesorowi Teofilowi Ciesielskiemu. Zapewne ze względu na pomyślne wykonanie tego zadania oraz prestiż wynikający z profesorskiej posady na miejscowym Uniwersytecie, a także fakt, iż stał się wydawcą pisma pszczelarskiego pt. *Bartnik Postępowy*, w zarządzie zjednoczonego krajowego zrzeszenia pszczelarskiego powierzono Ciesielskiemu obowiązki wiceprezesa, a po dwóch latach godność prezesa. Zjednoczoną organizacją ogrodnico-pszczelarską kierował nieprzerwanie przez kolejnych osiemnaście lat. Nieco wyręczył go w prezesowaniu w okresie lat 1890-95 Zygmunt Dembowski, wybrany prezesem decyzją zjazdu delegatów, podczas którego dokonała się fuzja Galicyjskiego Towarzystwa Pszczelnico-Ogrodniczego z Towarzystwem Ogrodnico-Sadowniczym we Lwowie w jedną organizację o nazwie: Zjednoczone Galicyjskie Towarzystwo dla Ogrodnictwa i Pszczelnictwa. Po niespodziewanym zgonie Zygmunta Dembowskiego profesor Ciesielski ponownie przyjął obowiązki przewodniczącego Stowarzyszenia i kierował nim aż do śmierci w roku 1916.

W tym czasie profesor współpracował z wieloma działaczami wywodzącymi się ze środowiska galicyjskich pasieczników, przyrodników, ogrodników i nauczycieli wiejskich, pozyskując ich tym samym dla celów i zadań Towarzystwa. W skład grona jego najbliższych współpracowników wchodził: Jan Marcinków (nadleśniczy), Paweł Szuber (pszczelarz) i prof. Jan Leciejewski (1854–1929). Z czasem grono to powiększali jego uczniowie, do których zaliczał się m.in. doktor Józef Tomkiewicz (1877–1962). Po I wojnie światowej uczonego ten został wykładowcą botaniki i pszczelarstwa na Uniwersytecie im. Jana Kazimierza we Lwowie, a po roku 1945 wykładowcą w wyższych uczelniach rolniczych w Cieszynie, Poznaniu i Bydgoszczy.

Za główny cel statutowy Towarzystwa w dziedzinie pszczelarstwa należałoby uznać szeroko pojętą pracę oświatową i organizatorską w środowisku wiejskim. By cele te zrealizować, organizacja starała się pozyskać ludzi światłych. Nic dziwnego, że profesor gromadził wokół siebie doświadczonych działaczy wiejskich oraz pszczelarzy – i to nie tylko z najbliższego otoczenia, ale także z dalszych okolic. Podobna filozofia działania obowiązywała w stosunku do innych działań

gospodarstwa wiejskiego, które prócz pszczelarstwa wchodziły w zakres zainteresowań Towarzystwa. Kierunek i ciężar tej działalności coraz bardziej przechylał się w stronę galicyjskiego chłopstwa, w oparciu o sieć szkół ludowych oraz wiejską inteligencję. Osoby odpowiednio przeszkolone na kursach Towarzystwa zdolne były realizować na wsi prace wynikające z celów zapisanych w statucie Towarzystwa.



Ryc. 5. Ule na Ukrainie J. Stanisławskiego (olej, 1895) – to jedno z nielicznych dzieł dokumentujących zanikające z galicyjskiego krajobrazu z końcem XIX wieku pasieki, które królowały tu przed przybyciem prof. Ciesielskiego.

Towarzystwo działało za pośrednictwem systematycznie rozwijanej sieci oddziałów terenowych, które tworzyły podstawowy szkielet jego struktury organizacyjnej. To głównie od ich sprawności i pomocy udzielanej im przez zarząd krajowy zależała realizacja celów statutowych organizacji. W praktyce osiągnano je poprzez stosowanie różnych metod i form pracy oświatowej, takich jak: organizowanie odczytów, wykładów, kursów, pogadanek, pokazów i wystaw pszczelarskich i ogrodniczych. Zakładano poletka doświadczalne i plantacje nowych wydajnych odmian roślin uprawnych, organizowano również pokazy obsługi sprzętu ogrodniczego i pszczelarskiego. Towarzystwo pośredniczyło także w zakupie materiału szkółkarskiego, cukru na zimową paszę dla pszczół, przekazywało nieodpłatnie szkołom nasiona warzyw i roślin miododajnych i prowadziło szereg innych działań o charakterze oświatowym.

Wszystkie te cele i działania znajdowały odbicie na łamach *Bartnika Postępowego* w postaci artykułów, tematycznych doniesień, dyskusji propagujących postęp i nowości. Od 1881 poszerzono jego problematykę o *inne drobne gałęzie gospodarstwa wiejskiego*, co było rodzajem ukłonu w stronę istniejącego we Lwowie od 1866 roku Towarzystwa Ogrodniczo-Sadowniczego. W obliczu zespolenia się z końcem lat osiemdziesiątych obu organizacji profesor Ciesielski jeszcze bardziej wzbogacił wydawane przez siebie pismo w tematykę ogrodniczą. Właśnie od tego czasu obserwujemy na jego łamach bardziej

zróżnicowany wachlarz informacji, doniesień i artykułów z dziedzin ogrodnictwa i sadownictwa, porad fachowych o chowie drobnego inwentarza, uprawie grzybów jadalnych, pielęgnacji przydomowych ogrodów, zakładaniu i prowadzeniu inspektów itp. Decyzję tę uzasadniały m.in. względy ekonomiczne, bowiem ówczesnym działaczom zajmującym się problematyką gospodarstwa wiejskiego wydawało się, że wielokierunkowość produkcji gospodarstw chłopskich zwiększała ich ekonomiczne bezpieczeństwo – w przypadku niepowodzenia któregośkolwiek kierunku produkcji, w tym także pasiecznej, zmniejszała automatycznie ryzyko prowadzenia gospodarstwa.



Ryc. 6. Kószi – ule wyplatane ze słomy, których od kilkudziesięciu lat próżno szukać w ukraińskich i polskich pasiekach. Muzeum w Gödöllő. Fot. J. Gnerowicz.

Na czoło kierunków pracy oświatowej i organizatorskiej, z oczywistych względów także działalności profesora i pozostałych członków zarządu, wysuwały się takie cele jak: organizowanie kolejnych oddziałów Towarzystwa w celu pokrycia ich siecią całej Galicji, a w przedmiocie pszczelarstwa zasad nowoczesnej gospodarki. Do priorytetowych zadań na polu pszczelarstwa zarząd zaliczał: zwalczanie najgroźniejszej choroby pszczół, tj. zgnilca złośliwego i propagowanie ramowego *ula Towarzystwa* oraz szeroko rozumianej racjonalizacji gospodarki pasiecznej, zaś w dziedzinie ogrodnictwa – zakładanie sadów, inspektów, ogrodów przydomowych, propagowanie uprawy krzewów owocowych, nowych gatunków i odmian warzyw, grzybów jadalnych i w końcu troska o estetykę otoczenia domów.

Problematyka ta nie tylko zapełniała szpalty *Bartnika Postępowego*. Przedmiotem troski prezesa Towarzystwa i zarządu było, by równolegle znajdowała wyraz w programach i treści działań organizowanych dla pszczelarzy, sadowników, gospodarzy i gospodyń wiejskich, by była obecna w takich formach pracy stowarzyszenia jak: kursy z dziedziny pszczelnictwa lub ogrodnictwa, względnie szkolenia o tematyce łączonej, odczytów i pogadarek, poletek i pokazów wdrożeniowych itp. Początkowo prowadził je profesor Ciesielski, z roku na rok wspomagany coraz liczniejszą rzeszą współpracowników i pomocników w osobach przeszkolonych działaczy terenowych, współpracujących z Towarzystwem nauczycieli wiejskich, w końcu także nielicznej kadry etatowych instruktorów organizujących pokazy, demonstracje sposobów wdrażania nowości, promujących wzorcowe przydomowe ogrody i pasieki, przydomowe sady, organizujących rejonowe wystawy i inne formy oddziaływania na świadomość ludności wiejskiej.



Ryc. 7. Ul Ciesielskiego z przystawką w zbiorach Skansenu Pszczelarzkiego w Swarzędzu k. Poznania. Fot. J. Gnerowicz.

Od chwili powołania profesora w 1875 roku do składu zarządu Towarzystwa, niezmiernie jeździł on w teren, organizując kolejne oddziały powiatowe. Gdy organizacja objęła swym oddziaływaniem już większość kraju, rozmiary prowadzonych przez organizację działań zaczęły w końcu przekraczać możliwości ich wykonania przez wolontariat społeczny. W konsekwencji tego powołano do pracy dwa inspektoraty terenowe, które zatrudniały wyspecjalizowanych inspektorów. Ich zadaniem było szerzenie wiedzy i postępu w dziedzinach określonych w statucie poprzez organizowanie wiejskich bądź rejonowych spotkań, obsługiwanie zebrań członkowskich i wygłaszanie tematycznych pogadarek, prowadzenie naboru kandydatów na szkolenia i kursy, organizowanie pokazów działania i obsługi nowego sprzętu, obsługi uli ramowych dla kandydatów na pszczelarzy

i podobnych zajęć praktycznych w pasiekach. Instruktorzy wytypowali dla potrzeb szkolenia praktycznego liderów terenowych, tj. postępowych pasieczników i gospodarzy wiejskich, tworząc tym sposobem sieć gospodarstw pełniących rolę lokalnych ośrodków postępu rolniczego, które były objęte bezpośrednią opieką działaczy i pracowników Towarzystwa.

Ta sprawdzona już w świecie forma pracy oświatowej opartej na bazie gospodarstw przykładowych polegała na tym, że instruktorzy i przeszkoleni nauczyciele organizowali w nich spotkania dla okolicznych pszczelarzy i gospodarzy w celu przeprowadzenia szkoleń praktycznych z dziedziny ogrodnictwa i pszczelarstwa. Obejmowały one instruktaż obsługi uli i nowego sprzętu pszczelarskiego oraz ogrodniczego, propagowanie efektów doświadczeń prowadzonych w tych gospodarstwach, zaś jeśli chodziło o włościan – zapoznanie ich z wynikami uzyskanymi na poletkach doświadczalnych, na których można było obserwować efekty uprawy nowych, bardziej wydajnych gatunków i odmian, miododajnych roślin pastewnych, krzewów oraz drzew owocowych. Tego rodzaju działania określano pojęciem *agronomii społecznej*.

Hołdując jednej z naczelnych zasad pozaszkolnej oświaty rolniczej, że *nic tak nie przekonuje jak naoczne przykłady*, do zadań tych wykorzystywano nie tylko sieć gospodarstw przykładowych, lecz także sieć szkolnych ogródków edukacyjnych. Szkoły, które miały ku temu warunki, wykorzystywano jako miejsca, gdzie przeprowadzono szkolenia i odczyty. Prócz organizowanych przez Towarzystwo kursów i odczytów, profesor znajdował czas, by osobiście prowadzić w wyższych uczelniach okręgu lwowskiego wykłady z zakresu pszczelnictwa, tj. w Politechnice Lwowskiej, Akademii Rolniczej w Dublanach czy w Żeńskim Seminarium Gospodarczym w Snopkowie oraz w Szkole Ogrodniczej prowadzonej przez Towarzystwo od roku 1890.

Owa dwoistość zainteresowań gospodarczych Towarzystwa zaskakuje większość współczesnych czytelników archiwalnego już *Bartnika Postępowego*, bowiem współcześni pszczelarze kojarzą profesora jedynie z *ulem Ciesielskiego* oraz gospodarką pasieczną, co jest oczywiście wyobrażeniem nie uwzględniającym wszystkich celów Towarzystwa i tym samym wydawcy *Bartnika*, a to z tej prostej przyczyny, że nigdy nie interesowali się działalnością galicyjskiego stowarzyszenia pszczelarskiego.

Po części należałoby ten stan rzeczy złożyć na karb kontynuatorów tradycji profesora w okresie międzywojennym, a więc nieodległym po jego śmierci. Dziwi to o tyle, że małopolska organizacja pszczelnicza z siedzibą we Lwowie postanowiła kontynuować

wydawanie *Bartnika Postępowego* mimo śmierci właściciela tego pisma, choć w części wywodzili się oni z grona jego dawniejszych współpracowników. W roku 1918 redakcja dokonała jedynie korekty profilu tematycznego pisma na korzyść zagadnień poświęconych pszczelarstwu, rezygnując z treści przeznaczonych dla osób interesujących się innymi działami gospodarstwa wiejskiego – jak to miało miejsce przed rokiem 1914.

Wyobrażenie o tym, do jakiego stopnia wydawca *Bartnika Postępowego* promował na łamach swego pisma także inną niż pszczelarstwo problematykę, daje dopiero bezpośredni wgląd w spis treści którejkolwiek z roczników. Łączna objętość wszystkich roczników (przez pierwszych dwanaście lat dwutygodnik, potem już do 1914 roku miesięcznik) z reguły znacznie przekraczała dwieście stron i zawierała rozprawy pszczelnicze, ogrodnicze i ogólnorolne. Niektóre z numerów były hojnie *kraszone* różnego rodzaju poradami, rozmaitościami gospodarskimi, czasami nawet wierszykami o tematyce pszczelarskiej, licznymi doniesieniami z życia struktur powiatowych czy rejonowych Towarzystwa, bo to właśnie ich prężność oraz talenty terenowych liderów stanowiły o rzeczywistej sile sprawczej Zjednoczonego Galicyjskiego Towarzystwa dla Ogrodnictwa i Pszczelnictwa.

Z oczywistych względów profesor nie był – bo też nie mógł być – autorem wszystkich artykułów. Trudno w kilkuset zeszytach je zliczyć, ale śmiało można twierdzić, że było ich około tysiąca. Jako wydawca ograniczał się na ogół do publicystyki pszczelniczej, choć w każdym z roczników można dopatrzeć się licznych wyjątków od tej zasady. Głównie polegał na gronie wypróbowanych i wyspecjalizowanych współpracowników pisma. Osobiście zamieszczał też w *Bartniku* wiele komentarzy – głównie o charakterze redakcyjnym. Czasopismo było wydawane przez 40 lat, ukazało się w około sześciuset zeszytach w ilości ponad dziesięć tysięcy stron.

Wdrożenie w rezultacie działań Towarzystwa do powszechnej praktyki nowego typu ula zostało zaliczone do spektakularnych osiągnięć lwowskiego uczonego. Polegało ono na realizacji konkretnego pomysłu, który ostatecznie powiódł się, a to m.in. dzięki temu, iż cel ten skonkretyzowano w formie zadania dla całej organizacji.

Już wspomnieliśmy, że w pierwotnej wersji ul pomysłu profesora nosił nazwę *ula Towarzystwa*. Z czasem zaczęto go nazywać *ulem Słowiańskim* albo *ulem Galicyjskim*. Z upływem czasu napłynęło szereg postulatów i wniosków, by jego pierwowzór zmodyfikować, co też się stało. W wielu gospodarstwach bez zmieniania jego podstawowej konstrukcji dodawano

do niego nadstawkę, względnie zwiększono liczbę ramek gniazdowych lub – by osiągnąć ten sam cel – dodawano na okres wziętku przystawki z kilkoma ramkami. Te wszystkie pomysły udoskonalające *ul Towarzystwa* uwzględnił w kolejnych latach nauczania jego pomysłodawca. W końcu pojawił się wśród działaczy pomysł, by w konsekwencji ul ten nazwać *ulem Ciesielskiego*.

Przez okres pierwszych lat ule te ciągle zyskiwały na popularności i cieszyły się nią przez wiele lat. Pasieki, które zdecydowały się wprowadzić je w miejsce uli kładowych, już od następnego roku zwiększały wydajność uzyskiwanego miodu. W końcu doszło do tego, że w urodzajnych latach podaż miodu w Galicji osiągnęła poziom, który sygnalizował potrzebę zastanowienia się nad sposobami jego zagospodarowania. Nic dziwnego, że w niektórych rejonach niemal jak grzyby po deszczu wyrastały pasieki zbudowane z uli promowanych przez Galicyjskie Towarzystwa Ogrodniczo-Pszczelnicze. Fakt ten stał się w końcu jednym z ważniejszych argumentów na rzecz zmiany nazwy *ula Towarzystwa* czy *ula Słowiańskiego* na *ul Ciesielskiego*. Okazało się jednak, że profesor publicznie wyraził dezaprobatę dla tego pomysłu, toteż mógł on zmaterializować się dopiero po jego śmierci. To najkrótszy sposób wyrażenia historii ula lwowianina. Czytelników zainteresowanych wyczerpującą historią tego ula odsyłamy do książki o profesorze Ciesielskim.

Ostatnie sprawozdanie z działalności zarządu Towarzystwa, jakie zostało opublikowane na łamach *Bartnika*, dotyczyło roku 1913. W tym czasie Towarzystwo zrzeszało 2635 członków zgrupowanych w 34 oddziałach – na ogół o charakterze powiatowym. Po wybuchu pierwszej wojny światowej Ciesielski zaprzestał wydawania czasopisma.

Formą działalności o największej skuteczności oddziaływania na społeczność wiejską były w tamtym czasie wystawy. Każdorazowo obrazowały aktualny poziom produkcji ogrodniczej i pasiecznej w Galicji, obfitowały w nowinki i dawały wyobrażenie o szansach na postęp; pozwalały też śledzić nowości już wdrożone do praktyki, jak i te, które dopiero napływały ze świata. Wzorem innych krajów wchodzących w skład monarchii habsburskiej, galicyjskie wystawy rolnicze i ogrodniczo-pszczelarskie odbywały się za każdym razem w innym regionie kraju.

Krajowej wystawie w 1913 roku, ostatniej przed wybuchem I wojny światowej, towarzyszył doroczny zjazd delegatów Towarzystwa. Zaprezentowano wówczas tzw. *Ogród Włociański*, tj. propozycję przykładowego sposobu zagospodarowania otoczenia chałupy wiejskiej. Wśród włościan zwiedzających wystawę był on przedmiotem szczegółowych oględzin,

bowiem mogli oni odnieść z niego wiele korzyści. Za tę część wystawy Ministerstwo Rolnictwa nagrodiło Towarzystwo, wyróżniając je Dyplomem Honorowym.

Z ogródka zwiedzający przechodzili do pasieki. Nadesłano ule z dwóch pasiek. Pnie zasiedlone pszczołami wystawił także dr Ciesielski. Natomiast wyjątkowo bogato reprezentowany był zbiór uli pustych – wyrobionych ze słomy bądź z drewna. Z małymi wyjątkami były to ule Słowiańskie. Najdłużej zwiedzający zatrzymywali się przy bezdenkach słomianych, z których po zdjęciu powały można było wyjmować ramki i oceniać sytuację wewnątrz ula, co dr Ciesielski nie tylko okazywał naocznie na bezdenku z pszczołami, ale objaśniał zarazem, jak można najkorzystniej prowadzić skomplikowaną gospodarkę w takich bezdenkach i w ulach Słowiańskich. Z dalszej treści sprawozdania dowiadujemy się ponadto, że najwyższe uznanie Jury zjednały sobie także doskonale odrobione ule słomiane ks. Jarygo z Krakowa, Myślickiego z Kosmowicz na Litwie, Pawła Szubera z Nesterowiec, jak i ule i bezdenki wyrobione przez uczniów Szkoły Ogrodniczej Towarzystwa, z drewnianych zaś ule Władysława Korkowskiego z Powołoczysk, Zaremby z Wielogłów powiat Nowy Sącz, który wystawił także ramkę przeznaczoną na miód w plastrach, E. Koteckiego z Horod ule i przybory pszczelarskie, nadzwyczaj schludnie i dobrze odrobione "półbliźniaki" na zapasowe roje i na ramki miodowe do sprzedaży wystawione przez Towarzystwo, ule drewniane E. Motylewicza z Turki i inne. Spore zainteresowanie skupiało się także na ulu „Bramiaku” Antoniego Kremiera ze Środy w Księstwie Poznańskim, ulu o wypukłej powale Kwiatkowskiego z Leszna – także w Księstwie Poznańskim. Nie jedne to eksponaty dostarczone lub nadesłane na wystawę. Prócz uli zwiedzający podziwiali m.in.: 6-plastrową miodarkę o kole pędzącym pionowo, miodarkę gospodarską Syrka, prawidła do wyrobu słomianych uli Słowiańskich i bezdenków rozbieralnych wystawione przez doktora Ciesielskiego, prawidła do przyrządzania i zbijania ramek, daszki drewniane, drewniane korytko do karmienia pszczół (propozycja doktora Ciesielskiego).

Na łamach *Bartnika Postępowego* sprawozdawca informował, że dalszy kierunek zwiedzania prowadził gości do szklarni, gdzie wystawiono liczne okazy ogrodnicze. M.in. podziwiano ekspozycję Towarzystwa zawierającą okazy wielu odmian jabłek i gruszek i trzy odmiany brzoskwiń pochodzące ze Szkoły Rolniczej w Czernichowie. Wielu sadowników prezentowało tam także odmiany owoców ze swych ogrodów, w tym nadesłane przez hrabinę Dzieduszycką i hrabiego Andrzeja Potockiego. Między tymi owocowymi eksponatami wystawiono całą baterię butelek miodów pitnych i win owocowych nadesłanych

przez kilkudziesięciu wystawców. W pierwszym oszklonym pawilonie wystawione były ponadto nasiona warzyw i narzędzia ogrodnicze, narzędzia do oczkowania i szczepienia drzew i krzewów...

Były jeszcze pawilony drugi i trzeci.

Drugi wypełniały ekspozycje owoców i warzyw dostarczone przez wystawców z różnych powiatów Gali-cji, a nawet przez Edmunda Jankowskiego z Warszawy czy ze Studium Rolniczego z Krakowa.

W trzecim rozłożyli się ogrodnicy miejscowi – z Lwowa i okolicy. Tu dominowali wystawcy kwiatów, wśród których szczególną uwagę zwracała kolekcja odmian róż z hodowli księżnej Lubomirskiej z Miżyńca i dział urządzony przez Towarzystwo złożony z drzewek i krzewów owocowych.

Z wielkim zainteresowaniem zwiedzający oglądali w wydzielonej gablocie prezentację przedstawiającą życie pszczół i ich stadia rozwojowe oraz rodzinę pszczelą w oszklonym ulu. Przygotował ją dr Ciesielski...

Długi okres przygotowań ekspozycji wystawowej pt. *Ogród Włóściański* – łącznie kilkanaście tygodni – był zdaniem sprawozdawcy wynikiem ambitnego projektu wystawy.

Pochyleni nad lekturą sprawozdania z przygotowań i przebiegu wystawy jeszcze dziś jesteśmy pełni uznania dla możliwości organizacyjnych, jakie kryło w sobie Towarzystwo kierowane wizją profesora Ciesielskiego i zarządu, którego pracami kierował.

Na koniec słowo od autorów: kto choć raz w życiu organizował jakąkolwiek wystawę z udziałem licznej rzeszy wystawców rozproszonych na dużym obszarze, będzie w stanie wyobrazić sobie rozmiar trudu organizatorów na etapie projektowania i przygotowania wystawy, pracy i zaangażowania dziesiątek osób w związku z koniecznością zwiezienia i dostarczenia eksponatów do Lwowa, będzie w stanie wyobrazić sobie dni i tygodnie pracy, by uzyskać opisywany przez sprawozdawcę efekt.

Okoliczności narodzin projektu wydawniczego czasopisma *Bartnik Postępowy* w zasadzie nie są znane. Był to pomysł związany z zaangażowaniem prywatnych środków wydawcy, toteż należałoby sądzić, że nie pojawił się bez zastanowienia. Nie obawiając się w związku z tym popełnienia większego błędu, przyjęliśmy, że był rezultatem wcześniejszych kontaktów, a może nawet uzgodnień profesora ze środowiskiem lwowskich i kołomyjskich pasieczników, zapewne wpisywał się też w osobiste nadzieje i dalsze plany profesora zainteresowania pszczołami i pszczelarstwem. Ukazanie się pierwszego numeru *Bartnika* nie było zatem niespodzianką, bo Ciesielski nie mógł ukrywać się ze swym zamiarem, który z całą pewnością upublicznił już w sferze projektowania

i przygotowań, trwających kilka miesięcy. Z odpowiednim wyprzedzeniem informował bowiem potencjalnych czytelników o zamiarze wydawania tematycznie sprofilowanego czasopisma, do czego wykorzystał formę ogłoszeń w czasopiśmie kierowanych do odbiorców wiejskich w Galicji, w Wielkim Księstwie Poznańskim i w Królestwie Kongresowym. Tym sposobem zachęcał zainteresowane osoby do wcześniejszego zgłaszania całorocznej prenumeraty pierwszego rocznika.

Prócz wydawanego przez 40 lat czasopisma Ciesielski zgromadził w swoim dorobku piśmienniczym także wydawnictwa zwarte. Niekwestionowanym osiągnięciem profesora jest dwutomowe *Bartnictwo czyli hodowla pszczół dla zysku oparta na nauce i wielostronnym doświadczeniu* (t.1 – 1888, t.2 – 1890). Książkę tę uznano w tamtym czasie za jedno z najlepszych dzieł pszczelarskich w Europie i przyniosła ona autorowi europejską sławę. Ostatnie, piąte wydanie tego dzieła ukazało się w roku 1908. Według prof. Leciejewskiego dzieło (t. 2 – *Gospodarka w pasiece*) zostało przetłumaczone na język rosyjski w roku 1903 i także doczekało się kilku wznowień; ostatnie miało miejsce w roku 2002. W tymże samym roku nakładem *Sądeckiego Bartnika* ukazał się polski reprint pierwszego wydania tego historycznego dzieła.

Podobnym powodzeniem cieszyło się *Miodosytnictwo, czyli sztuka przerabiania miodów i owoców na podstawie własnych badań*, w którym profesor Ciesielski opisał sposoby wytwarzania miodu pitnego i win owocowo-miodowych oraz musujących, piwa miodowego i jałowcowego oraz napojów bezalkoholowych, a także *prowadzenie fermentacji*. Praca ta wydana we Lwowie w roku 1890 doczekała się kilku wydań; ostatnie trzy pochodziły z lat: 1925, 1999 i 2015.

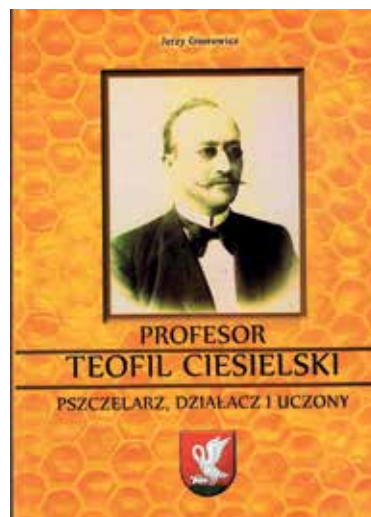
Z roku 1899 pochodzi podręcznik zatytułowany *Zarys Botaniki*, rok później Ciesielski wydał książeczkę *O suszeniu owoców i warzyw* (1900), nagrodzoną przez Akademię Umiejętności w Krakowie. W następnych latach ukazało się ponadto kilka innych drobniejszych druków. Cały ten ogrom dorobku pisarskiego profesora Ciesielskiego, wraz z 40-letnim nakładem *Bartnika Postępowego*, ukazał się w oparciu o środki własne autora.

Profesor Ciesielski włączał się w prace popularyzatorskie również w Polskim Towarzystwie Przyrodników im. Kopernika – brał udział w przygotowaniu *Kroniki naukowej* w pierwszym numerze czasopisma *Kosmos* (w 1876 roku), a w jego drugim numerze streścił pracę profesora Juliusa Wiesnera nad wpływem światła na parowanie wody z roślin. Jak wynika ze spisu opublikowanego w *Kosmosie* w 1889 roku, był jednym ze 153 członków Towarzystwa.

Profesor Teofil Ciesielski zmarł 8 maja 1916 roku, w trakcie zajęć ze studentami. Został pochowany na Cmentarzu Łyczakowskim we Lwowie. Przez kilkadziesiąt lat jego grób pozostawał zaniedbany. Przed obchodami stulecia śmierci z pomocą pszczelarzy lwowskich odnaleziono miejsce pochówku – zapomniane, zapewne przez nikogo nie odwiedzane, zarosnięte przez kępę jeżyn i pokrzyw. W roku przypadającej rocznicy 100-lecia jego śmierci polscy



Ryc. 8. Na fotografii: efekt zwieńczenia starań Komitetu przygotowującego wykonanie statuy z podobizną prof. T. Ciesielskiego. Fot. J. Gnerowicz.



Ryc. 9. Strona tytułowa okładki książki o prof. T. Ciesielskim wydana w roku 2016.

pszczelarze zlecieli uporządkowanie miejsca dawnego grobu i ufundowali nagrobek wraz ze statua zawierającą podobiznę profesora wykonaną z brązu.

Nie opisujemy tu historii poszukiwania miejsca pochówku profesora Teofila Ciesielskiego oraz starań

o jego trwałe oznaczenie. Osoby zainteresowane tą historią znajdą zapewne satysfakcjonujące informacje w książce poświęconej prof. Teofilowi Ciesielskiemu, która została wyszczególniona w bibliografii jako podstawowe źródło informacji wykorzystanych do napisania niniejszego artykułu.

W publikacji tej Czytelnicy znajdą także opis przebiegu uroczystości rocznicowych, o których była mowa na wstępie, a które odbywały się jesienią 2016 roku w dwóch miejscach: na Cmentarzu Łyczakowskim we Lwowie oraz w Grabowie nad Prosną, gdzie przed 170 laty bohater tego artykułu przyszedł na świat.

Obecnie kilkusobowy zespół przyrodników przygotowuje elektroniczną wystawę fotograficzną upamiętniającą postać profesora Ciesielskiego. Będzie ona wkrótce dostępna na stronie internetowej Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika w zakładce „Galeria”: <http://www.ptpk.org/galeria.html>. Autorzy zachęcają do pogłębiania studiów nad życiem i pracą naukową profesora, zasłużonego dla krajowego i europejskiego pszczelarstwa, a zarazem jednego z ojców Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, które jest niestrudzoną wydawcą czasopisma *Wszechświat*.

Bibliografia

1. Ciesielski T. O prof. dra J. Wiesner'a: Untersuchungen über den Einfluss des Lichtes und der strahlenden Wärme auf die Transpiration der Pflanzen. Kosmos 1877; 2: 284.
2. Gnerowicz J. Profesor Teofil Ciesielski. Pszczelarz, działacz i uczoney. Polski Związek Pszczelarski, Kaliskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, 2016. ss. 218.
3. Mazurkiewicz-Zapałowicz K., Skoczylas M. Trwałe ślady życia i aktywności profesorów lwowskich. O początkach Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika. Szczecińskie Zeszyty Kresowe 2012; 14: 35–36.
4. Mazurkiewicz-Zapałowicz K., Skoczylas M. Trwałe ślady życia i aktywności profesorów lwowskich cz. 2. Założyciele Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika. Szczecińskie Zeszyty Kresowe 2013; 15: 22–30.
5. Sprawozdanie Zjednoczonego Galicyjskiego Towarzystwa dla Ogrodnictwa i Pszczelnictwa za rok 1913. Bartnik Postępowy 1914; 1: 1–6.

mgr inż. Jerzy Gnerowicz – emeryt, absolwent Akademii Rolniczej w Poznaniu (wydziały: leśnictwa i rolnictwa) oraz Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu; mistrz pszczelarski. Autor czterestu książek oraz prawie stu publikacji o tematyce pszczelarskiej. E-mail: jerzy.gnerowicz@poczta.onet.pl

dr n. med. Michał M. Skoczylas – lekarz i nauczyciel akademicki w Pomorskim Uniwersytecie Medycznym w Szczecinie, sekretarz Sekcji Nauk o Człowieku Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika. E-mail: emes@e-post.pl

JUBILEUSZOWE 50. SYMPOZJUM SPELEOLOGICZNE, KIELCE–CHĘCINY 20–23.10.2016

Elżbieta Dumnicka, Wojciech Wróblewski

Sympozja Speleologiczne to interdyscyplinarne spotkania badaczy środowiska podziemnego oraz eksploratorów jaskiń. W dniach 20–23 października 2016 r. w Kielcach i w Chęcinach odbyło się już 50. Sympozjum, w którym udział wzięło 118 osób, w tym goście zagraniczni, np. przedstawiciel Międzynarodowej Unii Speleologicznej, P. Bosak z Czech.

Z wyjątkiem pierwszego spotkania, zorganizowanego przez Kieleckie Towarzystwo Naukowe (Seminarium Speleologiczne I Ogólnopolskiego Zjazdu Badaczy Krasu w Kielcach i św. Katarzynie, 29.05–1.06.1963), wszystkie sympozja przeprowadzone zostały pod auspicjami Sekcji Speleologicznej Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, która

powstała w 1964 roku. Jednak główny ciężar organizacji kolejnych spotkań w konkretnym regionie spada na osoby prowadzące działalność naukową lub eksploracyjną (w ramach różnych instytucji) w danym terenie. Tym razem w przygotowaniu sympozjum, prócz Sekcji Speleologicznej, uczestniczyło wyjątkowo dużo instytucji: Speleoklub Świętokrzyski w Kielcach, Instytut Ochrony Przyrody PAN Kraków, Instytut Nauk Geologicznych UJ, Geopark Kielce, Muzeum Historyczno-Archeologiczne w Ostrowcu Świętokrzyskim, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy,

rodników im. Kopernika i bogato ilustrowany, głównie własnymi zdjęciami, przegląd kolejnych sympozjów zaprezentował J. Baryła. Był on uczestnikiem zebrania założycielskiego Sekcji i prawie wszystkich sympozjów, więc łatwo zrozumieć, dlaczego Prelegent nie zmieścił swego wystąpienia w przewidzianym czasie (przy pełnej akceptacji słuchaczy). Na zakończenie tej sesji J. Urban przypomniał historię Nagrody i Medalu (od roku 1996 tylko Medalu) im. Marii Markowicz-Łohinowicz, przyznawanego przez Sekcję autorom najlepszych publikacji o tematyce speleologicznej.



Ryc. 1. Zdjęcie grupowe uczestników 50. Sympozjum Speleologicznego pod ośrodkiem wypoczynkowym „Jodelka” w Św. Katarzynie (fot. T. Mleczek).

Wydział Geologii UW oraz Instytut Geografii Uniwersytetu J. Kochanowskiego w Kielcach. Zgodnie z niepisaną tradycją Sekcji, na pamiątkę pierwszego Seminarium Speleologicznego, które miało miejsce w regionie świętokrzyskim, spotykamy się na tym terenie przy okazji kolejnych jubileuszowych (co dziesiątych) sympozjów.

Oficjalne otwarcie oraz wspomnieniowo-historyczna sesja referatowa i posterowa miały miejsce w czwartek, 20 października, w Centrum Geoedukacji w Kielcach. Sytuację w środowisku grotołozów z początkiem lat 60. oraz okoliczności zorganizowania Seminarium Speleologicznego I Ogólnopolskiego Zjazdu Badaczy Krasu i jego przebieg przedstawił B. W. Wołoszyn – uczestnik i *spiritus movens* tamtego spotkania. Następnie okoliczności powstania Sekcji Speleologicznej Polskiego Towarzystwa Przy-

Przegląd miejsc spotkań, tematyki oraz terminów 49 poprzednich Sympozjów przedstawiono na posterach, przygotowanych przez licznych autorów i wspinał zilustrowanych „historycznymi” i współczesnymi zdjęciami. Najczęściej (13 razy) spotykaliśmy się na terenie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej, największym obszarze krasowym Polski (M. Gradziński, J. Partyka, A. Tyc). Siedmiokrotnie byliśmy w Tatrach (M. Gradziński), Sudetach (K. Stefaniak, U. Ratajczak) oraz Górach Świętokrzyskich (J. Urban, A. Kasza i T. Wróblewski). Jaskinie w skałach fliszowych Beskidów odwiedziliśmy czterokrotnie (G. Klassek, J. Pukowski), a Górny Śląsk (A. Polonius, J. Szulc, A. Szykiewicz) i lubelszczyznę (R. Dobrowolski, Z. Cierech) – trzykrotnie. W dwóch ostatnio wymienionych terenach, prócz form krasowych rozwiniętych w skałach węglanowych triasu i kredy, oglądaliśmy historyczne

wyrobiska górnicze. Obiekty podziemne w skałach gipsowych były tematem dwóch spotkań na Pomorzu (J. Urban, A. Kasza). W trakcie sympozjów odwiedziliśmy również jaskinie Pienin (M. Gradziński, J. Baryła), jaskinie nad brzegiem Bałtyku oraz niewielkie obiekty krasowe w okolicach Inowrocławia (J. Urban), a także podziemne fortyfikacje Międzyrzeckiego Rejonu Umocnionego (K. Stefaniak, U. Ratajczak).

W trakcie następnej sesji tego samego dnia (20 października) zaprezentowane zostały wyniki badań zjawisk krasowych oraz jaskiń północnej i zachodniej części permsko-mezozoicznego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich (A. Wierzbowski, B. Rzonca, Z. Złonkiewicz, A. Kasza, M. Ludwikowska-Kędzia, J. Urban). Już w godzinach wieczornych uczestnicy Sympozjum zwiedzili wystawę w Centrum Geoedukacji (przeznaczoną, co prawda, głównie dla znacznie młodszych widzów) oraz Podziemną Trasę Turystyczną w kamieniołomie na Kadzielni w Kielcach. Następnego dnia (21 października) w Europejskim Centrum Edukacji Geologicznej w Chęcinach koło Kielc odbyła się główna sesja referatowa, w trakcie której wygłoszono aż 27 referatów i zaprezentowano 16 posterów. Tematyka sesji była bardzo szeroka – od wyników badań geologii i geomorfologii krasu (J. Szczygieł, H. Hercman, M. Błaszczak, M. Gradziński, A. Tyc, J. Szulc, W. Bardziński, M. Fila, A. Gądek, P. Sala, M. Zatorski) oraz zastosowania nowoczesnych metod geofizycznych i geodezyjnych w dokumentacji podziemi (J. Ziętek, A. Sobczyk, M. Adamczak, G. Gajek, A. Zieliński, J. Szulc, K. Mięsiak-Wójcik), po problemy ochrony i wykorzystania obiektów podziemnych i krasowych (G. Barczyk, A. Jedynek, M. Kaczorowski, M. Zatorski). Kilka referatów i posterów dotyczyło badań biologicznych (bakterie, grzyby i bezkręgowce, palinologia) (D. Lajn, R. Ogórek, E. Baraniok, E. Dumnicka, J. Kocot-Zalewska, M. Jelonek), paleobiologicznych (A. Marciszak, U. Ratajczak), a także archeologicznych (K. Cyrek, M. Sobczyk, M. Wojenka) i historycznych (J. Szulc). Wyniki prac eksploracyjnych, inwentaryzacyjnych i geotechnicznego zabezpieczenia jaskiń były tematem zarówno referatów (G. Klassek, J. Zygmunt), jak i na posterów (J. Jędrzyk, K. Kasprowska-Nowak, K. Najdek). Rezultaty interdyscyplinarnych badań Jaskini Perspektywicznej (Wyżyna Częstochowska) pokazane zostały na posterze (M. Sudoł) i zaproponowano ich popularyzację w biuletynie (M.T. Krajcarz).

Prócz sesji referatowych i posterowych w programie sympozjum są zawsze sesje terenowe, w trakcie których prezentowane są „na żywo” wyniki najnowszych badań przeprowadzonych w odwiedzanych

obiektach: jaskiniach i innych obiektach podziemnych oraz kamieniołomach. Tym razem w ramach przed-sympozjalnej sesji terenowej grupa grotolazów i speleologów przeszła najdłuższy system jaskiń regionu świętokrzyskiego (3670 m): Chelosiowa Jama–Jaskinia Jaworznicka, znajdujących się w Jaworzni k. Kielc. Kolejny dzień w terenie (22 października) rozpoczął się od wykonania pamiątkowego zdjęcia przed ośrodkiem wypoczynkowym „Jodełka” w miejscowości Święta Katarzyna. Przed tym budynkiem (zwanym wtedy Domem Wycieczkowym PTTK) sfotografowali się ponad pięćdziesiąt lat temu uczestnicy pierwszego Seminarium Speleologicznego. Następnie zwiedziliśmy rezerwat przyrody „Skały w Krynkach” z kilkoma małymi jaskiniami w skałach piaskowcowych, niewielkie jaskinie w wapieniach górnourajskich w dolinie rzeki Kamiennej koło Podgrodzia, „Zapadłe Doły” w Lasach Starachowickich, gdzie zespół lejów krasowych rozwiniętych w wapieniach górnourajskich przykryty jest kilkumetrową warstwą osadów piaszczystych oraz nieczynny kamieniołom tych wapieni w Skarbce Dolnej, zagospodarowany do celów turystyczno-rekreacyjnych.

Bardzo ciekawym punktem programu tej sesji terenowej były prehistoryczne kopalnie krzemienia pasiastego oraz muzeum w Krzemionkach Opatowskich. Celem drugiej wycieczki sympozjalnej (23 października) był zespół aktywnych lejów krasowych i ponorów rozwiniętych w wapieniach dewońskich i ich triasowym nadkładzie na skraju wsi Rykoszyn, gdzie procesy tworzenia się lejów, jak i zasypywania ich śmieciami z pobliskiej wsi są bardzo dobrze widoczne. Drugim punktem prezentowanym podczas tej wycieczki były powierzchniowe formy krasowe (duża kotlina i dolina krasowa), a także skałki i niewielkie jaskinie rozwinięte w wapieniach górnourajskich masywu Góry Milechowskiej (rezerwat przyrody „Milechowy”).

Zarówno opisy sesji terenowych, jak i streszczenia referatów oraz posterów zostały wydrukowane w „Materiałach 50. Sympozjum Speleologicznego” (176 stron). Materiały sympozjalne ukazują się regularnie od 29. Sympozjum (1996 r.) i dostępne są na stronie internetowej Sekcji Speleologicznej (<http://www.ssb.strefa.pl/ssptp/>).

Organizatorzy Jubileuszowego Sympozjum, a szczególnie A. Kasza, I. Kasza, J. Urban oraz Z. Złonkiewicz, a także wiele niewymienionych tu osób, w tym zwłaszcza członkowie Speleoklubu Świętokrzyskiego, włożyli wiele wysiłku w przygotowanie zarówno sesji terenowych, jak i zapewnienie bardzo sprawnego realizację kolejnych punktów programu, za co w imieniu Zarządu Sekcji składamy serdeczne podziękowania.

Mark Miodownik, W rzeczy samej (Osobliwe historie wspaniałych materiałów, które nadają kształt naszemu światu), Przekład Dariusz Żukowski, Wyd. Karakter, Kraków 2016, 290 stron, cena 44 zł



Niezwykle zaskakująca jest niewielka waga, jaką na codzien przypisujemy otaczającym nas materiałom. Szary żelbeton, rdzewiejąca stal konstrukcyjna, pospolite tworzywa sztuczne – to na nich oparta jest współczesna cywilizacja, z nich zbudowany jest praktycznie każdy przedmiot codziennego użytku. “Bez nich (materiałów, przyp. Rec.) czekałaby nas taka sama walka o przetrwanie jaką toczą zwierzęta” – ta sentencja towarzyszy nam w trakcie lektury książki wybitnego naukowca i materiałowizny Marka Miodownika pt. “W rzeczy samej: Osobliwe historie wspaniałych materiałów, które nadają kształt naszemu światu” (oryg. “Stuff matters: Exploring the Marvelous Materials That Shape Our Man-Made World”). Autor opisuje fascynujące historie odkrycia popularnych tworzyw, kolejno skupiając naszą uwagę na materiałach widniejących na fotografii przedstawiającej jego portret w trakcie picia herbaty: stali, papierze, betonie, czekoladzie, tworzywach sztucznych, ceramice oraz na obiekcie niewidocznym na zdjęciu – implantom.

Po lekturze można dojść do wniosku, że autor nie wykorzystał rewelacyjnego pomysłu na książkę popularnonaukową; zbyt mocno skoncentrował się na wątkach autobiograficznych oraz rozbudowanych opowieściach zamiast skupić się na opisie właściwości materiałów oraz strukturze fizykochemicznej, która stoi za ich niezwykłymi właściwościami. Mimo tego, że część anegdot jest autentycznie ciekawa i zabawna, dociekliwy czytelnik oczekuje więcej merytorycznych informacji o materiałach, a przecież temat jest wręcz studnią bez dna interesujących faktów i ciekawostek.

Dla przykładu, rozdział o ceramice nie zawiera nawet fragmentu opisującego najnowsze dokonania

w tej dziedzinie, a przecież racjonalnie zaprojektowane przy użyciu metod chemii kwantowej materiały ceramiczne są podstawą nowoczesnych, a nieraz futurystycznych wręcz technologii, takich jak reaktory termojądrowe, samoczyszczące obudowy, akceleratorzy cząstek (np. Wielki Zderzacz Hadronów), rakiety i promy kosmiczne, pancerze czołgów lub hamulce samochodów wyścigowych. Podobnie jest w przypadku opisu odkrycia tworzyw sztucznych, rozdziału, w którym opisane jest w zasadzie tylko odkrycie celulozoidu – tworzywa, będącego obecnie tylko historyczną ciekawostką (stosuje się go dziś jedynie do wyrobu piłeczek ping-pongowych i lakieru do drewna). Brakuje opisu najnowszych odkryć na tym polu, a przecież obecnie produkowane polimery przewodzące prąd, niemal niezniszczalne poliamidy, supermocne i niezwykle szybko wiążące kleje, odporny chemicznie teflon, któremu nie straszne są wrzące roztwory kwasów i agresywne rozpuszczalniki, a który jest najbardziej śliską substancją na świecie, zasługują na conajmniej kilka słów komentarza. Nawet zwykłe jednorazowe plastikowe reklamówki byłyby niezłym tematem do dyskusji: dlaczego warstwa polietylenu o grubości kilkunastu mikronów potrafi utrzymać wewnątrz zakupy ważące wiele kilogramów?

Jeżeli autor celowo pragnął zachować konwencję opisu tylko najprostszyc materiałów, towarzyszących nam od setek lat, to nie usprawiedliwia ubogiego rozdziału o metalach, które są znacznie ciekawszym tematem niż na przykład beton czy papier. Dlaczego, zupełnie wbrew intuicji, części silników odrzutowych, pracujące w ekstremalnych temperaturach, buduje się z magnezu, metalu bardzo łatwopalnego? Jakie dodatki, użyte w bardzo niewielkiej ilości w procesie wytwarzania stopów metali, np. stali lub brązu, potrafią zupełnie zmienić ich właściwości? Dlaczego cynowe guziki w carskiej armii rozsypywały się na proszek w zimie? Czy stopy metali mogą posiadać pamięć? To tylko skromne przykłady wątków, które mogły zostać poruszone.

Kilka rozdziałów zmusza do przebrnięcia przez bardzo rozbudowane opisy, aby finalnie czytelnik doszukał się kilku banalnych faktów na omawiany temat. Książka napisana jest bardzo prostym językiem i z pewnością będzie przystępna dla dzieci i młodzieży lub dla osób, które na codzien nie interesują się techniką lub naukami ścisłymi. Ładne i czytelne ilustracje bardzo pomogą czytelnikowi wyobrazić sobie opisywane zjawiska mikroświata. Książka nie jest typową pozycją popularnonaukową, jest to raczej zgrabna beletrystyka, którą czyta się jak kryminał Raymonda Chandlera. Niemniej jednak autor

otrzymał za wydanie “W rzeczy samej” bardzo wiele nagród i wcale mnie to nie dziwi, ponieważ nie ma podobnych pozycji na temat materiałów, a zwłaszcza napisanych równie lekkim piórem.

Adam Hogendorf
ahogendorf@gmail.com

Errata

Do artykułu Wiktora Haleckiego „Parki rzeczne – jako forma ochrony powietrza w miejskiej wyspie ciepła”.

Wszechświat, tom.118, nr 4–6, 2017.

str.134. pierwsza kolumna, linijka:

9 od góry – jest: ważna **do** codziennego życia, powinno być: **dla** codziennego życia

19 od góry – jest pomiędzy, ma być: pomiędzy

druga kolumna, linijka:

12 od góry – jest **przez przez**, ma być **przez**

str.135. pierwsza kolumna, linijka:

15 od dołu – niepotrzebny przecinek przed słowem **powinny**

11 od dołu – jest **funkcję**, ma być: **funkeję**

druga kolumna

19 linijka od dołu – niepotrzebne przecinki przy słowie **występować**

str.136. pierwsza kolumna, linijka:

1 od góry – jest: **ze względów**, powinno być: **ze względu**

15 od dołu – jest **skutkow**, ma być: **skutków**

11 od dołu – niepotrzebny przecinek przed słowem **powinno**

8 od dołu – jest: **cieple**, ma być: **cieplne** (?)

5 od dołu – jest: **pojemność**, ma być: **pojemności**

druga kolumna, linijka:

4 od góry – niepotrzebny przecinek przed słowem **jako**

7 od góry – jest **budynkow**, ma być: **budynków**

podpis pod Ryc. 2, 3 linijka – jest: **oslabianiu**, powinno być: **oslabianiem**

str.137. kolumna druga, linijka 9 od góry: jest **pondato**, ma być: **ponadto**

W bibliografii zabrakło w spisie pozycji od 22 do 34.

22. Nowosad M. (2011) Wpływ zagospodarowania terenu na klimat lokalny ze szczególnym uwzględnieniem obszarów górskich The influence of the land use on the local climate with the special regard to the mountain areas. Roczniki Bieszczadzkie, 19: 261–272.
23. Palarz A. (2014) Zmienność inwersji temperatury powietrza nad Krakowem w świetle warunków cyrkulacyjnych. Variability of air temperature inversions over Cracow in relation to the atmospheric circulation. Prace Geograficzne, 138: 29–43.
24. Szczepka K. (2015) Walory przyrodnicze rzeki Drwinki. Wszechświat, 116, (10–12): 289.
25. Szymanowski M. (2004) Miejska wyspa ciepła we Wrocławiu, Stud. Geogr., 77, Wyd. Uniw. Wroc., Wrocław, 288.
26. Urząd Miasta Krakowa. Biuro Planowania Przestrzennego. Zmiana Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Krakowa. Prognoza Oddziaływania Na Środowisko. Kraków, Luty 2014.
27. Walczewski J. (2009) Niektóre dane o występowaniu całodziennych warstw inwersyjnych w atmosferze Krakowa i uwarunkowania tego zjawiska, Przegląd Geofizyczny, 54: 183–191.
28. Walawender J. P., Szymanowski M., Hajto M. J., Bokwa A. (2014) Land Surface Temperature Patterns in the Urban Agglomeration of Krakow (Poland) Derived from Landsat-7/ETM+ Data. Pure and Applied Geophysics, 171: 913–940.
29. World Health Organization (WHO). Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. Copenhagen 2006.
30. World Health Organization (WHO). Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global Update 2005. Summary of risk assessment. World Health Organization 2006.
31. Zhang D., Liu J., Li B. (2014) Tackling Air Pollution in China—What do We Learn from the Great Smog of 1950s in LONDON. Sustainability, 6: 5322–53.
32. Zhang R, Wang G, Guo S., Zamora, M. L., Ying Q., Lin Y., Wang W., Hu M., Wang Y. (2015) Formation of urban fine particulate matter. Chemical Reviews, 115: 3803–3855.
33. Zhao L., Lee X., Smith B. R., Oleson K. (2014) Strong contributions of local background climate to urban heat island. Nature, 511: 216–219.
34. Zhou Y., Li, N., Wu W., Wu J. (2014) Assessment of provincial social vulnerability to natural disasters in China. Natural Hazards, 71: 2165–2186.

