

Nr 2 MARZEC/KWIECIEŃ 2014

z Przyrodą

Biologia w Szkole

346 (LXVI) indeks 352659 CENA 21,50 zł (w tym 5% VAT)

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

Początki
ludzkiego
języka

Certa

Informatyka
w służbie biologii

Kapary
– kwiat niezwykły

MIKROBIOLOGIA

Nanobakterie

82060301403002

ISSN 0137-8031

03



9 770137 803409





NUMER 2 MARZEC/KWIECIEŃ 2014 346
(LXVI) indeks 352659 Nakład 4000 egz.
CENA 21,50 zł (w tym 5% VAT)



Czasopisma
Pedagogiczne

Zdjęcie na okładce: Piotr Borsuk

Redakcja

Piotr Borsuk (redaktor naczelny),
prazm@gazeta.pl

Adres redakcji

01-194 Warszawa,
ul. Młynarska 8/12,
tel. 22 244 84 74,
faks 22 244 84 76,
biologia@raabe.com.pl

Wydawca

Dr Josef Raabe
Spółka Wydawnicza Sp. z o.o.,
ul. Młynarska 8/12,
01-194 Warszawa,
tel. 22 244 84 00,
faks 22 244 84 20,

e-mail: raabe@raabe.com.pl,
www.raabe.com.pl,
NIP: 526-13-49-514,
REGON: 011864960,

Zarejestrowana w Sądzie Rejonowym
dla m.st. Warszawy w Warszawie
XII Wydział Gospodarczy KRS, KRS
0000118704, Wysokość Kapitału
Zakładowego: 50.000 PLN

Prezes zarządu

Anna Gryczewska

Dyrektor wydawniczy

Józef Szewczyk, tel. 22 244 84 70,
j.szewczyk@raabe.com.pl

Dział obsługi klienta

– prenumerata
tel. 22 244 84 11,
faks 22 244 84 10,
prenumerata@raabe.com.pl

Dział sprzedaży

tel. 22 244 84 55

Reklama

Andrzej Idziak, tel. 22 244 84 77,
faks 22 244 84 76, kom. 692 277 761,
reklama@raabe.com.pl

Skład i tkanie Vega design

Druk i oprawa

Pabianickie Zakłady Graficzne SA,
95-200 Pabianice,
ul. P. Skargi 40/42

Redakcja nie zwraca nadesłanych mate-
riałów, zastrzega sobie prawo formalnych
zmian w treści artykułów i nie odpowiada
za treść płatnych reklam.

Zapraszamy
do odwiedzenia
naszej strony w Internecie

www.edupress.pl

Szanowni Czytelnicy

Tym razem postanowiłem napisać trochę inny komentarz (a przynajmniej jego część) niż dotychczas. Przyczyna jest prosta. Nie wyobrażałem sobie, że w XXI w. Polacy mogą być tak okrutni i tak bezmyślni, żeby wypalając tzw. chwasty, mordować tysiące bezbronnych zwierząt, które znajdowały w nich schronienie przez całą zimę, a z winy człowieka nie doczekały wiosny. Obiecuję, że do tej sprawy wrócimy w *Kąciku ekologicznym* w kolejnym numerze „Biologii w Szkole”, ale obawiam się, że będzie już trochę za późno. Zwracam się więc do Państwa z apelem, abyście uczynili wszystko, co możliwe, by położyć kres barbarzyństwu, które zresztą jest zabronione przez prawo naszego kraju. Tylko który z podpalaczy prawem się przejmie, jeśli przez lata pozostaje bezkarny? „Mała” szkodliwość społeczna, trudni do wykrycia sprawcy, lekceważenie prawa i brak wyobraźni – wszystko to powoduje, że cierpią i giną zwierzęta: jeże, kuropatwy, bażanty... Wystarczy uruchomić wyobraźnię i wczuć się w rolę jeża, dookoła którego płoną suche badyle. Nie ma ucieczki. Zginie w strasznych cierpieniach. Spłonie żywcem! Czy ogień podkładają Polacy, których przyrody i biologii uczyliśmy wiele lat temu? Czy za kilka lat będą robili to nasi uczniowie? Jeśli tak, to gdzie zmierza polska szkoła?

Na szczęście są również ludzie, którzy starają się naprawić błędy innych. Błędy, które zubożyły naszą przyrodę. Przykładem tego jest historia niewielkiej, ale na jej nieszczęście bardzo, bardzo smacznej ryby – certy. W dorzeczu Odry odławialiśmy ją tak intensywnie, że kilka lat temu na jednym tarlisku w Baryczy tarło odbywało mniej niż 50 osobników! Teraz dzięki działaniom pozytywnie zakreślonych ludzi takich jak pan Mariusz Kleszcz, który kieruje Ośrodkiem Zarybieniowym PZW w Szczodrem koło Wrocławia, certa wraca do Odry. Oby na zawsze. Czy tak się stanie, zależy tylko od nas, o czym przeczytacie Państwo w artykule o cierce zamieszczonym w *Kąciku ekologicznym*.

Podobno małe jest piękne. Uważam, że różnie bywa z urodą niewielkich osobników, ale zdecydowanie te najmniejsze są niezwykle. Przykładem mogą być nanobakterie. Są one tak bardzo niezwykle, że nie bardzo wiadomo... czy są. Być może w ogóle ich nie ma, a to, co widzimy za pomocą mikroskopu elektronowego, to jedynie szczególne obiekty nieorganiczne. Z drugiej strony mogą to być przybysze z Marsa... Kim, a może czym są nanobakterie? Tego dowiecie się Państwo z artykułu, który znajduje się na s. 10.

Zachęcam również do zapoznania się z innymi artykułami zamieszczonymi w naszym czasopiśmie oraz do skorzystania z projektów dydaktycznych, bo są one niezwykle ciekawe i, moim zdaniem, bardzo inspirujące.

Gorąco namawiam do ich lektury.

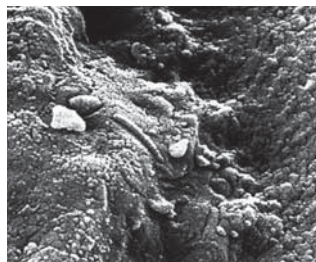
Życzę wesołych Świąt Wielkanocnych

Piotr Borsuk

Co nowego w biologii?

■ Skomplikowane początki języka ludzkiego, teorie i tezy, czyli o tym, że wciąż nie wiemy, jak to się zaczęło...

- Katarzyna Karaskiewicz 4
- Nanobakterie – w środowisku i chorobach człowieka
- Sebastian Koblak, Urszula Jankiewicz, Paweł Kowalczyk 10



- Informatyka w służbie biologii
- Joanna Stojak 15

Ciekawostki

- Kapary nie tylko w kuchni 18



Ogródek „Biologii w Szkole”

- Tulipany 20



Galeria „Biologii w Szkole”

- Polskie rośliny polarne 24



Nowinki

- Koński rekord! 30
- Feromon indukuje owulację u zojy 31

Z praktyki szkolnej

- Im dalej w las, tym więcej drzew – zajęcia terenowe 32
- Katarzyna Kubaś
- Dlaczego rośliny produkują substancje o właściwościach narkotycznych?
- Wojciech Jeszka 40



Kącik ekologiczny

- Certa – ryba niezwykła 44
- Paweł Kaczmarczyk, Hanna Panagiotopoulou



Skomplikowane początki języka ludzkiego,

teorie i tezy, czyli o tym, że wciąż nie wiemy, jak to się zaczęło...

Katarzyna Karaskiewicz

Początki mowy ludzkiej to jedna z najbardziej tajemniczych kwestii dotyczących ewolucji naszego gatunku. Tym bardziej że człowiek ma szczególną przypadłość (nie wiem, czy można to tak nazwać), która polega na tym, że nie odnotowuje w pamięci (indywidualnej i zbiorowej) istotnych elementów oraz zjawisk przemian własnego gatunku. A gdy pyta, jak było na początku, zaczyna wówczas tworzyć rozmaite teorie, najczęściej fantastyczne. W ten sposób nie tylko wypełnia lukę w niewiedzy, ale też wyjaśnia dla siebie ważne zjawiska z przeszłości – legitymując najczęściej swoje pochodzenie i sankcjonując nadrzędność *Homo sapiens* nad innymi gatunkami.

Najprostszą odpowiedzią jest zawsze działanie sił nadprzyrodzonych. W ten sposób wyjaśniano istniejący świat przyrody, ale też świat kultury, który tworzył człowiek. Nie inaczej jest w przypadku języka. Najprostszą i najczęściej formułowaną przez stulecia teorią na temat powstania języka była ta, która mówiła o działaniu sił nadprzyrodzonych. Słowem, człowiek otrzymał mowę w darze od bogów.

Współcześnie nie wiadomo, czy powinniśmy mówić o jednym początku, czy o wielu początkach. Czy miały na to wpływ jakieś czyn-



Fot. 1. Wiele zwierząt potrafi porozumiewać się z przedstawicielami własnego gatunku. Porozumiewając się, często korzystają ze sposobów komunikowania się nieczytelnych dla ludzi, np. niewyczuwalnych dla nas zapachów. Czy jest to mowa, której nie potrafimy zrozumieć?

niki? A może tylko jeden charakterystyczny wyłącznie dla gatunku późnych hominidów? W związku z tym, że język mówiony nie pozostawia po sobie żadnych materialnych śladów, niemożliwe jest odnalezienie dowodów empirycznych świadczących o jego rozwoju. Dlatego jeszcze do niedawna kwestia ta stanowiła dla naukowców zagadkę nie do rozwiązania. Sytuacja zaczęła się zmieniać dzięki niezwyklejemu rozwojowi genetyki porównawczej. Dziedzina ta pozwala dokonać analizy źródeł języka za pomocą na nowo sformułowanego pytania: jaka relacja

zachodzi między genami odpowiedzialnymi za zdolności językowe u dzisiejszego człowieka a genami naszych przodków?

W czasach antycznych rozwijały się legendy o bogach, którzy ofiarowali człowiekowi mowę i pismo (każda cywilizacja starożytna miała w swoim panteonie boga lub boginię odpowiedzialnych za ludzką mowę). Jednakże rozwijająca się w starożytnej Grecji filozofia¹, zwłaszcza jej niektóre szkoły, sformułowała własne koncepcje początków mowy. Na przykład helleńskie szkoły epikurejczyków² i stoików³ broniły z zaangażowaniem nauki

1 Powstanie filozofii jako nauki było odpowiedzią na kreacjonistyczny świat, w jakim człowiek żył.

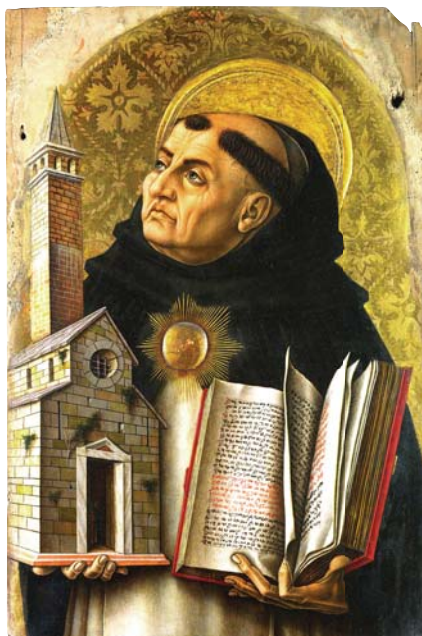
2 Epikurejczycy – uczniowie szkół epikurejskich istniejących od ok. 306 r. p.n.e. do IV w., zwolennicy i kontynuatorzy nauki Epikura. Zajmowali się głównie problemami psychologiczno-etycznymi, socjologicznymi i metodologicznymi. Życie szczęśliwe utożsamiali z życiem moralnym. Za warunek wystarczający do osiągnięcia szczęścia uważali brak cierpień.

3 Stoicyzm – panteistyczna i materialistyczna doktryna, która powstała pod koniec IV w. p.n.e. Rozróżnia się dawny stoicyzm, średni stoicyzm i nowy stoicyzm. Ewolucja stoicyzmu przeszła od utożsamiania z teologią fizyki o charakterze panteistycznym w kierunku rygorystycznej moralności. Logika starożytnego stoicyzmu jest pierwszą pogłębioną teorią ludzkiego języka: teorią „tego, co bezcenne”.

o związku początków mowy z naturą w ogóle albo z naturą ludzką, a legenda o przynoszącym mowę Hermesie była dla epikurejczyków „bezużyteczną gadaniną”. Najstynniejszy epikurejczyk i poeta Lukrecjusz (ok. 95–55 r. p.n.e.) w dziele *O naturze wszechrzeczy* (*De rerum natura*) napisał: *Wydawać zaś różne dźwięki mowy zmuszała człowieka / Sama natura, imiona rzeczy stworzyła potrzeba (...) / Głupotą jest zatem sądzić, że wtedy ktoś poprzydawał / Imiona rzeczom i ludzie stąd nauczyli się pierwszych / Słów*⁴.

Z kolei grecki historyk Diodor Sycylijski (I w. p.n.e.), autor dzieła *Bibliothēke* (dzieje świata od czasów mitologicznych do I w. p.n.e.), przedstawił koncepcję początków ludzkiego języka, która była bliska koncepcji ewolucyjnej głoszonej w oświeceniu: *Ludzie, którzy powstałi na początku – pisał – mieli nieregularny zwierzęcy tryb życia (...). Ich głos był mieszaniną niewyraźnych dźwięków, które jednak stopniowo przechodziły w artykułowane głoski, a kiedy doszli do porozumienia co do określonych znaków dla każdego przedmiotu, znaleźli środek, by w zrozumieli sposób przekazywać sobie wzajemnie informacje o wszystkim. Ponieważ społeczeństwa takie były porzrzucane po całej ziemi, stąd nie miały one wszystkie tak samo brzmiącej mowy, każdy bowiem zestawiał dźwięk tak, jak zarządził przypadek. Z tego powodu powstały różnorodne rodzaje mowy, a owe pierwsze społeczności były praplemionami wszystkich ludów*⁵.

Od średniowiecza aż do oświecenia przyjęto oficjalnie, że język był tworem Boga. Wprawdzie św. Tomasz z Akwinu zastanawiał się nad możliwością istnienia naturalnych lub ludzkich początków języka. Dyskutowano także (nie ma tego w Biblii) o tym, czy Bóg obdarzył ludzi ogólną zdolnością mówienia, czy może raczej konkretnym językiem i czy rzeczywiście był to język hebrajski. Oprócz dociekań (często jałowych) dotyczących początków ludzkiego języka



Rys. 1. Święty Tomasz z Akwinu zastanawiał się nad możliwością istnienia naturalnych lub ludzkich początków języka

pojawiły się bowiem pytania o to, który z istniejących języków jest językiem najstarszym (pierwszym). Jednak podstawą „naukową” do analizy początków ludzkiego języka była niezmiennie księga *Genesis*.

W historii badań nad początkami ludzkiego języka XVIII stulecie okazało się wyjątkowe. Powstało wówczas wiele traktatów na ten temat. Mimo że o XVIII wieku mówi się, iż była to epoka „światła i rozumu”, mimo gwałtownego rozwoju nauk empirycznych i filozofii materialistycznej wciąż jeszcze dominowało przekonanie o jakiejś transcendentalnej sile (rozmaicie ta siła była nazywana), dzięki której mógł powstać ludzki język. Głoszone wówczas teorie i tezy sprowadzały się właściwie do trzech koncepcji:

1. Język jest darem Boga – ta koncepcja dzieliła się na dwie główne tezy:
 - a) Boskim darem jest gotowy język, dany od razu jako twór doskonały.
 - b) Człowiekowi stworzonemu przez Boga dana jest zdolność językowa; dzięki niej możli-

wy jest rozwój języka, jednakże kierunki tego rozwoju mogą się zmieniać (prowadzić do doskonalenia języka lub zepsucia).

2. Język nie jest dany przez Boga – czyli język jest tworem człowieka.
3. Język jest tajemnicą – początki języka nigdy nie zostaną jednoznacznie ustalone ze względu na brak materiału dowodowego.

Najwięcej zwolenników (mimo rozmaitych, najczęściej drobnych, różnic w interpretacji przesłanek o początku języka) miały tezy (1) i (3). Najmniej liczna była grupa (2) – byli to zwolennicy i przedstawiciele ewolucjonizmu biologicznego, a także ewolucjonizmu kulturowego.

Summa summarum można podzielić ówczesnych filozofów na dwie podstawowe grupy. Na tych, którzy dopatrują się w większym lub mniejszym stopniu sił nadprzyrodzonych (kreacjonizm), i na tych, dla których twórcą mowy był człowiek (ewolucjonizm). Przy czym zwolennicy ewolucjonizmu zarzucali kryptokreacjonizm tym filozofom, którzy głosząc kreacyjny początek ludzkiego języka, przedstawiali następnie dalszy rozwój języka jako ludzki wysiłek. Ostatecznie ustalenia najmniejszej grupy (2) stały się początkiem i podstawą do badań nad ludzkim językiem w późniejszych stuleciach. Teorie, tezy (1) i (3) oraz ich przedstawiciele odrzucono jako fantastyczne lub bezzasadne. Tylko dzieła nielicznych filozofów i publicystów teorii (3) stały się początkiem badań nad językiem, na przykład prowadzonych przez antropologów (m.in. Edwarda Sapira, Benjamina Lee Whorfa) lub filozofów (m.in. Rolanda Barthes’a, Jacques’a Derridę). Dzięki teorii (3) powstało językoznawstwo historyczno-porównawcze. Przez analizę struktur językowych i słownictwa starano się wyjaśnić stosunek pokrewieństwa między językami nowożytnymi a dawnymi.

4 Za: M. Kuckenburger, *Pierwsze słowo*, tłum. B. Nowacki, Warszawa 2006, s. 21.

5 Tamże.

W połowie XIX wieku nieco osłabło zainteresowanie początkami języka, co nie oznacza, że porzucono badania. Od mniej więcej lat 30. XIX wieku filozofowie przenieśli swoje zainteresowania z badań nad początkami języka na dalszy rozwój logiki. W II połowie XIX stulecia zreformowano logikę, a filozofowie zainteresowani językiem skupili swoją uwagę głównie na logice formalnej⁶ i semiotyce⁷, a zatem na tym, co już jest ukształtowanym dziełem człowieka. Co nie oznacza, że tylko na filozofach spoczywała odpowiedzialność za badania nad ludzką mową. Początkami języka zaczęli interesować się także przedstawiciele innych dyscyplin naukowych, zarówno humanistycznych, jak i przyrodniczych.

Zainteresowanie początkami języka i językiem w ogóle wzrosło w połowie minionego stulecia. Było to spowodowane rozwojem technik komunikacyjnych oraz przechowywaniem danych. Odżyły pytania o początki mowy i pisma. Pytając o początek ludzkiego języka, pytamy przecież o początki człowieka, ludzkości, kultury, cywilizacji, narodów itp. Pojawia się wiele pytań. Od kiedy możemy mówić o człowieku jako o aktywnym podmiocie historii i historii kultury? Czy zaczęło się to 400 tys. lat temu, czy milion lat temu? A może dopiero 150 tys. lub 40 tys. lat temu? Czy cechy *Homo sapiens* wykształciły się w Afryce i przez wędrówki rozprzestrzeniły się na cały świat? Czy cechy gatunku *Homo sapiens* pojawiły się jednocześnie w różnych częściach świata wśród wczesnych grup ludzi? Pytania mnożą się z każdym dziesięcioleciem.

A oto kilka następnych koncepcji i pomysłów, w jaki sposób język mógł powstać. W XIX wieku pojawił się model ameby jako koncepcja początku języka. Zgodnie z nim język narodził się niczym ameba, mając tylko zarys, który później nabrał wyraźnych kształtów, lub będąc bezkształtną i rozczłonkowaną płataniną, która stopniowo się strukturyzowała i przeistoczyła w spójny system.

W ramach modelu ameby wyodrębniły się rozmaite teorie. Oto niektóre z nich:

1. Teoria „hej-ho” zwana czasem teorią współodczuwania (mimowolne dźwięki towarzyszące ruchom ciała i pracy, koordynujące dźwięki lub stęknienia w trakcie działań kolektywnych).
2. Teoria „ach” (instynktowne okrzyki bólu czy radości).
3. Teoria „hau-hau” (naśladowanie dźwięków wydawanych przez zwierzęta).

Inną ciekawą teorię zaproponował Otto Jespersen – nazwano ją teorią „kota na dachu”. Jespersen uważał, że pierwsza ludzka mowa przypominała muzykę lub śpiew. Ostatnio model ameby powrócił, choć w bardziej wyrafinowanej formie. Derek Bickerton twierdzi, że ludzie mają wrodzony „bioprogram”, który jest najprawdopodobniej częścią ludzkiego sposobu myślenia.

Być może to banalne, ale warto zwrócić uwagę jeszcze na terminy takie jak: *ewolucja* (*ewolucjonizm*), *teoria*, *teza* i *hipoteza*. Ludzie

z zadziwiającą nonszalancją używają wymiennie tych pojęć w piśmie i mowie, nie zdając sobie sprawy z tego, że za każdym razem komunikują wówczas coś zupełnie innego.

Ewolucja to proces przeobrażeń, zmian, przechodzenia do stanów bardziej złożonych lub doskonalszych. W biologii to proces przekształcania się organizmów w zmiennych warunkach środowiska, polegający na powstawaniu i utrwalaniu się w ciągu pokoleń nowych, dziedzicznych cech przystosowawczych, różnicowaniu się populacji i wyodrębnianiu nowych gatunków, coraz liczniejszych, wyżej zorganizowanych i wyspecjalizowanych. W biologii ewolucjonizm to nauka o ewolucyjnym rozwoju świata organicznego, badająca mechanizmy, przebieg, kierunki i tempo ewolucji organizmów. W filozofii i naukach społecznych ewolucjonizm to kierunek, którego załączki pojawiły się już na początku XVIII wieku⁸, a rozwój nastąpił w II połowie XIX wieku (m.in. szkoła ewolucyjna w antropologii – obecnie szkoła neoewolucyjna), wyjaśniający formy istnienia i strukturę rzeczywistości przyrodniczej i społecznej jako rezultat działania praw ewolucji.

Teoria to ogólna koncepcja oparta na poznaniu i zrozumieniu istotnych czynników kształtujących pewną sferę rzeczywistości (np. w zakresie praw przyrody, procesów społecznych). Stwierdzenie *teoria ewolucji* jest błędem, ponieważ ewolucja jest faktem – nie jest teorią. Gdyby w istocie była teorią, oznaczałoby to, że nie jest dostatecznie potwierdzona naukowo. Jest wówczas jedną z wielu alternatyw dla nauk przyrodniczych.

6 Logika formalna to teoria wynikania. Wyjaśnia ona, jakiej budowy zdania wynikają ze zdań zbudowanych w taki, a nie inny sposób. Głosi na przykład, że ze zdania o strukturze *Żadne A nie jest B* wynika zdanie o strukturze *Żadne B nie jest A*.

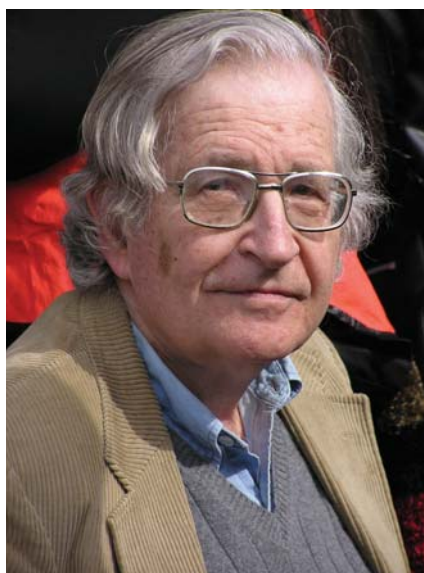
7 Semiotyka (gr. *sēmeiōtikós* – dotyczący znaku) to ogólna teoria znaku (obejmująca semantykę, syntaktykę i pragmatykę) zajmująca się problemem typologii różnych postaci i odmian znaków, ich istotą i funkcją, jaką pełnią w procesie porozumiewania się ludzi. W tym: syntaktyka zajmuje się składnią, a ogólniej – własnościami strukturalnymi języka, pomijając przy tym jego aspekt znaczeniowy, oraz zajmuje się samym językiem – w abstrakcji od jego relacji do świata. Semantyka zajmuje się znaczeniem lub sensem języka oraz relacją języka do świata, zwaną też interpretacją. Pragmatyka zajmuje się związkami między językowym i pozajęzykowym kontekstem wypowiedzi a ich treścią.

8 Prekursorem ewolucjonizmu miał być angielski (z pochodzenia Holender) lekarz, filozof, satyryk Bernard Mandeville (ok. 1670–1733) i jego dzieło *Bajka o pszczołach* (*Fable of the Bees, or Private vice Made public Bennefits*, 1714), polskie wydanie ukazało się w 1957 r. Mandeville uznawany jest też za prekursora darwinizmu.

Natomiast zasadne jest używanie sformułowań: *teoria Hausnera*, *teoria Darwina*, *teoria Huxleya*, *teoria Haeckla* itp. W ramach ewolucji, która jest faktem, są wyodrębniane teorie badaczy lub przedstawicieli szkół, którzy prowadząc badania nad wybranym zjawiskiem przyrodniczym lub kulturowym, ustalali jego rozwój. Odmienne jednak należy potraktować „teorię Kopernika”, która nie jest teorią, tylko faktem – najpierw „rozwijanym” przez Galileusza, a współcześnie potwierdzonym przez Aleksandra Wolszczana. Bezpieczniej jest zatem powiedzieć: *model Kopernikański* niż *teoria Kopernika*. W przeciwnym razie do głosu dopuszczamy teorie płaskiej Ziemi podtrzymywanej przez krokodyla, Ziemi będącej centrum jedynego Układu Słonecznego lub nawet wszechświata albo szczególnej, wybranej roli człowieka czy Ziemi jako wyjątkowego miejsca.

Tezę nazwiemy twierdzenie zawierające treść podstawową dla jakiejś dziedziny, założenie, które ktoś zamierza udowodnić. Hipotezę natomiast będzie zdanie nie w pełni uzasadnione, rozważane jako racja dla pewnych uznanych już zdań. Jest to założenie oparte na prawdopodobieństwie, wymagające sprawdzenia. Jego celem jest odkrycie nieznanymi zjawisk lub praw.

Przyjrzyjmy się hipotezie głoszonej przez amerykańskiego logika i lingwistę Noama Chomsky’ego. Zgodnie z nią język ludzki to unikatowa umiejętność charakterystyczna tylko dla człowieka (*Homo sapiens*). Jego zdaniem mowa wykształciła się dzięki objętości mózgu, a język artykułowany pojawił się nagle i stosunkowo późno. Kulturowy i językowy prąby nastąpił 100–30 tys. lat temu u *Homo sapiens*. Chomsky jest zwolennikiem koncepcji, którą określa się mianem „królika z kapelusza”.



Fot. 2. Avram Noam Chomsky (ur. 7 grudnia 1928 w Filadelfii w USA) – profesor lingwistyki w Massachusetts Institute of Technology w USA, współtwórca gramatyki transformacyjno-generatywnej

Nie jest to koncepcja zupełnie nowa. Łączy się z modelem ameby ogłoszonym w XIX wieku. Zgodnie z koncepcją „królika z kapelusza” język pojawił się szybko, właśnie jak królik wyciągnięty z kapelusza. Pogląd ten jest popierany z różnych powodów. Niektórzy wskazują na gwałtowną mutację w zestawie genów u wczesnych hominidów. Inni uważają, że rozrośnięty mózg znalazł dodatkowe zastosowanie. Inną kwestią jest spór o to, co było pierwsze: język czy duży mózg. Czy język wpłynął na objętość mózgu, czy objętość mózgu wpłynęła na rozwój języka?

Chomsky uważa, że człowiek ma instynkt mowy (genetycznie zakorzeniony instynkt). Z tą hipotezą wystąpił po raz pierwszy w latach 60. XX wieku. Powołał się na łatwość, z jaką małe dzieci w wieku od roku do trzech lat na całym świecie są w stanie nauczyć się macierzystego języka, a także kolejnych, oraz na jednakową „strukturę głęboką” wszystkich języków mimo różnic gramatycznych i różnic w słownictwie. Ta hipoteza naznaczona wyraźnym rysem biologicznym na pierwszy rzut oka przeczy kulturowym korzeniom rozwoju języka i skła-

nia do interpretacji mowy jako czystego wytworu historii naturalnej. Jednak stanowiska te nie są sprzeczne, gdyż także w innych stadiach ewolucji człowieka natura i kultura intensywnie oddziaływały na siebie, co spowodowało wykształcenie się trwałej symbiozy między nimi. Ponadto duży mózg oraz zdolne do niezwykle precyzyjnych ruchów ręce są bez wątpienia podstawowymi częściami ciała i tym samym stałym elementem składowym naszej biologicznej natury, a przecież i one zdobyły swą wyjątkową sprawność na skutek zasobu życia wczesnych ludzi, naznaczonego coraz bardziej przez technikę i kulturę.

Zdaniem Chomsky’ego podstawowe zasady języka nie mają charakteru ogólnego, ale w najważniejszych punktach są charakterystyczne dla zdolności językowych, które mają szczególne własności, strukturę i organizację. Ponadto twierdzi, że ludzie mieli wrodzoną zdolność językową. Jeśli to prawda, to biolodzy staną przed problemem, ponieważ jest to przypadek prawdziwego „wyłonienia się”, pojawienia się jakościowo różnego fenomenu w pierwszym stadium złożoności organicznej. Według Chomsky’ego umysł ludzki zbudowany jest z organów mentalnych, wyspecjalizowanych i zróżnicowanych tak samo jak inne organy ciała. Język jest jednym z takich organów mentalnych. Podstawowa jego teza brzmi: *język można w znacznym stopniu oddzielić od innych zdolności poznawczych*.

Przeciwnicy teorii „królika z kapelusza” zarzucają Chomsky’emu głoszenie kryptokreacjonizmu. Ich zdaniem mowa powstała z selekcji naturalnej, jest to model kontynuacji (kształtowanie się artykulacji mowy ze zwierzęcych początków). Jej przeciwieństwem jest model dyskontynuacji, zgodnie z którym kwestionuje się jakiegokolwiek elementy zwierzęce w systemie ludzkiej komunikacji. Mowa ludzka ma inną strukturę niż mowa zwierząt (teoria dominowała do lat 60. XX wieku).



Fot. 3. Być może już *Homo erectus* potrafił mówić. Model twarzy dorosłej samicy *Homo erectus* prezentowany w Smithsonian Muzeum Historii Naturalnej w Waszyngtonie (USA)

Poszukuje się zatem początków mowy u przedstawicieli rodzaju *Homo*, a nawet u ich przodków, przedstawicieli innych hominidów. Być może pierwszym przedstawicielem rodzaju *Homo*, który mógł mówić, był *Homo erectus*.

Jak tłumaczy początek ludzkiego języka (mowy) Chomsky? Przytoczę nieco dłużej cytat: *Co działo się, zanim się pojawiła, można tylko zgadywać. Niedorzeczne wydaje się przypuszczenie, że język to skutek ewolucji krzyków wydawanych przez naczelne, bo nie dzieli z nimi żadnych ciekawych właściwości. Nie wywodzi się także ani z systemów gestów, ani z niczego, co znamy. Jesteśmy więc w kropce. Język ma bardzo wyjątkowe cechy. Niezwykła możliwość tworzenia nieskończonego zbioru wyrażań ze skończonej liczby oddzielnych elementów, niezwykle jest odnoszenie się do rzeczy poza zasięgiem postrzegania, niezwykle są też najbardziej podstawowe cechy strukturalne i semantyczne. Być może było tak, jak przypuszczał między innymi Richard Lewontin. Mózg błyskawicznie się rozwijał przez milion*

lat i stał się o wiele większy niż u żyjących gatunków naczelnych. Na pewnym etapie (około stu tysięcy lat temu, jeśli możemy coś powiedzieć) mogła zajść jakaś drobna zmiana, mózg się przekształcił, by znalazła się w nim zdolność opanowania języka. Byłoby to podobne do tego, co stało się w wypadku pasków ryb raf koralowych, wielościennych form wirusów i tak dalej. Tak mało wiemy o roli kanału fizycznego w procesie doboru naturalnego, że nie można w istocie mieć na ten temat zdania. Jeden może z tego szydzić, inny wymachiwać jak transparentem. Nie ma to jednak większego sensu. Z wyjątkiem bardzo prostych sytuacji po prostu nie rozumiemy, jak kanał fizyczny ogranicza i kontroluje proces doboru. Lewontin jest wśród tych, którzy sądzą, że nigdy nie poznamy odpowiedzi na pytanie o wyższe duchowe procesy człowieka⁹.

Chomsky w swoich przemyśleniach na temat języka i możliwości poznania jego początków zwraca uwagę na to, że zwierzęce sygnały są powiązane z określonymi sytuacjami lub nastrojami. Pojedynczy sygnał oznacza całą wiadomość – jest to tzw. zamknięty system komunikacji. Mowa człowieka

natomiast ma ograniczoną liczbę liter, a tworzy się z nich nieskończenie wiele słów, zdań (generatywność) – jest to tzw. otwarty system komunikacji. Mowa opiera się na arbitralnym łączeniu określonych ciągów dźwięków z konkretnymi treściami znaczeniowymi. Kształtowanie mowy ludzkiej przebiegało od systemu wizualnego do systemu głosowego. W wyniku ewolucji ludzie stali się dość dziwnymi stworzeniami. Słowem, ludzie są dziwni, są zoologiczną ciekawostką. Ludzie są dziwni, ponieważ język, jego dziwne i szybkie dźwięki mają więcej wspólnego z ptasim śpiewem niż z sygnałami głosowymi małych kuzynów.

Powstanie mowy mogło być odpowiedzią – i to specyficznie ludzką – na potrzeby coraz bardziej złożonego sposobu życia oraz istnienia, na rozwój techniki i kultury, które jako zjawiska nowe i występujące w świecie zwierząt jedynie w formie szczątkowej wymagały także nowszego i wydajniejszego systemu komunikacyjnego.

dr Katarzyna Karaskiewicz



Fot. 4. Czy to, że możemy porozmawiać przy kawie, jest jedynie konsekwencją mutacji w jednym z naszych wielu genów?

⁹ N. Chomsky, *O naturze i języku*, tłum. J. Lang, Poznań 2005, s. 140–141.

Konkurs na najlepszą e-publikację MAPPTIPE

Nieczęsto się zdarza, że stosując internetowe innowacyjne narzędzie do organizacji treści edukacyjnych można wygrać cenne nagrody – dla siebie i swojej szkoły.

Rzadko który przedmiot szkolny jest tak wdzięcznym fundamentem do budowania pięknych elektronicznych publikacji, jak biologia. Internet jest przepełniony wspaniałymi darmowymi fotografiami, filmami, rysunkami, które wystarczy wyszukać, pobrać, minimalnie przygotować i umieścić w swojej pracy. Tylko tyle? I AŻ tyle! Rewolucja medialna, której jesteśmy nie tylko świadkami, ale w której także uczestniczymy, zakłada, że każdy z nas, nauczycieli stanie się wkrótce twórcą materiałów multimedialnych, a narzędzie takie jak MAPPTIPE z pewnością nam w tym pomoże. Łatwo to sprawdzić: wystarczy wejść na edukator.pl, zarejestrować się i przy okazji wziąć udział w konkursie. Samodzielnie i/lub z uczniami, i za przygotowanie pracy konkursowej wygrać iPada!

Codziennie w wielu polskich szkołach powstają prezentacje multimedialne, przygotowywane w różnych programach. Króluje microsoftowy PowerPoint, ale można też napotkać edytory z darmowego pakietu OpenOffice, zapaleńcy uczą się Flasha, a niektórzy sięgają po internetowy, niezwykle atrakcyjny wizualnie edytor Prezi. Jednak żadne z tych narzędzi nie daje możliwości, jakie daje system MAPPTIPE – edytor, organizator i publikator treści edukacyjnych w jednym, opracowany w ramach projektu unijnego przez Fundację Nauka i Wiedza w partnerstwie z Wyższą Szkołą Artystyczną.

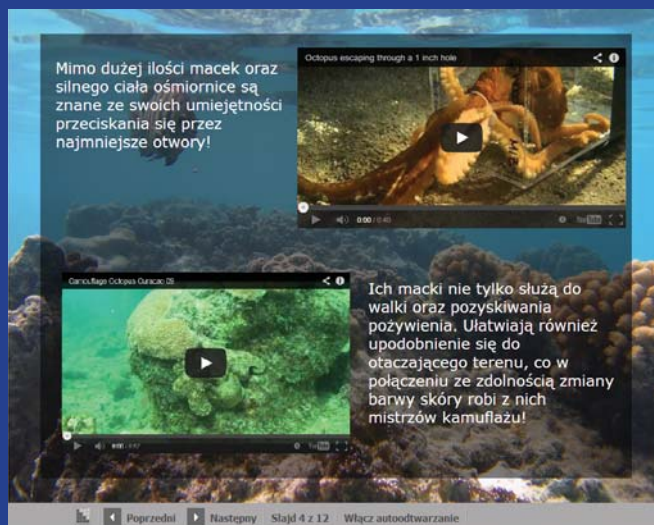
Trwa właśnie konkurs na najlepszą e-publikację przygotowaną w edytorze MAPPTIPE

Organizatorzy projektu MAPPTIPE proponują przygotowanie przynajmniej jednej pracy w MAPPTIPE, opublikowanie jej na łamach ogólnopolskiego portalu edukator.pl i zawalczenie o cenne nagrody, zarówno w wymiarze indywidualnym (uczennice/uczniowie i nauczycielki/nauczyciele) jak i instytucjonalnym (szkoły za mobilizację największej liczby uczestników).

Kto może wziąć udział

W konkursie mogą wziąć udział uczennice i uczniowie oraz nauczycielki i nauczyciele polskich gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych. Ograniczenie to wynika z przyjętych w roku 2011 definicji projektu – wstępnie był on adresowany właśnie do wymienionych typów szkół. Jak zacząć? Należy najpierw zarejestrować się na portalu edukator.pl, zalogować się i kliknąć przycisk „Dodaj prezentację” w panelu zarządzania.

Osoby, które chciałyby wcześniej sprawdzić, z czym mają do czynienia, mogą zalogować się do portalu na konto demonstracyjne (login: demo, hasło: demo). UWAGA: żadna praca, stworzona na tym koncie nie jest zapisywana!



Screen z prezentacji użytkownika Graba „Stworzenia morskie nie z tej ziemi” – edukator.pl

Do kiedy można składać prace

Prace można zgłaszać do moderacji do 30 kwietnia 2014 roku. Oczywiście, uprzedzamy wszystkich zainteresowanych, że o ile można przygotować zwycięską e-publikację w jeden dzień, bo MAPPTIPE jest prostym i intuicyjnym edytorem, to na pewno nie można w jeden dzień przygotować do tej e-publikacji zwycięskich materiałów ☺.

Co można wygrać

Dla uczestników indywidualnych mamy iPady, notebooki i kamery cyfrowe, dla szkół zaś pakiety nagród: tablica multimedialna + notebook + kamera cyfrowa + oprogramowanie do edycji obrazów i filmów w różnych konfiguracjach.

Gdzie to wszystko jest

Edytor MAPPTIPE i wszystkie informacje można znaleźć na stronach portalu www.edukator.pl, a zwłaszcza na stronie projektu <http://mapptipe.edukator.pl>, a regulamin i zasady udziału w konkursie są opublikowane na stronie <http://edukator.pl/Konkurs-3-edycja,9679.html>.

Honorowy Patronat

Konkurs jest organizowany w ramach działań upowszechniających projekt, które zostały objęte patronatem honorowym Ministra Edukacji Narodowej!

ZAPRASZAMY DO UDZIAŁU W KONKURSIE!

Artykuł promocyjny



Honorowy Patronat Ministra Edukacji Narodowej

Projekt dofinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Dwoistość nazewnictwa ma swoje źródło w dwóch teoriach dotyczących natury tych tworów. Pierwsza z nich przedstawia je jako najmniejsze organizmy żyjące na Ziemi i zdolne do namnażania się. Druga, stosująca nazwę *nanocząsteczki*, sugeruje, że są one martwą materią.

Biologia nanobakterii nie jest w pełni znana. Nanobakterie postrzegane jako organizmy żywe nie zostały jak dotąd jednoznacznie sklasyfikowane. Za ich sztandarową cechę uznaje się zdolność produkcji i odkładania warstw apatytu. Według niektórych badaczy mogą one m.in. uczestniczyć w powstawaniu muszli mięczaków, biofilmów i procesach geologicznych. Naukowcy podkreślają możliwy udział nanobakterii w genezie życia na Ziemi.

Nanobakterie są godne uwagi przede wszystkim ze względu na ich pośrednie lub bezpośrednie właściwości chorobotwórcze dla zwierząt, również człowieka. Według naukowców nanobakterie mogą powodować problemy zdrowotne związane z powstawaniem patologicznych zwapnień, takich jak kamienie nerkowe, zwapnienia łożyska i naczyń krwionośnych, oraz stymulować rozwój różnego typu nowotworów. Niniejsze opracowanie jest próbą przedstawienia natury nanobakterii oraz roli, jaką odgrywają w środowisku i jako czynnik etiologiczny powodujący choroby u człowieka.

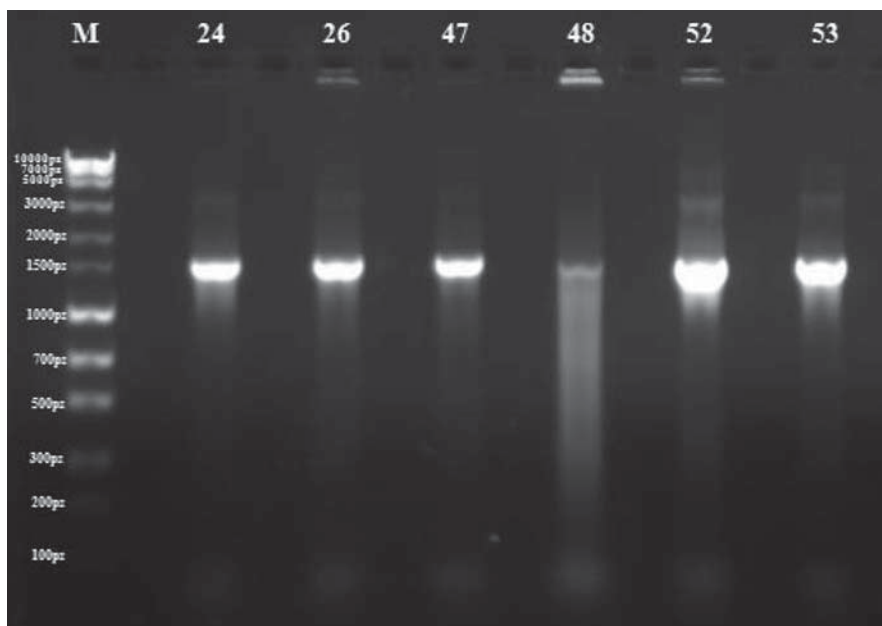
Obecność nanobakterii w materiale biologicznym została udokumentowana przez Kajandera i współpracowników w 1998 roku. Zainteresowali się oni niezwykle trudnymi do usunięcia zanieczyszczeniami hodowli komórkowych, zawierających serum bydlęce. Po gruntownej analizie wykryli w pożywce nanobakterie i jako pierwsi wysunęli hipotezę o ich infekcyjności. Odkrycia te wzbudziły wiele kontrowersji, zwłaszcza w kwestii natury samych nanocząsteczek oraz ich roli w procesie powstawania życia na młodej Ziemi. Podejmowano również próby klasyfikacji nanobakterii do

Nanobakterie

– w środowisku i chorobach człowieka

Na początku XX wieku geolog Robert L. Folk odkrył w strukturach geologicznych nanobakterie (NB) zwane również nanocząsteczkami (ang. *calcifying nanoparticles* – CNP), a w 1996 roku odkryto je w Antarktyce w skałach pochodzenia marsjańskiego, których wiek określono na 4,5 mld lat.

Sebastian Koblak, Urszula Jankiewicz, Paweł Kowalczyk



Fot. 1. Elektroforetogram z rozdzielaniem, w żelu agarozowym, produktów reakcji PCR zsyntetyzowanych na matrycy 16S rDNA. M – standard wielkości; 24, 26, 47, 48, 52 i 53 – produkty reakcji PCR

α-Proteobacteria na podstawie homologii sekwencji 16S rDNA. Ponadto niektórzy naukowcy wyodrębnili gatunek zbiorczy tych organizmów – *Nanobacterium sanguineum*. Jednak z uwagi na liczne kontrowersje związane z genezą i naturą tych mikroorganizmów ostatecznie takie umiejscowienie nanobakterii w systematyce nie zostało jednoznacznie potwierdzone.

Badania epidemiologiczne przedstawiają nanobakterie jako czynnik etiologiczny, który może powodować lub stymulować rozwój chorób. U osób cierpiących na różne choroby testy kliniczne wykazywały wyższy poziom przeciwciał anty-NB oraz antygenów NB. Ponadto zidentyfikowano białka bakteryjne, które nie występowały w serum

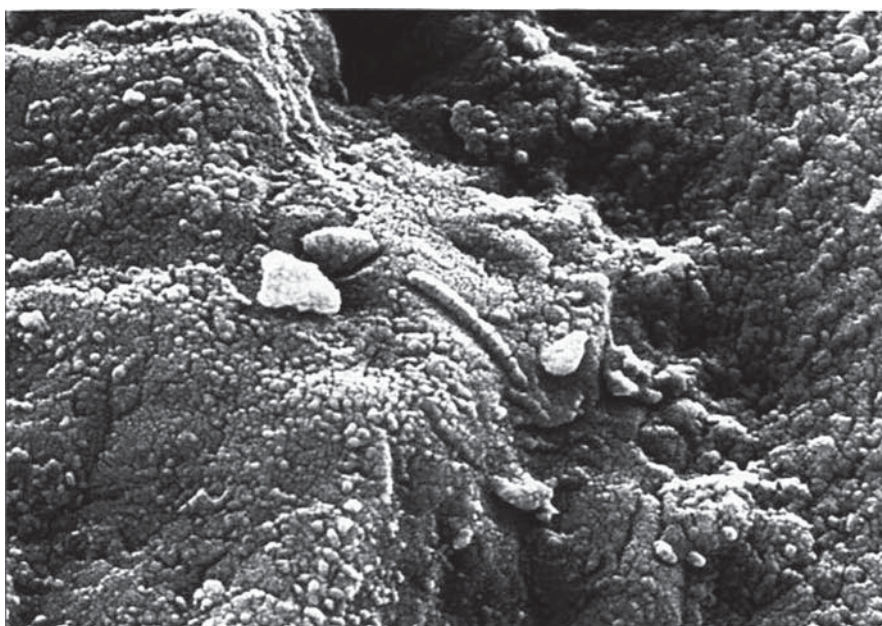
w warunkach fizjologicznych oraz nie wchodziły w strukturę nanobakterii poddanych demineralizacji. Naukowcy, analizując nanobakterie za pomocą przeciwciał monoklonalnych, uzyskali pozytywny wynik w przypadku immunoglobulin rozpoznających poryny i peptydoglikan *Chlamydia* spp. Analogiczny wynik uzyskano, stosując przeciwciała przeciw białkom *Bartonella* spp., co zdaje się wykluczać możliwość przypadkowego lub biernego włączenia wspomnianych protein w strukturę nanocząsteczek. Jest to jeden z argumentów pozwalających zaliczyć nanobakterie do organizmów żywych. Bez wątplenia istotny jest również stymulujący wpływ β -merkaptanoetanolu na wzrost nanobakterii, który nie

jest obserwowany przy sztucznie syntetyzowanym apatycie.

Nanobakterie w środowisku beztlenowym, bez β -merkaptetanolu, nie rosną. Stanowi to przesłankę do określenia ich mianem fakultatywnych anaerobów lub mikroaerofilii. Obecnie nie uznaje się jako argumentu na rzecz wspomnianych teorii podobieństwa morfologicznego nanobakterii do minerału czy fizjologicznego do bakterii. Wszyscy zgadzają się jednak w kwestii ich negatywnego wpływu na zdrowie człowieka i zwierząt. Do czasu uzyskania pełnej sekwencji genomu nanobakterii żadna ze wspomnianych hipotez nie zostanie definitywnie potwierdzona ani odrzucona. Jednak w świetle obecnie dostępnych informacji bliższa prawdy zdaje się teoria postulująca biologiczną naturę nanobakterii. Mając to na względzie, również w niniejszym opracowaniu przedstawiono je jako organizmy żywe.

Morfologia nanobakterii

Komórki nanobakterii mają średnicę równą 80–500 nm. Ich niezwykle małe rozmiary powodują, że przesączają się przez konwencjonalne filtry bakteriologiczne o średnicy porów 0,1 μ m. Charakterystyczną cechą nanobakterii jest pleomorfizm. Komórki nanobakterii mogą przyjmować formę wydłużoną o wymiarach 0,05–0,2 μ m lub kulistą o średnicy 0,2–0,5 μ m. Ponadto budowę ściany komórkowej nanobakterii cechuje duże podobieństwo do ściany komórkowej bakterii Gram-ujemnych. Niespotykaną dla innych mikroorganizmów właściwością nanobakterii jest odkładanie apatytu wokół swojej ściany komórkowej. Na obrazie z mikroskopu skaningowego można zaobserwować komórki z jednej strony wklęsłe, otoczone kilkoma warstwami mineralnymi (Wilk i Martirosian, 2004).



Fot. 2. Struktury przypominające nanobakterie na powierzchni marsjańskiego meteorytu ALH84001 znalezione na Antarktydzie (McKay i wsp., 1996)

Właściwości fizyczne nanobakterii

Nanobakterie przejawiają dużą odporność na czynniki fizyczne środowiska. Dzięki apatytowej osłonce są odporne na wysoką temperaturę. Mogą przebywać godzinę w temperaturze do 90°C bez degradacji struktur komórkowych. Wyniki badań wskazują, że spadek temperatury poniżej 37°C powoduje zahamowanie replikacji i tworzenia biofilmów przez nanobakterie. Ponadto są one w swojej zmineralizowanej formie odporne na promieniowanie γ w dawce do 30 kGray i nie są wrażliwe na NaCl w stężeniu do 5%. Poza tym apatytowa skorupa zapewnia im odporność na takie czynniki, jak: proteiny, lizozym, lipazy, amylazy, promieniowanie X oraz detergenty i rozpuszczalniki. Wyniki doświadczeń sugerują, że *in vitro* nanobakterie wrażliwe są na EDTA, cytryniany oraz tetracykliny. Wykazano także ich odporność na penicyliny i aminoglikozydy w dawkach powszechnie stosowanych terapeutycznie.

Właściwości biochemiczne nanobakterii

Wykazano, że metabolizm nanobakterii jest 10 tys. razy wolniejszy niż *Escherichia coli*. Warto zauważyć, że nie stwierdzono wytwarzania przez nanobakterie fosfatazy alkalicznej i ureazy. Kluczową włas-

ciwością nanobakterii jako patogenów jest ich wzrost i rozwój w pH fizjologicznym (pH 7,4). W otaczającą ich komórki warstwę węglanu apatytu wbudowane są urydyna, metionina i kwas asparaginowy.

Tworzenie biofilmu przez nanobakterie

Nanobakterie tworzą biofilm barwy mlecznej. Zdaniem naukowców biofilm może być czynnikiem pozwalającym tworzyć tym mikroorganizmom kolonie, a także istotnym elementem dla ich właściwości chorobotwórczych. Tworząc coraz większe skupiska w naczyniach krwionośnych, mogą zmniejszać ich drożność, powodując nawet zatrzymanie krążenia krwi.

Spoiwem łączącym nanobakterie wydaje się wytwarzany przez nie biofilm, który może prowadzić do zmian patologicznych tkanki nerkowej i węzłów chłonnych.

Obrazy uzyskiwane za pomocą transmisyjnego mikroskopu pokazują, że biofilm tworzy się wzdłuż pęcherzykowatych komórek, uczestnicząc w wytrącaniu apatytu. Obecność biofilmu indukującego odkładanie się warstwy mineralnej zależy od zawartości tlenu w środowisku. Dokładniejsze badania wykazały, że wytwarzanie biofilmu przez nanobakterie jest hamo-

wane przez antybiotyki, cytostatyki, duże dawki promieniowania γ oraz streptolizyny. Warto zwrócić uwagę na fakt, że taki stan rzeczy jest charakterystyczny dla bakterii, co jest kolejnym dowodem na organiczną naturę nanobakterii.

Diagnostyka nanobakterii

Podstawowymi metodami wykrywania nanobakterii są techniki elektronicznej mikroskopii skaningowej i transmisyjnej. Ponadto z uwagi na niezwykle małe rozmiary nanobakterii można zastosować filtrację przez filtry o porach 0,20 μm .

Nanobakterie można hodować na podłożach płynnych, np. DMEM czy PRMI 1640, opcjonalnie wzbogaconych surowicą w stężeniu do 10%. Możliwe jest również namnożenie nanobakterii w hodowlach komórkowych, np. linii komórkowej fibroblastów 3T6. Ponadto do wykrywania NB są wykorzystywane techniki immunoenzymatyczne (ELISA) i immunofluorescencyjne z zastosowaniem przeciwciał monoklonalnych Nb 8/0 i Nb 5/2. Stosowane mogą być także metody spektroskopowe w celu detekcji węglanu apatytu (650 nm). Do identyfikacji lipopolisacharydu wchodzącego w skład błony komórkowej nanobakterii wykorzystuje się test dLAL (ang. *Limulus Amebocyte Lysate assay*).

Znaczenie nanobakterii w środowisku

Nanobakterie zidentyfikowano nie tylko w organizmach ludzi i zwierząt, w których przejawiały właściwości chorobotwórcze, ale również w środowisku. Odkrywca nanobakterii Robert Folk zidentyfikował te mikroorganizmy w skałach osadowych, co sugeruje ich udział w procesach geologicznych. Zdaniem niektórych naukowców mogą one brać udział w procesach skałotwórczych i glebotwórczych. Przepuszczalnie mogą rów-

Tabela 1. Związek nanobakterii z różnymi chorobami (wg Kutikhin i wsp., 2012)

Autorzy badań	Choroby związane z nanobakteriami lub przez nie powodowane
Kajander i Ciftçioğlu (1997, 2010)	Kamica nerkowa
Hjelle i wsp. (2000)	Wielotorbielowość nerek
Hudelist i wsp. (2004)	Formowanie ciał piaszczakowatych przy złośliwym raku macicy
Maniscalco i wsp. (2004)	Zwapnienia tętnic wieńcowych
Pretorius i wsp. (2004)	Infekcje HIV
Shen i wsp. (2010)	Zapalenie gruczołu krokowego typu III
Schwartz i wsp. (2008)	Zwapnienia tętnic z uszkodzeniem endotelium
Puskás i wsp. (2005)	Błazka miazdźcowa
Shoskes i wsp. (2005)	Przewlekłe zapalenie gruczołu krokowego
Wang i wsp. (2006)	Kamienie żółciowe z czarnym pigmentem
Zeng i wsp. (2011)	Kamień nazębny

niez uczestniczyć w tworzeniu się kamienia kotłowego czy rdzewieniu żelaza. Ponadto sądzi się, że uczestniczą w wytwarzaniu muszli przez okrzemki i mięczaki oraz w powstawaniu skorupki pierwotniaków takich jak otwornice oraz skorupki ptasich jaj. Podobne morfologicznie do nanobakterii twory znaleziono w meteorycie pochodzenia marsjańskiego, oznaczonym symbolem ALH84001, co może sugerować ich pozaziemskie pochodzenie.

Nanobakterie zostały również odkryte, w postaci biofilmu, w gorących źródłach w Bad Gastein (Austria). Potwierdza to ich wielką wytrzymałość na wysoką temperaturę.

Analiza SEM wykazała duże podobieństwo morfologiczne nanobakterii z Bad Gastein do form odkrytych we Włoszech przez Roberta Folka. Nanobakterie zidentyfikowane w postaci biofilmu miały podobne wymiary i strukturę. Niestety rola, jaką odgrywają w ekosystemach, nie jest znana i wymaga dalszych badań.

Chorobotwórcze nanobakterie

Jako potencjalnie patogenne dla człowieka nanobakterie po raz pierwszy opisali, w 1998 roku, Kajander i jego współpracownicy. Fiński zespół wykrył je w hodowli komórkowej oraz w surowicy byd-

łęcej. Zespół pod kierownictwem Kajandera jako pierwszy postulował udział nanobakterii w powstawaniu kamieni nerkowych. Obecnie przypisuje się im rolę w wielu schorzeniach, w których występuje zwapnienie różnych komórek i tkanek, takich jak: zwapnienia naczyń krwionośnych, patologia nerek czy różnego typu nowotwory (Tab. 1).

Nanobakterie w patogenezie kamieni nerkowych

Kamica nerkowa jest powszechnie występującym schorzeniem układu moczowego. Prawdopodobieństwo jej wystąpienia zwiększają: infekcje, nieprawidłowości metaboliczne i fizjologiczne, zaburzenia anatomiczne dróg moczowych i niewłaściwa dieta. Kamienie nerkowe powstają po przekroczeniu punktu rozpuszczalności soli, w wyniku czego wzrasta stężenie substancji mineralnych rozpuszczonych w moczu. Skutkiem tego jest wytrącanie się osadu i jego postępująca agregacja, która może prowadzić do zatoru dróg moczowych. Dokonano podziału kamieni nerkowych w oparciu o ich budowę chemiczną. W kamieniach nerkowych wyróżniamy głównie kryształy szczawianu i fosforanu wapnia, a w mniejszym stopniu fosforanu amonowo-magnezowego (surwitu) oraz węglanu fosfo-

rowo-wapniowego, a także kwasu moczowego. Warto zwrócić uwagę, że cystyna i ksantyna stanowią 2% kamieni nerkowych. W strukturze wapiennych kamieni moczowych wyróżniamy macierz organiczną, tworzącą 3% masy kamienia, oraz mineralną, utworzoną głównie ze szczawianu i/lub fosforanu wapnia. Ta ostatnia jest zwykle komponentem dominującym. Ponadto wyróżniono kategorie kamieni infekcyjnych, które w 4–15% tworzą fosforan amonowo-magnezowy oraz apatyt.

Bakterie hodowane na podłożu zawierającym kamienie nerkowe wytwarzają ureazy, fosfatazy, neurokinazy i urokinazy. Enzymy te, jak również polisacharydy występujące na powierzchni komórek nabłonkowych dróg moczowych, zwiększają prawdopodobieństwo agregacji związków mineralnych.

Do bezpośrednich czynników sprzyjających powstawaniu kamieni nerkowych można zaliczyć przesylenie moczu fosforanami wapnia i magnezu, a także działanie alkalizujące enzymów, w szczególności ureazy, produkowanych przez mikroorganizmy. Do drobnoustrojów zwiększających ryzyko powstania kamieni moczowych należą m.in. *Proteus spp.*, *Klebsiella*, *Providencia*, *Pseudomona* – Gram-ujemne oraz *Corynebacterium*, *Staphylococcus* – Gram-dodatnie. W wielu przypadkach kamicy nerkowej nie obserwowano zmiany pH moczu, a stężenie wapnia i fosforu było fizjologicznie normalne.

Naukowcy zwrócili uwagę na nanobakterie, które nie wytwarzają fosfatazy zasadowej i ureazy jako czynnika indukującego agregację związków mineralnych w takim środowisku. Zdolność odkładania apatytu wokół ściany komórkowej czyni z nich jądro krystalizacji dla agregacji fosforanu wapnia rozpuszczonego w moczu. Długotrwały proces agregacji powoduje powstanie kamienia, a permanentny kontakt apatytu z moczem stymuluje ten proces. Rozrastająca się struktura mineralna uszkadza nabłonek brodawki nerkowej.

Wyniki badań dowiodły, że nanobakterie wstrzyknięte dożylnie zwierzętom doświadczalnym lokowały się w nerkach oraz powodowały apoptozę komórek nabłonka kanalików nerkowych. Fakt ten jest godny podkreślenia, ponieważ progresja apoptozy oraz niedrożność przewodów wyprowadzających mocz może prowadzić do wielotorbielowości nerek (PKD).

O udziale nanobakterii w kamicy nerkowej świadczy fakt, że w przypadku 90% badanych kamieni nerkowych obserwowano dodatni odczyn immunocytochemiczny po zastosowaniu przeciwciał 8D10. O udziale nanobakterii w powstawaniu kamieni nerkowych wydaje się również świadczyć ich podobieństwo do struktur tworzonych przez nanobakterie *in vitro*.

Rola nanobakterii w powstawaniu kamienia nazębnego

Niejednokrotnie odnajdywano na zdjęciach rentgenowskich, skrzydłowo zgryzowych oraz punktowych obejmujących pokrycie miazgi, kamień nazębny rozdzielony zwapniałymi ciałami, które mogą występować w tkance zębowej równie dobrze jako przymocowane powierzchniowo lub osadzone wewnątrz zębiny. Kamień nazębny jest powszechną dolegliwością jamy ustnej. Przykładowo występuje on u 46,1% dorosłych Australijczyków. Incydentalnie przypadłość ta dotyczyła zębów trzonowych – 0,4%, częściej przedtrzonowych – 19,7%. Najbardziej podatny na nią był pierwszy i drugi ząb przedtrzonowy. Kamień nazębny może występować u jednej osoby zarówno na jednym, jak i na wszystkich zębach, nawet na zatrzymanych lub niezdolnych do wyrośnięcia. Zwapnienia tkanki zębowej mogą uniemożliwić przeprowadzenie procedury leczenia kanałowego i prowadzić do utraty zęba. Etiologia powstawania kamienia nazębnego jest kontrowersyjna. Mogą go powodować starzenie się oraz czynniki biologiczne, chemiczne i fizyczne. Specyficzne właściwości nanobakterii sprawiają, że mogą

być one potencjalną przyczyną powstawania kamienia nazębnego.

Udział nanobakterii w zwapnieniach naczyń krwionośnych

Zdaniem wielu badaczy jednym z problemów zdrowotnych powodowanych przez infekcję nanobakteryjną może być patologiczne zwapnienie naczyń krwionośnych, prowadzące do ich niedrożności lub/i degradacji komórek strukturalnych oraz tworzenia się blaszki miażdżycowej.

Udział nanobakterii w patologicznych zwapnieniach łożyska

Śladowe zwapnienia łożyska obserwuje się u ponad 50% badanych. U 18% kobiet w 33. tygodniu ciąży natomiast odnotowano zwapnienia o 3+ stopniu zaawansowania. Na podstawie wyników wielu badań można stwierdzić, że nanobakterie są jednym z czynników mogących indukować problemy zdrowotne, którym towarzyszą zwapnienia.

Rola nanobakterii w genzie zwapnień towarzyszących złośliwemu gruczolakowi jajnika

Badania przeprowadzone przez Hudelist i współpracowników sugerują związek między zdolnością odkładania apatytu przez nanobakterie a występowaniem koncentrycznych zwapnień w przebiegu złośliwego gruczolaka jajnika. Próbkę została pobrana operacyjnie od 18 pacjentek w wieku od 40 do 64 lat. Celem badań było przeprowadzenie analizy immunohistochemicznej z wykorzystaniem mysich przeciwciał monoklonalnych A4002 rozpoznających nanobakterie. Wyniki testów wykazały silną reakcję antygen – przeciwciała u wszystkich badanych izolatów. W grupie kontrolnej wynik badania immunohistochemicznego był negatywny. Zdaniem badaczy nanobakterie mogą być zarówno czynnikiem stymulującym odkładanie się koncentrycznych złogów wapnia, jak i inicjującym proces kalcyfikacji. Mechanizm tego procesu nie jest jeszcze dokładnie poznany i wymaga dalszych badań.

Metody leczenia chorób powodowanych przez infekcję nanobakteryjną

W związku z dużym prawdopodobieństwem udziału nanobakterii w inicjowaniu lub/i stymulowaniu rozwoju różnych problemów zdrowotnych ludzi i zwierząt poszukuje się sposobów ich zwalczania. Jest to problematyczne ze względu na specyficzne właściwości nanobakterii. Badania prowadzone nad tymi drobnoustrojami wykazały ich odporność na: wysoką temperaturę (90°C przez godzinę), promieniowanie γ (do 30 kGray), detergenty, cefalosporyny, penicyliny, alkohol, lizozym i proteiny. Zdaniem naukowców jest to zasługa apatytowej osłonki wokół komórki nanobakterii, która ponadto utrudnia badania nad tymi mikroorganizmami.

Wyniki badań nad nanobakteriami wykazały tendencję do rozpadu ich apatytowej osłonki pod wpływem EDTA i kwasu solnego. Terapia z zastosowaniem EDTA polega na chelatowaniu wapnia oraz toksycznych metali, co obniża ich stężenie w moczu, zapobiegając tym samym tworzeniu się patologicznych zwapnień oraz blokując metaloproteazy aktywowane jonami wapnia. Dowiedziono doświadczalnie, że chemioterapeutyki z grupy tetracyklin powodują inhibicję wzrostu nanobakterii oraz podobnie jak EDTA blokują aktywację metaloproteazy przez chelatowanie jonów wapnia. Dodatkowo tetracyklina blokuje działanie enzymów oksydacyjnych. Często w terapii przeciw nanobakteriom stosuje się odpowiednią mieszankę tych dwóch specyfików. Pozytywne wyniki w leczeniu nanobakterii uzyskano także, wykorzystując ekstrakt z nasion czarnuszki siewnej (*Nigella sativa*). Działa on zapobiegawczo na formowanie się tlenków wapnia, a tym samym tworzenie się mineralnej struktury apatytu. Badania ujawniły również, że ekstrakt ten wykazuje wąskie spektrum działania antybakteryjnego w zakresie bakterii Gram-ujemnych oraz niektórych Gram-dodatnich, takich jak *Staphylococcus*, *Salmonella* i *Escherichia* czy *Helicobacter pylori*.

Efektywny w tej terapii może być także alkoholowy ekstrakt z kwiatów wierzbowicy *Epilobium parviflorum*.

Nowatorskim sposobem leczenia infekcji nanobakteryjnych może być oddziaływanie na te mikroorganizmy światłem o odpowiedniej długości fali. Zabieg ten mógłby powodować, zdaniem niektórych naukowców, spowolnienie ich metabolizmu, a tym samym ograniczenie wzrostu nanobakterii. Terapia uzupełniałaby działanie leków, w szczególności antybiotyków.

Dotychczasowe wyniki badań wskazują podatność nanobakterii na takie antybiotyki, jak tetracyklina, nitrofurantoina, trimetoprim, oraz antymetabolity takie jak 5-fluorouracyl czy leki z grupy bifosfonianów, które pełnią funkcję inhibitorów wapnia. Nanobakterie wykazywały większą odporność na niektóre antybiotyki, m.in. na ampicylinę.

Podsumowanie

W niniejszym opracowaniu zebrano dostępne informacje na temat nanobakterii, skupiając się głównie na ich chorobotwórczości. Są to niezwykle ciekawe mikroorganizmy ze

względem niespotykane u innych bakterii właściwości oraz wielowątkowość w procesach zarówno patologicznych, jak i środowiskowych, w których mogą brać udział. Ponadto niezwykle intrygujące są ich pochodzenie oraz kwestia jednoznacznego ustalenia ich natury. Nanobakterie są tym bardziej interesującym przedmiotem dyskusji z racji dużych rozbieżności i kontrowersyjnych teorii, jakie istnieją na ich temat w środowisku naukowym. Niewątpliwie do takiego stanu rzeczy przyczyniły się jednokierunkowość oraz stosunkowo krótki czas prowadzenia badań. Warto zwrócić uwagę, że dotychczas prowadzone badania obejmowały zakres głównie chorobotwórczości oraz ewentualnych terapii i metod leczenia związanych z patogenezą tych mikroorganizmów. Poza tym niezmiernie istotne wydaje się prowadzenie badań w zakresie roli tych drobnoustrojów w funkcjonowaniu ekosystemu.

**Sebastian Koblak,
dr Urszula Jankiewicz**

Katedra Biochemii, Wydział Rolnictwa i Biologii,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie

dr Paweł Kowalczyk

Piśmiennictwo:

- Abo-EL-Sooud K., Hashem M.M., Ramadan A., Abd EL-Aty A.M., Awadallaha K.Y., Gab-Allaha A.M., 2011, *Research strategies for treatment of nanobacteria*, Insight Nanotechnology 1, 1–8.
- Ciftcioglu N., McKay D.S., Mathew G., Kajander E.O., 2006, *Nanobacteria: fact or fiction? Characteristics, detection, and medical importance of novel self-replicating, calcifying nanoparticles*, J Investig Med. 54, 385–394.
- Ciftcioglu N., Miller-Hjelle M.A., Hjelle J.T., Kajander E.O., 2002, *Inhibition of nanobacteria by antimicrobial drugs as measured by a modified microdilution method*, Antimicrob Agents Chemother 6, 2077–2086.
- Kutikhin A.G., Brusina E.B., Yuzhalin A.E., 2012, *The role of calcifying nanoparticles in biology and medicine*, Int J Nanomedicine 7, 339–350.
- Mathew G., McKay D.S., Ciftcioglu N., 2008, *Do blood-borne calcifying nanoparticles self-propagate?*, Int J Nanomedicine 3, 265–275.
- McKay D.S., Gibson E.K. Jr, Thomas-Keprta K.L., Vali H., Romanek C.S., Clemett S.J., Chilliier X.D.F., Maechling C.R., Zare R.N., 1996, *Search for Past Life on Mars: Possible Relic Biogenic Activity in Martian Meteorite ALH84001*, Science 273, 924–930.
- Rokosz A., Łuszczak M., 2004, *Charakterystyka i udział nanobakterii w chorobach układu moczowego*, Przegląd Urologiczny 3, 12–14.
- Schwartz M.A., Lieske J.C., Kumar V., Farell-Baril G., Miller V.M., 2008, *Human-derived nanoparticles and vascular response to injury in rabbit carotid arteries: proof of principle*, Int J Nanomedicine 3, 243–248.
- Wilk I., Martirosian G., 2004, *Nanobakterie – charakterystyka mikrobiologiczna*, Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej 58, 60–64.
- Young J.D., Martel J., 2010, *Wzloty i upadki nanobakterii*, Świat Nauki 2, 38–45.
- Zeng J., Yang F., Zhang W., Gong Q., Du Y., Ling J., 2011, *Association between dental pulp stones and calcifying nanoparticles*, Int J Nanomedicine 6, 109–118.
- Zieliński W.K., Sosnowski M., Snopkowska D., Młoczkowski D., 2006, *Zwapnienia węzłów chłonnych miednicy – czy są możliwym objawem zakażenia nanobakteriami?*, Urologia Polska 2, 126–130.

Informatyka w służbie biologii

Gromadzone przez naukowców dane i dokonywane odkrycia oraz generowanie niesamowitych ilości informacji przysparzają problemów i fundują badaczom mnóstwo żmudnych analiz. Biologia wchodzi w erę cyfryzacji z podniesionym czołem, a terabajty danych przekazywane są specjalistom – bioinformatykom, którym udało się połączyć w swojej dziedzinie wszystkie najważniejsze umiejętności matematyczne, informatyczne i biologiczne.

Joanna Stojak

Na barkach bioinformatyków spoczywa ogromna odpowiedzialność. Do ich obowiązków należy bieżące katalogowanie mnożących się informacji biologicznych w postaci baz danych z odpowiednimi adnotacjami (ramka 1).

Bioinformatyka zajmuje się także analizą sekwencji DNA (składanie sekwencji, adnotacje, poszukiwanie sekwencji regulatorowych, kodujących, markerów molekularnych) i genomów. Dzięki temu możliwe jest opisywanie wzajemnych relacji ewolucyjnych różnych organizmów, zbadanie ich filogenezy oraz genotypowanie, tak popularne w kryminalistyce i medycynie (np. w onkologii do poszukiwania genów odpowiedzialnych za zmiany nowotworowe). Narzędzia bioinformatyczne ułatwiają także analizę ekspresji genów (głównie mikromacierzowo) oraz analizy proteomiczne (porównywanie sekwencji białek, identyfikacja domen i motywów białkowych, przewidywanie struktury i lokalizacji w komórce). Co więcej, katalogowanie funkcji genów i białek ułatwia badanie szlaków metabolicznych i sygnalizacyjnych.

Ostatecznie bioinformatyka zajmuje się tworzeniem algorytmów i programów komputerowych,

które umożliwiają pełną analizę danych biologicznych, w tym właśnie cząsteczek takich jak DNA, RNA czy białka.

Co z tym białkiem?

Białkiem nazywamy cząsteczki zbudowane z reszt aminokwasów połączonych wiązaniami peptydowymi (-CONH-), których synteza przebiega w rybosomach. Większość białek to cząsteczki złożone, z przyłączonymi do reszt aminokwasowych m.in. cukrami lub jonami metali.

Z reguły białko musi przejść proces związania, najczęściej za pomocą białek pomocniczych, tzw. chaperonów, przyjmując strukturę przestrzenną zwaną konformacją białka (ramka 2). Te, którym się ta sztuka nie uda lub przyjmą nieprawidłową konformację, zostają zniszczone – nie mogą przecież pełnić wtedy swojej funkcji.

Strukturę białek można opisać pionowo. Najniższą i podstawową strukturą, zwaną strukturą pierwszorzędową, jest liniowa kolejność aminokwasów w łańcuchu polipeptydowym. Przestrzenne ułożenie fragmentów łańcuchów białkowych nazwano strukturą drugorzędową. Fragmenty te mogą przybierać kształt helisy α lub harmonijki β (ramka 3).

Wzajemne ułożenie tych elementów względem siebie stanowi strukturę trzeciorzędową, a naj-

Ramka 1. Popularne serwisy biologiczne

- NCBI (National Center for Biotechnology Information) – baza przechowująca sekwencje nukleotydowe (baza GeneBank), abstrakty i informacje o artykułach biomedycznych (baza PubMed) oraz inne wiadomości z zakresu biotechnologii.
- PDB (Protein Data Bank) – bank danych białkowych dotyczących struktury przestrzennej białek i kwasów nukleinowych. Można w nim znaleźć graficzne rekonstrukcje oraz dokładny opis cząsteczek: sekwencje aminokwasowe, współrzędne atomów i informacje o strukturze drugorzędowej.
- EBI (European Bioinformatics Institute) – centrum badań i usług bioinformatycznych, część Europejskiego Laboratorium Biologii Molekularnej (EMBL). Podstawowym celem było stworzenie centralnej bazy gromadzącej wszystkie poznane sekwencje DNA. Obecnie składa się z dwóch baz danych: sekwencji nukleotydowych (EMBL-Bank) i sekwencji białkowych (Swiss-Prot-TrEMBL, znanej jako UniProt).
- Pfam (Protein families) – baza rodzin białkowych wraz z adnotacjami i porównaniami wielu sekwencji (MSA, ang. *multiple sequence alignments*) wykonanymi z wykorzystaniem ukrytych modeli Markowa (ciąg, w którym prawdopodobieństwo każdego kolejnego kroku zależy tylko od wyniku kroku poprzedniego).

wyższą, czwartorzędową, tworzy wzajemne ułożenie łańcuchów białkowych i innych struktur niebiałkowych (zwanymi również grupami prostetycznymi, np. lipidy, cukry, barwniki).

Białko białku nierówne

Główną metodą uzyskiwania pełnej informacji o strukturze białek jest krystalografia rentgenowska lub NMR. Jest to jednak zadanie bardzo żmudne (**ramka 4**). Narzędzia bioinformatyczne pozwalają na przewidywanie struktury i sekwencji białek, wykorzystując metody porównawcze (ewolucja zachowuje funkcjonalne fragmenty białek jako konserwatywne domeny, przeszukiwanie baz danych w celu wykrycia podobieństwa do znanych rodzin białkowych) lub korzystające z termodynamiki (naprężenia w strukturze, grupowanie, powinowactwo między pewnymi grupami chemicznymi).

Modelowanie molekularne jest wykorzystywane np. w projektowaniu leków w oparciu o strukturę celu, poszukiwaniu miejsc funkcjonalnych oraz analizowaniu interakcji białko – białko. Dokładność symulacji zależy od mocy obliczeniowej komputera, stąd pomysł tworze-

Ramka 2. Chaperony i białka szoku cieplnego

Chaperony (ang. *chaperone* – opiekun) są białkami, które łączą się w sposób odwracalny z N-końcem nici polipeptydowej, zmierzającej do uzyskania zwiniętej konformacji. Chaperony nie mają wpływu na przebieg fałdowania białka, wynikający wyłącznie z sekwencji aminokwasowej. Dodatkową funkcją chaperonów jest stabilizacja struktury fałdującego się białka w trakcie przemieszczania go do określonych kompartmentów (np. z cytoplazmy do mitochondrium).

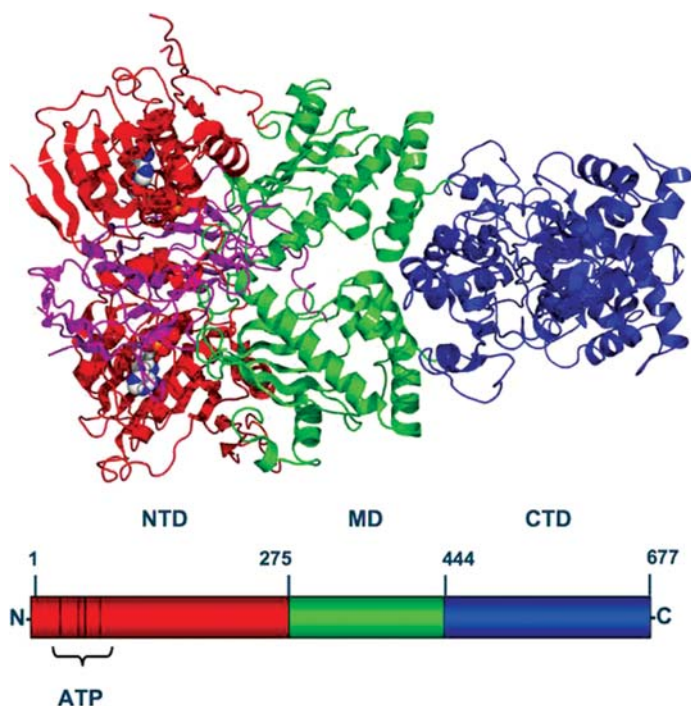
Chaperony są ATPazami. Początkowo istniejący kompleks ADP-chaperon wykazuje olbrzymie powinowactwo do niepołałdowanych łańcuchów polipeptydowych, a po ich połączeniu ADP jest zastępowany przez ATP. Hydroliza ATP uwalnia połałdowane białko, a wolne tempo tej reakcji sprawia, że łańcuch odłącza się stopniowo, ulegając tym samym poprawnemu fałdowaniu.

Większość chaperonów należy do rodziny wysoce konserwatywnych (zarówno w komórkach eukariotycznych, jak i prokariotycznych) białek Hsp (ang. *heat shock proteins*, białka szoku cieplnego).

Hsp70 – wiąże powstające łańcuchy już podczas translacji, uczestnicząc w ich transporcie do mitochondriów i retikulum endoplazmatycznego.

Hsp60 – ułatwia fałdowanie się łańcuchów polipeptydowych, a tym samym przyjęcie przez nie odpowiedniej konformacji. Hsp60 przypomina kształtem cylinder, do którego wnętrza transportowane są niepołałdowane łańcuchy, które następnie stopniowo są z niego uwalniane i przybierają poprawną strukturę przestrzenną.

Hsp90 – ekspresja tych białek wzrasta wraz z nasileniem się czynników stresowych działających na komórkę. Białka te regulują aktywność ATPazową i umożliwiają połączenie odpowiedniego chaperonu z łańcuchem polipeptydowym.



Rys. 1. Budowa Hsp 90

Ramka 3. Struktura drugorzędowa białka

Helisa α – struktura kształtem przypominająca cylinder utworzony przez prawoskrętnie skręconą śrubę. Ściany cylindra tworzy łańcuch białkowy, a łańcuchy boczne wysunięte są na zewnątrz. Struktura stabilizowana jest przez wiązanie wodorowe między grupą karboksylową jednego a grupą aminową drugiego aminokwasu (co cztery aminokwasy w łańcuchu białkowym).

Harmonijka β – przestrzenne ułożenie aminokwasów w łańcuchu białkowym przypomina połałdowaną w harmonijkę kartkę papieru. Kształt tej harmonijki jest stabilizowany przez wiązania wodorowe między sąsiednimi, oddzielnymi fragmentami łańcucha, tzw. nićmi beta. Można wyróżnić trzy rodzaje harmonijek: równoległe, antyrównoległe i mieszane.

nia projektów takich jak Rosetta@home, które angażują wolontariuszy z całego świata i udostępniają swoje serwery przez całą dobę.

Przewidywania *in silico* (łac. w krzemie, tu: w komputerze) są wprawdzie obciążone prawdopodobieństwem błędu, jednak są szybsze i tańsze niż metody tradycyjne. Pozwalają na przeanalizowanie setek, a nawet tysięcy cząsteczek w krótkim czasie, pomagając w formułowaniu hipotez, które następnie są analizowane doświadczalnie. Na czym to polega?

Założmy, że otrzymaliśmy jakąś sekwencję białkową. Jeśli jest ona identyczna z inną znaną sekwencją, wiadomo już, które to białko. Ciekawie robi się dopiero wtedy, gdy sekwencja okazuje się nieznaną. Może być ona podobna do innej – wiemy wtedy, że znaleźliśmy nowego członka jakiejś znanej rodziny. Jeśli znaleźliśmy w niej fragmenty podobne do znanych nam konserwatywnych motywów, regionów lub domen, możemy podejrzewać, jaką funkcję będzie pełniło badane białko. W przypadku całkowitego braku podobieństwa do jakiegokolwiek znanego nam białka jedynym wyjściem jest przeprowadzenie pełnego eksperymentu, czyli komputerowego poszukiwania jego struktury i porównania jej z rzeczywistym, skryształizowanym białkiem.

Należy jednak zadać sobie pytanie, czy aby na pewno podobieństwo krótkich fragmentów nie jest przypadkowe oraz czy białka o tej samej funkcji muszą należeć do jednej rodziny? I czy wszystkie spokrewnione ze sobą białka na pewno pełnią podobne funkcje?

Rozpatrzmy dwa istotne dla tej kwestii procesy ewolucyjne: dywergencję i konwergencję. Dywergencja (ewolucja rozbieżna) dotyczy różnokierunkowego kształtowania się cech homologicznych w wyniku oddziaływania różnych warunków środowiska (np. różne typy kończyn ssaków). Z kolei konwergencja, zwana także ewolucją zbieżną, polega na powstawaniu funkcjonalnie i morfologicznie podobnych cech ana-

Ramka 4.
Jak poznać strukturę skryształizowanego białka?

- Krystalografia rentgenowska – najstarsza metoda krystalograficzna stosowana w celu ustalenia wielkości, kształtu i pełnej struktury cząsteczki białka. Rejestracja wielu obrazów dyfrakcji promieni rentgenowskich powstających w wyniku interakcji z powierzchnią kryształów białka pod różnymi kątami pozwala na odtworzenie pełnej jego struktury.
- Spektroskopia NMR (magnetycznego rezonansu jądrowego) – szybkie zmiany pola magnetycznego powodują wzbudzenie spinów jądrowych znajdujących się w zewnętrznym polu magnetycznym oraz emisji promieniowania elektromagnetycznego, które jest wynikiem relaksacji (powrót układu spinów jądrowych do stanu równowagi termodynamicznej). Rejestracja tego promieniowania pozwala poznać budowę białka.
- Mikroskopia elektronowa – mikroskop wykorzystuje do obrazowania wiązkę elektronów, co pozwala na zbadanie cząsteczki atom po atomie, umieszczonej w próżni.

logicznych u organizmów odlegle spokrewnionych w odpowiedzi na podobne warunki środowiskowe (np. posiadanie skrzydeł przez ptaki i owady).

Sekwencje homologiczne łączy pochodzenie od wspólnego przodka – jeżeli rozdzielenie ich nastąpiło w wyniku duplikacji, sekwencje te nazywane są paralogami, natomiast gdy zaszła specjacja – ortologami. Doskonałym przykładem są trzy homologiczne białka: hemoglobina, leghemoglobina i mioglobina. Wszystkie trzy przenoszą tlen, różnią się jednak miejscem występowania – hemoglobina znajduje się w erytrocytach, leghemoglobina w brodawkach korzeniowych roślin motylkowych, a mioglobina w mięśniach poprzecznie prążkowanych. Natomiast sekwencje analogiczne pełnią tę samą funkcję, w wyniku czego są do siebie podobne, nie łączy ich jednak wspólne pochodzenie ewolucyjne.

Z powyższych rozważań wypływa zatem jasny wniosek – sekwencje homologiczne są podobne, ale nie wszystkie sekwencje podobne muszą być sekwencjami homologicznymi.

Misja na lata

Bioinformatyka jako nauka stosunkowo młoda ma przed

sobą świetlaną przyszłość i mnóstwo problemów do rozwiązania. Kolejne białka o nieznannej strukturze krystalizowane w laboratoriach chemicznych coraz częściej potwierdzają, że stworzone w komputerze modele są poprawne, i tym samym podnoszą prestiż programów opracowanych do przewidywania struktury białek.

Na swoje modele czeka jednak nie tylko olbrzymia ilość białek, ale i mnóstwo cząsteczek kwasów nukleinowych. Czy bioinformatyczne metody modelowania, tak skuteczne w przypadku białek, sprawdzą się także podczas poszukiwań innych struktur, czy też bioinformatyków czekają kolejne innowacje i nowe programy? W końcu jednak *nic w biologii nie ma sensu, jeśli rozpatruje się to w oderwaniu od ewolucji* (T. Dobzhansky). A czy ewolucja RNA i białek na pewno przebiegała zupełnie inaczej?

I tu okazuje się, że bioinformatycy po raz kolejny zwyciężają – zastosowanie w modelowaniu struktur RNA metod stosowanych przy modelowaniu struktur białkowych przynosi efekty i sprawdza się bardzo dobrze.

mgr Joanna Stojak
Instytut Biologii Ssaków PAN w Białowieży

Kapary nie tylko w kuchni

Kapary (*Capparis* L.) – rodzaj obejmujący ok. 250 gatunków roślin. Z reguły są to gatunki tropikalne. W Europie występują jedynie dwa, z których znacznie gospodarcze mają kapary cierniste (*Capparis spinosa* L.).

W zależności od gatunku oraz miejsca występowania kapary mogą być niewielkim drzewem, krzewem lub pnączem o charakterystycznych hakowatych kolcach zlokalizowanych parami u nasady liści. Większość gatunków kaparów ma bardzo efektowne kwiaty koloru białego, kremowego lub beżowego, osadzone na długich szypułkach i dosyć silnie pachnące.

Owoce kapara mają kształt niewielkich, pomarszczonych guzów znajdujących się na dosyć długich łodyżkach. Jednak nie one są przyczyną popularności kaparów, lecz pąki kwiatowe, które marynowane wykorzystywane są jako doskonała przyprawa, szczególnie w kuchni śródziemnomorskiej. To ostatnie zdanie odnosi się praktycznie wyłącznie do pąków kwiatowych kapara ciernistego (*Capparis spinosa* L.). Roślinę tę można spotkać w zasadzie wszędzie tam, gdzie panuje klimat zbliżony do śródziemnomorskiego, np. na wybrzeżu Morza Śródziemnego, Madagaskarze, wyspach Pacyfiku i w centralnej Azji.

Taksonomia rodzaju *Capparis* wywołuje sporo kontrowersji, ponieważ gatunki, które do niego należą, są bardzo zmienne i obejmują wiele ekotypów. Ponadto sprawę komplikuje fakt, że znamy wiele, zapewne nie wszystkie, mieszańców międzygatunkowych. Przykładowo kapary cierniste (*Capparis spinosa* L.) uważane są przez wielu autorów nie za jeden gatunek, lecz za zbiór często od siebie taksonomicznie odległych gatunków. Z kolei inni przypisują zmienność tego taksonu temu, iż obejmuje on wiele odmian lub nawet podgatunków mieszczących się w zakresie zmienności jednego gatunku. Istnieje również pogląd, że swój polimorfizm kapary cierniste

Domena: eukarionty,
królestwo: rośliny,
klad: rośliny naczyniowe,
klad: rośliny nasienne,
klasa: okrytonasienne,
klad: klad różowych,
rząd: kapustowce,
rodzina: kaparowate,
rodzaj: kapar, kapar ***Capparis*** L.

(*C. spinosa* L.) zawdzięczają temu, że są międzygatunkowym mieszańcem *C. orientalia* i *C. sicula*.

Niestety w Polsce kapary można hodować jedynie w oranżeriach, ponieważ jest to typowa roślina ciepłolubna, bardzo wrażliwa na mróz. Jeśli jednak zapewni się jej dużo światła i zimą temperaturę nie niższą niż 14°C, to odwdzięczy się zdrowym wzrostem i pięknymi kwiatami. Kapary dobrze rosną na suchych glebach mineralnych o zawartości próchnicy poniżej 1%. Zdolność wzrostu na tak ubogim podłożu zawdzięcza niezwykle rozległemu systemowi korzeniowemu i mikoryzie z mikrobami zdolnymi do dostarczania roślinie potrzebnych jej związków organicznych. Dlatego są nimi obsadzone zbocza, szczególnie te o dużym spadku, zagrożone silną erozją. W rejonie Morza Śródziemnego często można spotkać piękne, kwitnące krzewy kaparów wyrastające ze szczelin w pionowych murach. Bywa, że rosną tak bujnie, że stanowią zagrożenie dla zbudowanych z porowatego wapienia lub piaskowca ścian starożytnych budowli, które porastają.

Kapary można łatwo rozmnażać, wysiewając nasiona do przepuszczalnej, uniwersalnej ziemi ogrodniczej. Świeże nasiona kiełkują zwykle po 2–4 tygodniach. Niestety w czasie przechowywania wchodzi w stan uśpienia, dlatego aby skiełkowały nasiona długo przechowywane, należy je poddać stratyfikacji w niskiej temperaturze.

Kapary można rozmnażać przez sadzonki pędowe. Niestety sadzonki kapara ukorzeniają się bardzo trudno.



Rys. 1. Kapary cierniste (*Capparis spinosa* L.)



Rys. 2. *Capparis sepiaria*



Fot. 1. Kapary cierniste (*Capparis spinosa* L.)

Aby ukorzeniła się połowa z nich, muszą być przygotowane z rocznych, zdrowych pędów, a i tak nie gwarantuje to, ponieważ wiele zależy od stanu fizjologicznego rośliny matecznej w momencie pobierania pędów na sadzonki. Otrzymane w ten sposób młode rośliny w pierwszym

roku uprawy są szczególnie wrażliwe na brak wody.

Pączki kwiatów kaparów ciernistych (*C. spinosa* L.) kisi się w solance, marynuje w occie lub konserwuje w oleju. Marynowane kapary są cenione ze względu na specyficzny smak jako przyprawa

do mięs lub dodatek do sosów i sałatek. Warto wiedzieć, że im mniejsze są kapary, tym intensywniejszy mają smak. Należy pamiętać, aby dodawać je w ostatnim etapie gotowania, ponieważ poddane działaniu wysokiej temperatury tracą swoje walory smakowe.

W polskiej kuchni bywają stosowane odpowiedniki kaparów przygotowywane z młodych pąków kwiatowych mniszka lekarskiego lub niezdrewniałych owoców nasturcji. Jadalne są także młode listki kaparów w postaci surowej bądź marynowane. W kuchni praktycznie nie używa się owoców tej rośliny.

Popiół otrzymany ze spalonych korzeni kaparów bywa stosowany jako substytut soli.

W medycynie ludowej spożywanie kaparów uważane jest za postępowanie wspomagające leczenie impotencji u mężczyzn.

UWAGA! Dwa gatunki kaparów: *Capparis fascicularis* i *Capparis tumentosa* są trujące.

Ciekawostka

„Kapary” z niedojrzałych nasion nasturcji i pąków kwiatowych mniszka lekarskiego

Warto spróbować, ponieważ „polskie kapary” przygotowane według poniższych przepisów niewiele ustępują prawdziwym.

„Kapary” z młodych nasion nasturcji

Składniki:

- zielone, niezdrewniałe, świeżo zebrane nasiona nasturcji,
- sól.

Przygotowanie:

Nasiona nasturcji opłukać w zimnej wodzie i starannie osuszyć. Osuszone nasiona należy ułożyć w naczyniu, najlepiej szklanym lub ceramicznym, mocno posolić i pozostawić na 24 godziny. Ważne, aby wszystkie nasiona były tak samo posolone. Dlatego w ciągu 24-godzinnego „leżakowania” należy je co jakiś czas zamieszać. Po 24 godzinach nasiona wysypujemy na sito i starannie osuszamy, a następnie układamy je w słoikach i zalewamy aromatycznym octem, np. winnym. Po dwutygodniowej maceracji stary ocet zastępujemy nowym. Nasturcjowe „kapary” można przechowywać w szczelnie zamkniętych słoikach w chłodnym miejscu.

Przepis ten można zmodyfikować, stosując zamiast octu winnego octową marynatę. Do przygotowania marynaty możemy wykorzystać takie składniki, jak: chrzan, cebule sza-

lotki, ziarna pieprzu, estragon, gałkę muszkatołową, czosnek, sól i cukier. Proporcje składników możemy zmieniać zgodnie z własnym gustem, ale za punkt wyjścia może posłużyć zasada: szklanka octu winnego + pół szklanki soli + ćwierć łyżeczki cukru. Wszystkie składniki należy gotować pod przykryciem przez 10 minut.

Tak przygotowaną, gorącą marynatą zalewamy wyjęte z solanki i osuszone (patrz wyżej) nasiona nasturcji, które umieściliśmy w szklanych słoikach.

Jeśli przygotowując marynatę, rozcieńczyliśmy ocet winny, to szczelnie zamknięte słoiki z zalany miarynatą nasionami nasturcji należy pasteryzować na sucho.

Pąki mniszka lekarskiego à la kapary

Składniki:

- młode pąki kwiatowe mniszka lekarskiego,
- szklanka wody,
- szklanka octu, np. estragonowego,
- pół szklanki soli,
- szczypta cukru.

Przygotowanie:

Młode pąki kwiatowe mniszka lekarskiego należy starannie umyć w zimnej wodzie, a następnie osuszyć i ułożyć w szklanym lub ceramicznym naczyniu oraz zalać zimną solanką. Następnego dnia pąki przenosimy na sitko i starannie osuszamy, a potem układamy w słoiczku i zalewamy gorącą zalewą octową. Słoiczek szczelnie zamykamy i przechowujemy w chłodnym miejscu.

Tulipany

O tulipanych napisano książki i to nie tylko ogrodnicze, bo kwiat ten związał się z historią naszego gatunku jak żaden inny! Dlatego nie wypada, aby nie trafił do ogródka „Biologii w Szkole”.

Obecnie znamy 75 gatunków tulipanów. Praktycznie wszystkie trafiły do naszych ogrodów. Czasem w postaci naturalnej, ale częściej jako mieszańce międzygatunkowe.

Zasięg występowania tulipanów na zachodzie sięga po Półwysep Iberyjski, na północy aż po południową Syberię, na południu po północną Afrykę, a na wschodzie po Chiny i Mongolię. Tulipany spotyka się zarówno na nizinach, np. na Syberii i w Mongolii, jak i wysoko położonych płaskowyżach Pamiru, Hindukuszu i Tien-szanu. Uważa się, że ojczyzną tulipanów są właśnie płaskowyże centralnej Azji. Obecnie wiele gatunków tulipanów to typowe rośliny stepów Azji. Spotkać je można również wśród roślinności śródziemnomorskiej. Tulipany łatwo się ze sobą krzyżują, czego efektem są rośliny o bardzo zróżnicowanym wyglądzie. Ponieważ tulipany stosunkowo łatwo rozmnażają się wegetatywnie (przez cebule), to nawet pojedyncze okazy, będące owocem krzyżówek międzygatunkowych lub mutacji, mogą stosunkowo szybko stać się popularnymi odmianami ogrodowymi.

Przypuszczalnie większość ogrodowych odmian tulipanów pochodzi od gatunków *T. suaveolens* i *T. gesneriana*. Jednak ich genealogii nie sposób odtworzyć, choćby z tego względu, że współczesni przedstawiciele tych gatunków, szczególnie *T. gesneriana*, nie do końca odpowiadają ich XVI-wiecznym opisom (Konrad Gesner).

Tulipany to kwiaty wiosny i wczesnego lata. Mnogość gatunków i odmian oraz niezaprzeczalna uroda czynią je roślinami niezastąpionymi w każdym ogrodzie. Jedyny problem może sprawiać konieczność wykopywania bulw, ale i to w przypadku tzw. tulipanów botanicznych nie stanowi problemu, gdyż bulwy tych roślin mogą przebywać w tym samym miejscu przez wiele lat, dając wiosną dorodne rośliny i pięknie kwitnąc.

Tulipany bardzo różnią się pokrojem. Najmniejsze z nich mierzą zaledwie 10 cm, podczas gdy największe kwiaty mogą sięgać nawet 80 cm. Zwykle wczesną wiosną tulipany wykształcają osadzone na długiej łodyżce kwiat o charakterystycznym pucharowatym kształcie. Jednak są również takie, jak np. *T. acuminata*, którego płatki przypominają bardziej paznokcie starej czarownicy niż czerwone płatki okwiatu „klasycznego” tulipana.

Systematycznie rzecz ujmując, tulipany należą do:

domeny eukarionty,
królestwa roślin,
kladu roślin naczyniowych,
kladu roślin nasiennych,
kladu roślin okrytonasiennych,
kladu roślin jednoliściennych,
rzędu liliowców,
rodziny liliowatych,
rodzaju tulipan.



Zwykle jedna cebula tulipana wytwarza jeden pęd kwiatowy, na którym osadzony jest tylko jeden kwiat. Znane są jednak gatunki tulipanów, np. *T. dasystemon*, syn. *T. tarda*, u których z pojedynczej cebuli wyrasta wiele pędów kwiatowych z pojedynczym kwiatem na wierzchołku każdego pędu lub które wytwarzają jeden rozgałęziający się pęd kwiatowy, a każdy z pędów bocznych wieńczy pojedynczy kwiat, np. *T. turkestanica*.

Z uwagi na podstawowe właściwości ogrodnicy dzielą odmiany tulipanów na kilka grup:

- **Pojedyncze wczesne** – kwitną od końca kwietnia do połowy maja. Ich kwiaty, dochodzące do 8 cm wysokości, osadzone są na pędach kwiatowych o długości od 15 do 45 cm.
- **Pełne wczesne** – kwiaty pełne lub półpełne, szeroko rozkładające płatki, o średnicy do 8 cm. Rośliny osiągają wysokość 30–40 cm.
- **Grupa Triumph** – obejmuje odmiany późno kwitnące (nawet do połowy czerwca) o stosunkowo niewielkich (maks. 6 cm), pojedynczych kwiatkach osadzonych na dość wysokich pędach kwiatowych, sięgających nawet 60 cm. Tulipany z grupy Triumph długo utrzymują kwiaty nierozchylone.
- **Hybrydy Darwina** – jeszcze niedawno większość tulipanów uprawianych w Polsce należała do tej grupy. Należący do niej tulipan *Apeldoorn*, o czerwonych kwiatkach i czarnym dnie kwiatowym z żółtą obwódką, stał się na wiele lat symbolem tulipanów. Inną przepiękną, lecz niestety zapomnianą, starą odmianą tulipana z tej grupy jest delikatnie różowa *Rosy*

Wings. Hybrydy Darwina są tulipanami wysokimi (do 75 cm), o dużych kwiatach, które mają nawet 10 cm wysokości.

- **Pojedyncze późne** – obejmuje rośliny zakwitające pod koniec maja i na początku czerwca. Kwiaty tulipanów z tej grupy mają do 8 cm wysokości i są osadzone na długich łodygach sięgających nawet 70 cm. Niektóre odmiany wykazują skłonność do wytwarzania rozgałęziających się (zwykle na dwie) łodyg, na których końcu osadzone są kwiaty.
- **Liliokształtne** – grupa ta została wydzielona z tzw. tulipanów Darwina dopiero w 1958 roku. Kwiaty tulipanów z tej grupy mają bardzo charakterystyczny kształt. Zwężają się mniej więcej w 2/3 wysokości, po czym szeroko rozchylają się. Rozchylające się końcówki płatków są bardzo wąskie. Uważam, że nie powinno ich zabraknąć w ogrodzie. Szczególną uwagę zwracam na takie odmiany, jak: *Lilac Time*, *West Point*, *Alladin* i *Ballade*.
- **Fryzowane (ang. fringed)** – do tej grupy należą tulipany, których płatki kwiatów są w charakterystyczny sposób delikatnie strzępione, co sprawia, że wyglądają, jakby z ich krawędzi wyrastały tysiące ramion ukwiału. Z reguły rośliny są średniowysokie o dużych kwiatach. Większość odmian z tej grupy zakwita pod koniec maja i na początku czerwca.
- **Zielonokwiatowe (*Viridiflora*)** – grupa odmian o kwiatach z częściowo zielonymi płatkami. Już na obrazach XVII-wiecznych flamandzkich mistrzów można znaleźć tulipany o takich kwiatach. Dziś przeżywają renesans zapewne z uwagi na niezwykłą urodę i oryginalność ich kwiatów. Tulipany z grupy *Viridiflora* osiągają od 35 do 60 cm wysokości i zakwitają w połowie maja.
- **Grupa Rembrandta** – dwukolorowe, a czasem nawet wielokolorowe, pstro ubarwione odmiany. Wzór smug i przebar-



Rys. 1. Christoffel van den Berghe (ok. 1617–1628)

Pstrość kwiatów tulipana – choroba roślin liliowatych wywoływana przez wirusa pstrości tulipana (TBV, ang. *tulip breaking virus*; ICTV 57.0.1.0.070) to najczęściej występująca choroba wirusowa tulipanów. Zaobserwowano ją już w XVI wieku w Holandii, zaraz po sprowadzeniu tulipanów o mozaikowych kwiatach z Turcji. Oczywiście nikt nie wiedział wtedy, że sprowadzone „odmiany” o oryginalnych, pstrych kwiatach były zarażone wirusem wywołującym chorobę.

Wirus TBV jest przenoszony przez różne gatunki mszyc. Tulipany możemy również zarażać, ścinając ich kwiaty narzędziem, którym wcześniej ścinał się zakażone wirusem lilie lub tulipany.

Być może gdyby znano przyczynę pojawiania się mozaikowych kwiatów, nie doszłoby do tulipanomanii, jaka zapanowała w Europie na początku XVII wieku. Niestety wirus TBV nie tylko zmienia barwę kwiatów tulipana, ale również powoduje chlorozę liści i zahamowanie rozwoju nowych cebulek. Objawy choroby pojawiają się późno, bo dopiero w drugim roku po zakażeniu. Dlatego trudno jest zapobiegać spustoszeniu, jakie choroba szerzy w uprawach tulipanów. W przemysłowej hodowli tulipanów rośliny zakażone TBV wykrywa się testem ELISA. Niestety jest on nieosiągalny i nieekonomiczny w przypadku tulipanów uprawianych w przydomowym ogrodzie.



Rys. 2. Tulipany porażone wirusem TBV znane były już w XVII wieku



Rys. 3. Ambrosius Bosschaert młodszy, *Metalowa waza z kwiatami*, XVII wiek

wień występujący na płatkach kwiatów tulipanów z grupy Rembrandta jest niepowtarzalny, co czyni ich bukiet niezwykle efektownym. W moim odczuciu na grządce prezentują się znacznie gorzej. Niestety wiele tulipanów z tej grupy jest zaatakowanych przez wirus pstrej mozaiki tulipanów (TBV, ang. *tulip breaking virus*; ICTV 57.0.1.0.070, **patrz ramka**), który łatwo przenoszony jest z rośliny na roślinę, np. przez glebę lub w czasie ścinania kwiatów, i może powodować spustoszenie w kolekcji tulipanów. Aby temu zapobiec, rośliny z grupy Rembrandta należy sadzić z dala od innych tulipanów i lilii, które również są wrażliwe na wirusa TBV. Ponadto należy zwalczać mszyce i starać się nie sadzić tulipanów w miejscach, gdzie wcześniej rosły rośliny atakowane przez TBV lub podobne, potencjalnie niebezpieczne dla tulipanów. Kupując cebulki tulipanów, należy bardzo poważnie zastanowić się, zanim kupi się te z grupy Rembrandta. Co prawda hodowcy zwykle twierdzą, że sprzedają cebulki pozbawione wirusa, ale radziłbym zachować daleko idącą ostrożność. Wirus TBV nie jest przenoszony przez nasiona tulipanów, co miało znaczenie w czasach tzw. gorączki tulipanowej.

- **Papuzie** – odmiany z tej grupy nie są zbyt wysokie, bo zazwyczaj nie przekraczają 50 cm wysokości, ale za to mają oryginalne, bardzo duże kwiaty o płatkach nieregularnych i zwykle silnie pofałdowanych. Często na kwiatach tulipanów papuzich pojawiają się zielone smugi, które nie są konsekwencją zarażenia wirusem.
- **Pełne późne** – z uwagi na szczególną budowę kwiatów bywają nazywane również tulipanami peoniowymi. Większość odmian należących do tej grupy to rośliny średniowysokie (45–50 cm) zakwitające pod koniec maja.
- **Grupa Kaufmanna** – do tej grupy należą niewielkie tulipany (20–40 cm wysokości), które są szczególnie cenne w naszych ogrodach, bo zakwitają już w połowie marca. Zwykle ich kwiaty są kremowożółte z czerwonym płomieniem.
- **Grupa Foster** (*T. x fosteriana*) – tulipany z tej grupy bywają zaliczane do tulipanów botanicznych. Ich kwiaty o barwie od kremowej do żółtej lub ciemnoczerwonej osiągają aż 12 cm szerokości, choć rośliny nie są szczególnie wysokie (20–40 cm). Tulipany Foster zakwitają na początku kwietnia i kwitną do maja.
- **Grupa Greiga** – tulipany z tej grupy można łatwo rozpoznać po charakterystycznych, bordowo paskowanych liściach. Są roślinami niezbyt wysokimi (od 20 do 40 cm) o dużych, często czerwonych kwiatkach. Zakwitają pod koniec kwietnia i kwitną do połowy maja.
- **Botaniczne** – grupa ta obejmuje pozostałe, uprawiane gatunki tulipanów i ich odmiany.
- **Wielokwiatowe** – do tej grupy zaliczane są odmiany tulipanów z wyżej opisanych grup, które wytwarzają z jednej cebuli więcej niż jedną łodygę kwiatową, zakończoną kwiatem, lub jedną rozgałęzioną łodygę kwiatową, której łodygi boczne zakończone są pojedynczymi kwiatami.

Tulipany pochodzą z obszarów położonych wysoko nad poziomem morza, gdzie zimy są bardzo chłodne, wiosny długie i chłodne, a lata suche. Dlatego rośliny te wykształciły



Rys. 4. Pole tulipanów van Gogha – kwiecień 1883 r.



Każdy ucięty liść to utrata znaczącej powierzchni uczestniczącej w fotosyntezie, a tym samym niezwykle ważnej dla rozwoju nowych cebulek. W celu uzyskania jak największej liczby dużych cebul hodowcy uprawiający tulipany ścinają same kwiaty, aby nie dochodziło do ich zapylenia, ponieważ to również obniża plon cebulek. Jeśli chcemy ścinać kwiaty do wazonu, to starajmy się ścinać je z co najwyżej jednym liściem. Jest to szczególnie ważne w przypadku tulipanów liliokształtnych, które mają niewielkie, wąskie liście. Jeśli nie planujemy cięcia tulipanów do wazonu, to warto usunąć z kwiatów słupki. Dzięki temu po zakończeniu wegetacji wykopimy duże cebule, które w następnym roku dadzą piękne kwiaty.

Tulipany są dosyć żarłoczne, dlatego nie powinniśmy zapominać o ich nawożeniu. Jesienią, wysadzając cebulki, warto wzbogacić ziemię nawozami potasowymi, np. siarczanem potasu, i fosforowymi, np. superfosfatem, a bardzo wczesną wiosną, najlepiej jeszcze zanim spłyną resztki śniegu, zasiliamy tulipany nawozami azotowymi, np. saletrą amonową.

Cebulki wysadzamy po 15 września, ale nie później niż 15 października. Obowiązuje zasada, że sadzimy je na głębokość równą 2,5–3 wysokościom cebulki.

cechy umożliwiające wzrost i przetrwanie w takich warunkach. Wytwarzają cebule, które bez trudu mogą przetrwać nawet kilkumiesięczne okresy suszy. Wegetacja tulipanów trwa stosunkowo krótko, bo obejmuje wiosnę, kiedy roślina kwitnie, i późną jesień, gdy ukorzeniają się cebulki, które roślina wykształciła wiosną.

Żeby zakwitnąć, cebule tulipanów muszą przejść okres wernalizacji (działanie niskiej temperatury). Rozwój rośliny jest szybki i stosunkowo krótki. Cebule posadzone w połowie września ukorzeniają się jeszcze przed zimą, co jest bardzo ważne dla prawidłowego rozwoju rośliny. Zimą cebula ulega wernalizacji i kiełkuje bardzo wczesną wiosną. Niektóre botaniczne tulipany zakwitają już w drugiej połowie marca, a cały cykl rozwojowy kończy się w maju lub na początku czerwca, gdy rośliny zamierają. W tym czasie pod ziemią rozwijają się nowe cebule, a stara zanika, ponieważ zawarte w niej substancje zapasowe tulipan wykorzystuje w czasie wzrostu. Dlatego niezwykle ważne jest zapewnienie roślinom potrzebnych im składników pokarmowych. W innym wypadku powstaną bowiem jedynie małe cebulki, które w następnym roku dadzą słabe kwiaty albo w ogóle nie zakwitną. Z reguły małe cebulki wytwarzają w kolejnym roku tylko jeden liść i nie kwitną.

Ścinając kwiaty tulipanów, powinniśmy pamiętać, że tniemy je w momencie szczególnie ważnym dla tworzenia cebul.



NADMORSKIE WARSZTATY PRZYRODNICZE

Nie tylko dla przyrodników!

NADMORSKIE WARSZTATY PRZYRODNICZE

to interdyscyplinarna edukacja terenowa połączona z wypoczynkiem. Zajęcia prowadzą profesjonaliści, którzy na co dzień pracują w zawodach związanych z przyrodą. Tematy zajęć dobrano tak, by młodzież poszerzyła wiedzę i umiejętności objęte szkolnymi programami nauczania. Oferujemy 14 godzin zajęć edukacyjnych, dużo zabawy i wypoczynek na świeżym powietrzu.



Na nasze Warsztaty można uzyskać dofinansowanie!

OFERTA SPECJALNA!

w dniach
28.04-2.05.2014
5.05-9.05.2014
16.06-20.06.2014
23.06-27.06.2014
1.09-5.09.2014

CENY 20% NIŻSZE

Oferta weekendowa:
informacje na naszej
stronie internetowej.

NADMORSKIE WARSZTATY PRZYRODNICZE

Przemysław Jujka

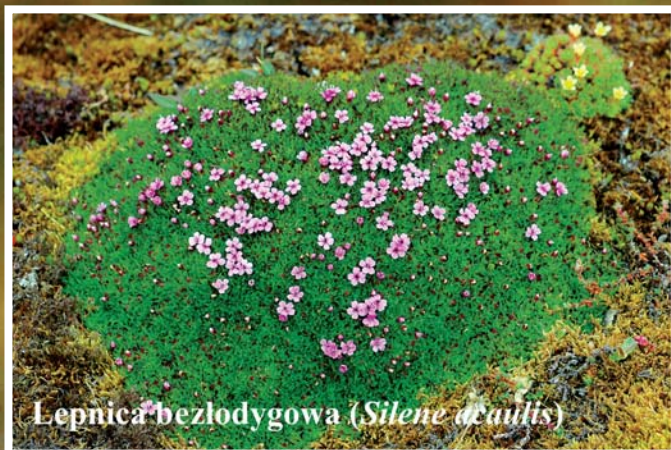
www.warsztatyprzyrodnicze.com

nadmorskie@warsztatyprzyrodnicze.com

tel. kom. 602 25 18 63



www.warsztatyprzyrodnicze.com



Lepnica bezłodygowa (*Silene acaulis*)



Rdest żyworodny (*Polygonum viviparum*)

Polskie rośliny



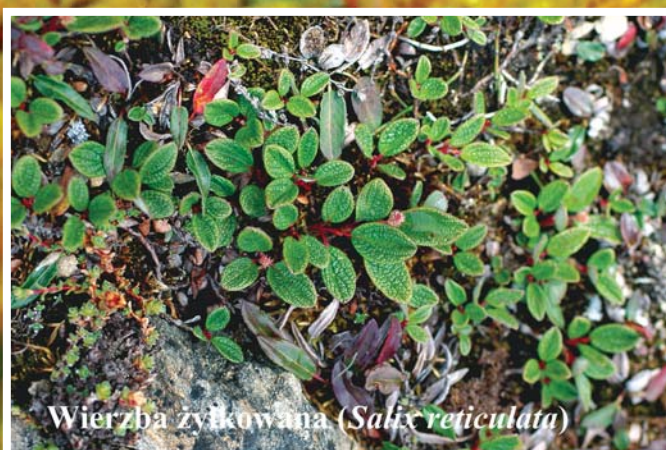
Skalnica nakrapiana (*Saxifraga aizoides*)



Skalnica naprzeciwlistna (*Saxifraga oppositifolia*)



Szezwawór alpejski (*Oxyria digyna*)



Wierzba zytkowana (*Salix reticulata*)

polarne

Lepnica bezłodygowa (*Silene acaulis*) – niska roślina poduszkowa występująca w arktycznej tundrze oraz wysokich górach Eurazji i Ameryki Północnej. Lepnica bezłodygowa jest wiecznie zieloną byliną tworzącą zielone, gęste poduszki o średnicy ponad 40 cm i wysokości od kilku do kilkunastu centymetrów.

Domena: eukarionty,
królestwo: rośliny,
klad: rośliny nasienne,
klasa: okrytonasienne,
rzęd: goździkowce,
rodzina: goździkowate,
rodzaj: lepnica,
gatunek: **lepnica bezłodygowa** (*Silene acaulis*).

Lepnica kwitnie bardzo obficie, wytwarzając różowe i wyjątkowo białe kwiaty osadzone na łodyżkach o długości 2–4 cm. Kwiaty są obupłciowe i zwykle są zapylane przez



Fot. 1. Lepnica bezłodygowa (*Silene acaulis*)

owady. Ciekawym przystosowaniem lepnicy do życia w wysokich górach i polarnej tundrze jest nagrzewanie się wnętrza kępy lepnicy w słoneczne dni. Panuje tam temperatura nawet o kilka stopni wyższa niż temperatura powietrza wokół rośliny.

Lepnica bezłodygowa jest rośliną długowieczną. Najstarsze, znalezione na Alasce, kępy lepnicy miały ponad 70 cm średnicy, a ich wiek określono na 350 lat!



Fot. 2. Lepnica bezłodygowa (*Silene acaulis*)

Poduszka lepnicy bezłodygowej ma tylko jeden korzeń, ale za taki! Osiąga on długość nawet 150 cm. Dzięki temu roślina może rosnąć na mało stabilnym rumoszu skalnym.

Niezwykła jest odporność lepnicy bezłodygowej na mróz. Kwitnące rośliny mogą zamarznąć na kilka dni bez widocznego wpływu na kwitnienie i stan całej rośliny.

Domena: eukarionty,
królestwo: rośliny,
klad: rośliny nasienne,
klasa: okrytonasienne,
rzęd: goździkowce,
rodzina: rdestowate
gatunek: **rdest żyworodny** (*Polygonum viviparum*, syn. *Bistorta viviparum*).

Podobnie jak lepnica bezłodygowa, rdest żyworodny jest rośliną przystosowaną do życia w warunkach polarnych lub w wysokich górach (Alpy, Karpaty, Pireneje, Kaukaz i Tybet).

Jest niewysoką, bo osiagającą 5–15 cm wysokości, byliną. Rdest żyworodny kwitnie w czerwcu i lipcu, lecz bardzo słabo zawiązuje nasiona. Rozmnaża się głównie przez bulwki powstające w kątach liści. Bulwki pozostają długo przytwierdzone do rośliny matecznej, na której rozwijają się w młode rośliny. Zwykle powstają na rok przed wytworzeniem liści. Co ciekawe, na roślinie matecznej



Fot. 3. Rdest żyworodny (*Polygonum viviparum*)

występują cebulki, które wytworzyły liście, stąd nazwa *żyworodny*. Bulwki są bogate w skrobię, dlatego są ulubionym pokarmem pardwy górskiej (*Lagopus mutus*), a na Spitsbergenie również renifera swalbardzkiego (*Rangifer tarandus spitzbergensis*).

Rdest żyworodny wchodzi w skład bardzo wielu zbiorowisk roślinnych, w których zwykle jest rośliną pospolitą. Typowymi sta-



Fot. 4. Rdest żyworodny (*Polygonum viviparum*)

nowiskami dla tej rośliny są wilgotne łąki porośnięte niską trawą. Rdest żyworodny można spotkać przy drogach, zwykle tam, gdzie gleba jest żyzna.

Podobnie jak inne rośliny występujące w środowiskach o klimacie polarnym, rdest żyworodny rośnie wolno. Przystosowaniem do klimatu polarnego są także bulwki służące roślinie do rozmnażania wegetatywnego.

Skalnice

Domena: eukarionty,
królestwo: rośliny,
klad: rośliny naczyniowe
klad: rośliny nasienne,
klad: okrytonasienne,
rząd: skalnicowce,
rodzina: skalnicowate,
rodzaj: skalnica.

UWAGA! Rodzina skalnicowatych (*Saxifragaceae*) jest rodziną siostrzaną dla agrestowatych (*Grossulariaceae*).

Rodzina skalnicowatych obejmuje ok. 450 gatunków roślin, z których tylko 18 występuje w Polsce. Większość gatunków skalnic można spotkać w górach na półkuli północnej, gdzie rosną na skalnych zboczach i górskich łąkach. Zwykle skalnice są roślinami niewielkimi (do 35 cm wysokości), bylinami lub roślinami jednorocznymi o liściach skupionych w rozetkach i kwiatach osadzonych na szypułkach w luźnych gronach. Owocami skalnic są torebki zawierające liczne, zwykle bardzo drobne nasiona.

W Polsce występują następujące gatunki skalnic:

- skalnica darniowa (*Saxifraga moschata* Wulffen);
- skalnica dwuletnia (*Saxifraga ascendens* L.);
- skalnica gronkowa (*Saxifraga paniculata* Mill., syn. *S. aizoon* Jacq.);
- skalnica jastrzębcowata (*Saxifraga hieracifolia* Waldst. & Kit.);
- skalnica karpacka (*Saxifraga carpathica* Rchb., syn. *S. carpatica* Rchb.);
- skalnica mchowata (*Saxifraga bryoides* L.);
- skalnica nakrapiana (*Saxifraga aizoides* L.);
- skalnica naprzeciwlistna (*Saxifraga oppositifolia* L.);
- skalnica naradkowata (*Saxifraga androsacea* L.);
- skalnica odgiętolistna (*Saxifraga retusa* Gouan);
- skalnica seledynowa (*Saxifraga caesia* L.);
- skalnica śnieżna (*Saxifraga nivalis* L.);



Fot. 5. Skalnica śnieżna (*Saxifraga nivalis*). W Polsce jedyne stanowisko, oderwane od głównego zasięgu, znajduje się w Małym Śnieżnym Kotle w Karkonoszach

- skalnica tatrzańska (*Saxifraga wahlenbergii* Ball, syn. *S. perdurans* Kit.);
- skalnica torfowiskowa (*Saxifraga hirculus* L.);
- skalnica trójpalczasta (*Saxifraga tridactylites* L.);
- skalnica ziarenkowata (*Saxifraga granulata* L.);
- skalnica zwiśla (*Saxifraga cernua* L.);
- skalnica zwodnicza (*Saxifraga sponhemica* C. C. Gmel., syn. *S. decipiens* Ehrh.).

Na czerwono zaznaczono gatunki skalnic występujące zarówno w Polsce, jak i na Spitsbergenie.

W Polsce, w ogrodach, uprawianych jest bardzo dużo gatunków i odmian skalnic. Jedną z ciekawszych i piękniejszych jest popularna w naszych ogrodach, a w naturze występująca w Alpach, ale również na Spitsbergenie, skalnica rozesłana (*Saxifraga caespitosa*).

Skalnica rozesłana (*Saxifraga caespitosa*)

Jest długowieczną byliną. Co ciekawe, jej młode pędy są wrażliwe na mróz, dlatego w Polsce w przydomowych ogrodach może wymagać okrywania na zimę.

Skalnica rozesłana tworzy rozety liści wyrastające z pojedynczego korzenia.

Ponadto tworzy zwarte kępy złożone z kilkudziesięciu, a czasem nawet z kilkuset osobników. Z rozety wyrasta zwykle jeden pęd kwiatowy, zazwyczaj o wysokości ok.

10 cm, na którym są zredukowane liście. Na wierzchołku pędu znajduje się jeden, a niekiedy nawet pięć niewielkich, białych, kremowych, a czasem bladioróżowych kwiatków.

Skalnica rozesłana nie rozmnaża się wegetatywnie. W ciągu sezonu może kwitnąć dwukrotnie. Jej kwiaty są przystosowane do zapylania przez owady, lecz samozapylanie jest zjawiskiem bardzo powszechnym. Nasiona są drobne i w warunkach laboratoryjnych kiełkują praktycznie wszystkie, w warunkach naturalnych kiełkuje mniej niż 10% nasion. Nasiona są roznoszone przez wiatr, ale również przez zwierzęta, np. gęsi, żerujące na skalnicy rozesłanej.

Skalnica rozesłana jest gatunkiem niezwykle polimorficznym! Jej odmiany i ekotypy były opisane jako ponad osiem różnych gatunków.

Ciekawostką jest, że skalnica rozesłana jest gatunkiem poliploidalnym, zwykle dekaploidem ($2n = 80$). Zawsze mnie zadziwia, jak komórka rośliny potrafi sobie poradzić z tak ogromną liczbą chromosomów. Być może właśnie dużej liczbie chromo-



Fot. 6. Skalnica rozesłana (*Saxifraga caespitosa*)



Fot. 7. Skalnica rozesłana (*Saxifraga caespitosa*)

somów, które posiada, skalnica rozestłana zawdzięcza swoją niezwykłą zmienność.

Skalnica nakrapiana (*Saxifraga aizoides*)

Podobnie jak skalnica rozestłana, skalnica nakrapiana jest długowieczną, zimozieloną byliną. Posiada stosunkowo krótki i słabo rozgałęziony korzeń. Jej pęd nadziemny jest w dolnej części gęsto, a w górnej rzadko ulistniony i mierzy maksymalnie 10 cm. Łodyga jest stosunkowo gruba i jędrna. Liście skalnicy nakrapianej są równowąskie i dosyć grube. Ich górna strona jest wypukła, a dolna płaska. Zwykle mają 6–10 cm długości i 2–5 mm szerokości. Ciekawostką jest, że martwe liście skalnicy nakrapianej pozostają na roślinie przez kilka lat. Liście są ułożone skrętolegle i w przypadku skalnic występujących na Spitsbergenie zakończone jednym kwiatem (wyjątkowo dwoma). Polskie skalnice nakrapiane mogą mieć nawet 12 kwiatów na jednej łodydze. Wiele łodyżek skalnicy nakrapianej nie wieńczy kwiaty. Są to łodygi płonne charakteryzujące się tym, że są znacznie gęściej ulistnione niż łodygi z kwiatem.

Kwiat skalnicy nakrapianej ma symetrię promienistą i jest zbudowany z pięciu żółtozielonych działek kielicha i pięciu nieco dłuższych płatków korony, również żółtozielonych, ale trochę ciemniejszych i zwykle ciemno kropkowanych (cecha gatunkowa). Kwiat posiada jeden słupek o dwóch szyjkach zakończonych wypukłymi znamionami. Słupek otacza 10 pręcików. Roślina jest przystosowana do zapylania przez owady – miodniki znajdujące się dookoła słupków, ale w warunkach polarnych często dochodzi do samozapylecia, mimo że jej kwiaty są wyraźnie przedprątne (szczególnie widoczne jest to u roślin rosnących w klimacie umiarkowanym).

Dzięki rozgałęzionym kłaczom skalnica nakrapiana tworzy kolonie, a nawet maty, jednak w warunkach polarnych i alpejskich wzrost kolonii jest bardzo



Fot. 8. Skalnica nakrapiana (*Saxifraga aizoides*)



Fot. 9. Skalnica nakrapiana (*Saxifraga aizoides*)



Fot. 10. Skalnica naprzeciwlistna (*Saxifraga oppositifolia*)



Fot. 11. Skalnica naprzeciwlistna (*Saxifraga oppositifolia*)

powolny. Stosunkowo łatwo rozmnaża się z nasion, choć w klimacie polarnym zdarzają się lata, kiedy zima rozpoczyna się na tyle wcześnie, że skalnice nakrapiane nie wiążą nasion.

Skalnica nakrapiana jest rośliną umiarkowanie wapieniolubną, występującą jedynie na stanowiskach, które są nieprzerwanie wilgotne.

Skalnica naprzeciwlistna (*Saxifraga oppositifolia*)

Skalnica naprzeciwlistna jest długowieczną, wolno rosnącą byliną. Jest rośliną polarną rosnącą w tundrze Syberii, Ameryki Północnej, Grenlandii i Spitsbergenu. Można ją spotkać również w wysokich górach Europy i Ameryki Północnej. W Polsce występuje jedynie w wysokich partiach Tatr, choć z literatury znane są doniesienia o jej występowaniu w Karkonoszach.

Skalnica naprzeciwleża może tworzyć kępy lub rosnąć jak roślina darniowa, tworząc darń o grubości nieprzekraczającej 2 cm. Darń powstaje dzięki płożącym się pędom płonnym, z których wyrastają krótkie (do 3 cm) pędy kwiatowe. Pędy płonne są szczególnie gęsto ulistnione. Liście ułożone są na nich naprzeciwleżle, co znajduje odzwierciedlenie w nazwie rośliny, w czterech szeregach. Liście posiadają wypotniki i rzęsy.

Kwiaty skalnicy naprzeciwlistnej są stosunkowo duże – mogą mieć nawet 1,4 cm długości. Kwiaty mają symetrię promienistą i są zbudowane z pięciu różowych lub fioletowo-purpurowych, z czasem blednących płatków korony. Stare kwiaty skalnicy naprzeciwlistnej stają się jasnorożowe. Płatki korony są prawie trzykrotnie dłuższe od orzęsionych działek kielicha. Intensywne zabarwienie kwiatów ma przyciągać owady, które są ich zapylaczami. W tundrze zapylaczami skalnicy naprzeciwlistnej są małe muchówki. Podobnie jak w przypadku wielu innych skalnic, nasiona skalnicy naprzeciwlistnej bardzo dobrze kiełkują w warun-

kach laboratoryjnych (w temperaturze 18–20°C kiełkuje nawet 70% nasion), lecz bardzo słabo w warunkach naturalnych (zaledwie 2% na morenach lodowcowych). Nasiona mogą być roznoszone przez wiatr, ale również przez zwierzęta, np. w tundrze są roznoszone przez

gęsi, dla których torebki nasienne skalnic są przysmakiem.

W Tatrach skalnica naprzeciwlistna występuje jedynie wysoko w górach, w reglu górnym, ale głównie w piętrze turniowym w szczelinach skalnych, naskalnych murach i żwirze granitowym.

Ciekawostką jest, że skalnice naprzeciwlistne z Ameryki Północnej są tetraploidalne ($2n = 52$), podczas gdy europejskie i syberyjskie rośliny są diploidalne ($2n = 26$). Skalnice diploidalne i tetraploidalne występują obok siebie na Grenlandii i w arktycznej części Kanady.

Szczawiór alpejski (*Oxyria digyna*) jest rośliną szeroko rozprzeczoną. Występuje w strefie polarnej lub w wysokich górach Ameryki Północnej, północnej Azji i Europy. Spotkać go można również na Grenlandii, Islandii i Spitsbergenie. W Polsce opisano jego stanowiska jedynie w Tatrach i na Babiej Górze. W Tatrach można go spotkać tylko w najwyższych partiach gór, na piargach i żwirowiskach, zarówno granitowych, jak i wapiennych. Szczawiór alpejski jest byliną. W warunkach polarnych przypuszczalnie żyje zaledwie kilka lat. Jest hemikryptofitem.

Częścią podziemną rośliny jest krótkie, rozgałęzione kłącze, a część nadziemną stanowią okrągło nerkowate, długoogonkowe liście zebrane w liściową różyczkę oraz praktycznie bezlistna łodyga wznosząca się na wysokość do 30 cm (w warunkach polarnych 10–15 cm), na której osadzone są drobne kwiaty zebrane w gęsty



Fot. 12. Szczawiór alpejski (*Oxyria digyna*)



Fot. 13. Szczawiór alpejski (*Oxyria digyna*)

Domena: eukarionty,
królestwo: rośliny,
klad: rośliny nasienne,
klasa: okrytonasienne,
rzęd: goździkowce,
rodzina: rdestowate,
rodzaj: szczawiór,
gatunek: **szczawiór alpejski** (*Oxyria digyna*).

kwiatostan. Kwiaty są obupłciowe i co charakterystyczne – mają dwuszyjkowy słupek (stąd nazwa gatunkowa – *digyna*).

Szczawiór alpejski rozmnaża się jedynie płciowo. Mogą występować zarówno rośliny jednopłciowe (męskie lub żeńskie), jak i, choć rzadziej, obupłciowe. Produktem rozmnażania płciowego są charakterystyczne owoce – okrągłe i spłaszczone z czerwonymi skrzydełkami, o długości ok. 4 mm. Rośliny wytwarzają bardzo dużo nasion, lecz w warunkach naturalnych kiełkuje mniej niż 1% z nich.

Wierzba żyłkowana (*Salix reticulata*) jest jedną z najmniejszych wierzb. Występuje w północnych rejonach Azji, Europy i Ameryki Północnej oraz na wyspach arktycznych, takich jak Grenlandia i Spitsbergen, a także w wyso-

Domena: eukarionty,
królestwo: rośliny,
klad: rośliny nasienne,
klasa: okrytonasienne,
klad: różowych,
rzęd: malpigioowce,
rodzina: wierzbowate,
rodzaj: wierzba,
gatunek: **wierzba żyłkowana** (*Salix reticulata*).



Fot. 14. Wierzba żyłkowana (*Salix reticulata*)

kich górach, np. Karpatach, Alpach i Pirenejach. W Polsce spotykana wyłącznie w Tatrach i na Babiej Górze. Zwykle tworzy zbite kępy o wysokości kilku centymetrów. W warunkach polarnych często współwystępuje wraz z mchami i porostami, pod któ-

rymi kryją się jej pędy, często kilkucentymetrowej grubości, a ponad warstwę mchów wystają jedynie liście i kwiaty. Liście wierzby żyłkowanej są szerokoeliptyczne o długości nieprzekraczającej 2 cm i całobrzegie oraz pokryte woskiem ograniczającym parowanie wody. Cechą odróżniającą liście wierzby żyłkowanej od liści wierzby polarnej jest wyraźna zaznaczona nerwacja liści (stąd nazwa gatunku) u tej pierwszej.

Wierzba polarna jest gatunkiem dwupiennym, owadopylnym. Krzyżuje się z innymi karłowatymi wierzbami.

Wierzba żyłkowana jest zwykle podawana jako przykład gatunku będącego reliktem glacialnym.

Koński rekord!

Na podstawie:

Orlando L. i wsp., 2013, *Recalibrating Equus evolution using the genome sequence of an early Middle Pleistocene horse*, Nature. Published on-line 26 June, doi:10.1038/nature12323.

Domena: eukarionty,
królestwo: zwierzęta,
typ: strunowce,
gromada: ssaki,
rząd: nieparzystokopytne,
rodzina: koniowate,
rodzaj: *Equus*,
gatunek: koń Przewalskiego.

Jeszcze kilka lat temu upierałbym się, że poznanie genomów zwierząt, które żyły na Ziemi zaledwie 100 000 lat temu, jest niemożliwe. Świadczyły za tym zarówno oznaczenia szybkości degradacji DNA w szczątkach organicznych i związany z tym proces jego fragmentacji, jak też szacowany wpływ na rozpad DNA tzw. promieniowania tła. Czas trwania całkowitej degradacji DNA, bez udziału enzymów i na dodatek w warunkach sprzyjających jego konserwacji, np. w niskiej temperaturze, szacowano na ok. 100 000 lat. Jednak kolejny raz okazuje się, że specjalnością naukowców jest obalanie hipotez, które sami sformułowali, i łamanie pozornie nieprzekraczalnych granic. Dowodzi tego zsekwencjonowanie genomów dwóch koni, które żyły na Alasce 700 000 lat temu! Kości czworonogów, z których wyizolowano DNA do analiz genomicznych, były prawie 10 razy starsze niż szczątki denisowian i neandertalczyków, do których do tej pory należał rekord wieku materiału biologicznego, z którego wyizolowano DNA o jakości pozwalającej na ustalenie sekwencji nukleotydowej całego genomu.

Oczywiście celem badań nie było bicie rekordu świata, lecz poznanie historii udomowienia konia. Dlatego poza ustaleniem sekwencji nukleotydowych genomów koni ze środkowego plejstocenu zbadano również genomy: konia, który żył 43 000 lat temu, pięciu współczesnych koni, z których każdy był przedstawicielem innej rasy, i osła. Dzięki uzyskanym wynikom autorzy pracy opublikowanej w czasopiśmie „Nature” (Orlando i wsp., 2013) wyliczyli, że przodek współczesnych koni, osłów i zebra żył 4–4,5 mln lat temu – dwakroć dawniej, niż dotąd sądzono.

Badania Ludovica Orlando, biologa ewolucjonisty z Uniwersytetu w Kopenhadze, rzuciły również nowe światło na zagadkę konia Przewalskiego.

Koń Przewalskiego

Koń Przewalskiego jest zwierzęciem mocno zbudowanym. Przypomina konie uwiecznione przez paleolitycznych malarzy na ścianach jaskiń. Ma dużą głowę osadzoną na masywnej szyi oraz bardzo charakterystyczną krótką i sterczącą grzywę bez grzywki, którą mają wszystkie inne konie. Długość ciała samca osiąga 2,5 m, a wysokość w kłębie 1,3 m. Samice są znacznie mniejsze. Dorosłe osobniki ważą nawet 350 kg.

Gatunek ten został odkryty przez carskiego oficera, a także podróżnika i geografa Nikołaja Przewalskiego w 1979 roku, a opisany w 1981 roku przez Poliakowa. Koń Przewalskiego zamieszkiwał w licznych stadach stepy i półpustynie Azji Środkowej, szczególnie te, które porastają rośliny słonolubne.

Na początku XX wieku wiele koni Przewalskiego trafiło do ogrodów zoologicznych, w których łatwo się rozmnażają. Dzięki temu koń Przewalskiego przetrwał jako gatunek, choć w 1969 roku po raz ostatni zaobserwowano go na wolności.

Od 1990 roku rozpoczęto reintrodukcję konia Przewalskiego na terenie Mongolii. Wydaje się, że reintrodukcja powiodła się, ponieważ obecnie szacunkowo na wolności żyje ok. 2000 koni Przewalskiego.

Badania nad genomami współczesnych i kopalnych koniowatych, przeprowadzone przez Ludovica Orlando i wsp., nie tylko dowiodły, że jest to takson starszy, niż dotychczas sądzono, ale również wykazały, że koń Przewalskiego jest jedynym gatunkiem konia żyjącym na wolności (ale nie wtórnie zdziczałym, jak jest to np. w przypadku mustangów). Zgodnie z uzyskanymi wynikami linie ewolucyjne konia Przewalskiego i koni, które obłaskawił człowiek, rozeszły się 38 000–72 000 lat temu. Od tej pory gatunki te nie krzyżowały się, choć konie Przewalskiego i inne konie mogą się krzyżować i mają płodne potomstwo. Co istotne, jeśli przyjąć, że do obłaskawienia konia doszło nie wcześniej niż 10 000 lat temu, to należy uznać, że miało ono miejsce co najmniej 30 000 lat po rozejściu się linii ewolucyjnych obłaskawionych, współczesnych koni i ich bliskiego kuzyna żyjącego na wolności, czyli konia Przewalskiego.

Poznanie genomów prehistorycznych i współczesnych koni, w szczególności konia Przewalskiego, stwarza możliwość poszukiwania genów, które zmieniły się w wyniku obłaskawienia zwierzęcia przez człowieka. Obecnie wiemy, że niewątpliwie w czasie udomawiania zmieniły się geny uczestniczące w wytwarzaniu krwi i spermy, jak również związane z organizacją mięśni i umaszczeniem koni.



Choć bicie rekordów ma w biologii wątpliwe znaczenie, to tym razem jest trochę inaczej. Poznanie sekwencji nukleotydowej genomu zwierzęcia, które żyło 700 000 lat temu, stwarza zupełnie nowe możliwości badań nad ewolucją wielu gatunków, w szczególności naczelnych. Dotyczy to zwłaszcza dwóch hominidów: *Homo erectus* i *Homo heidelbergensis*, z których pierwszy jeszcze 140 000 lat temu występował w Afryce i Azji, drugiego zaś 200 000 lat temu można było spotkać w Afryce i Europie. Ważne informacje wyjaśniające historię naszego gatunku można by uzyskać, poznając sekwencję nukleotydową genomów naszych przodków sprzed 100 000–200 000 lat. Problem w tym, że wszyscy żyli w strefie klimatu umiarkowanego lub tropikalnego, a szczątki kopalne, w których aDNA zachował się w postaci umożliwiającej jego sekwencjonowanie, pochodzą, bez wyjątku, ze strefy tropikalnej lub z chłodnych i suchych jaskiń.

Feromon indukuje owulację u kozy

Na podstawie:

Murata K., Tamogami S., Itou M., Ohkubo Y., Wakabayashi Y., Watanabe H., Okamura H., Takeuchi Y., Mori Y., *Identification of an olfactory signal molecule that activates the central regulator of reproduction in goat*, *Current Biology*, 27 February 2014, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2014.01.073>.

Że dorosły kozioł „capi”, wie każdy, ale to zjawisko kojarzymy zwykle z zaniedbaniem zwierzęcia przez jego właściciela. Być może często brud jest przyczyną nieprzyjemnego zapachu wydzielanego przez kozła, ale nie tylko. Naukowcy opisali feromon wywołujący u kóz owulację, który jest wydzielany przez skórę głowy kozła.

Embriolog Yukari Takeuchi z Uniwersytetu w Tokio i wsp. zidentyfikowali 4-etylooktanol – związek działający jako feromon. Związek ten aktywuje u kóz szlak nerwowy odpowiedzialny za regulację reprodukcji. Ponadto działa w połączeniu z innymi związkami wydzielanymi przez skórę głowy kozła, które nie są obojętne dla indukcji owulacji, ale wydaje się, że odgrywają rolę drugorzędą, ponieważ tylko 4-etylooktanol może działać sam, choć nieco słabiej, a pozbawiona tego związku wydzielina pochodząca ze skóry głowy kozła słabo indukuje owulację. Dlatego 4-etylooktanol powinien być traktowany jako pierwszorzędowy feromon u kóz. U ssaków tego typu związki są bardzo rzadkie, a może raczej niewiele z nich udało się zidentyfikować. Poza kozami pierwszorzędowe feromony są znane u myszy i szczurów. Niestety zagadką pozostaje, jak działają tego typu związki.

Yukari Takeuchi i wsp. odkryli, że feromony są wytwarzane przez skórę na głowie capa. Żeby zbadać wytwarzane związki, zaprojektowali specjalne capie nakrycie głowy, wykonane z materiału chłonnego różne lotne substancje. Aby zgromadzić potencjalne feromony w ilości pozwalającej na ich zbadanie, kozioł musiał chodzić w czapce aż przez tydzień. Okazało się, że uzyskano w ten sposób wiele związków, których nie wydziela skóra głowy wykastrowanego kozła. Gdy przygotowano kompozycję 18 spośród wydzielonych substancji i poddano kozy jej działaniu, okazało się, że w ich mózgu znacząco zwiększa się aktywność ośrodka odpowiedzialnego za pulsowe wydzielanie hormonu uwalniającego gonadotropinę (GnRH). Uwolnienie tego hormonu wpływa na zdolność samicy do reprodukcji. Co ciekawe, tylko 4-etylooktanol ma zdolność, choć słabą, indukowania owulacji u kóz. Pozostałe składniki badanej kompozycji działają jedynie wspólnie.

Czy dzięki swoim badaniom dr Yukari Takeuchi i wsp. wyznaczają nowe kierunki w hodowli zwierząt? Przypuszczalnie tak! Zapewne za kilka lat w arsenale hodowców znajdą się feromonowe perfumy dla kóz, owiec, krów, koni, a być może również... myszy.



Im dalej w las, tym więcej drzew

- zajęcia terenowe

Katarzyna Kubaś

Przedmiot: przyroda

Adresaci: uczniowie V klasy szkoły podstawowej, II etap edukacyjny

Liczba godzin lekcyjnych: 3 × 45 minut

Cele operacyjne:

1. W zakresie wiadomości uczeń:
 - wymienia zasady prawidłowego zachowania się w lesie;
 - wyjaśnia rolę drzew w przyrodzie;
 - posługuje się atlasem do oznaczania drzew;
 - wyjaśnia znaczenie drzew w życiu człowieka.
2. W zakresie umiejętności uczeń:
 - rozpoznaje pospolite gatunki drzew;
 - dokonuje interpretacji obserwowanych zjawisk przyrodniczych i poprawnie formułuje wnioski;
 - uzasadnia konieczność szczególnej ochrony drzew;
 - przewiduje skutki niszczenia i wycinania drzew dla całego środowiska i organizmów w nich żyjących;
 - zachęca do udziału w akcji sadzenia drzew i opieki nad drzewami.

Postawy i przekonania:

- aktywnie pracuje na zajęciach;
- rozwija zamiłowania przyrodnicze, więzi emocjonalne z przyrodą;
- rozbudza ciekawość poznawczą i postawę badawczą;
- przejawia odpowiedzialność za pracę w grupie;

- właściwie zachowuje się w kontakcie z przyrodą;
- dostrzega piękno rodzimego krajobrazu;
- ma świadomość całkowitej zależności człowieka od przyrody.

Środki dydaktyczne:

- wiersz pt. *Drzewa* (autor nieznanym);
- podkładka;
- karta pracy;
- kredki;
- atlas drzew (np. *Drzewa naszych lasów*, *Drzewa. Kieszonkowy atlas*);
- liście, nasiona i inne elementy znalezione podczas zajęć;
- koperty z obrazkami;
- wiersz pt. *Las* F. Kobryńczuka;
- sadzonki drzew;
- zagadki;
- łopaty;
- zawieszki.

Strategie nauczania: operacyjna.

Formy pracy:

- zajęcia terenowe;
- praca grupowa;
- praca indywidualna.

Metody nauczania:

- praktyczna;
- pogadanka;
- obserwacja;
- gra dydaktyczna.

Przebieg lekcji

1. Faza przygotowawcza:

- Przywitanie uczniów.
- Czynności organizacyjno-porządkowe oraz przypomnienie uczniom zasad właściwego zachowania się w lesie.
- Wyjście do lasu.

2. Faza realizująca:

- Prowadzący formułuje temat zajęć, następnie rozdaje uczniom karty pracy oraz podkładki.
- Nawiązanie do nowego tematu zajęć: prowadzący prosi jednego z uczniów o odczytanie wiersza pt. *Drzewa*, następnie nauczyciel zadaje uczniom pytania: *Co to jest drzewo? Z jakich części się składa? Jakie funkcje pełni każda z części?* Dodatkowo jeżeli w pobliżu miejsca zajęć znajduje się ścięte drzewo, można pokazać uczniom, jak obliczyć jego wiek na podstawie przekroju pnia.
- Uczniowie uzupełniają zadanie 1 z karty pracy. Wspólne sprawdzenie poprawności wykonania zadania.
- Prowadzący pokazuje uczniom dwa rodzaje drzew: liściaste i iglaste. Pyta o różnice między tymi drzewami, uczniowie uzupełniają zadanie 2 z karty pracy.
- Następnie nauczyciel rozdaje uczniom atlasy, dzieli uczestników zajęć na cztery grupy, prosi o rozwiązanie zadania 3 oraz o zbieranie liści, owoców, nasion i innych rzeczy, które są związane z oznaczanym drzewem. Po wykonaniu zadania każda z grup prezentuje zebrane „skarby” oraz oznaczone gatunki drzew. Nauczyciel sprawdza poprawność odpowiedzi i koryguje ewentualne błędy.
- Przerwa na drugie śniadanie (ok. 15 minut).
- W celu utrwalenia umiejętności rozpoznawania drzew nauczyciel przeprowadza zabawę *Co to za liść?*: uczniowie kładą na ziemi wszystkie liście zebrane podczas wykonywania zadania 3, nauczyciel wybiera osobę, która rozpoczyna zabawę. Dany uczeń myśli o dowolnym liściu, ale nie mówi, o którym. Następnie opisuje jego kolor, kształt, wygląd brzegów i inne cechy. Kto pierwszy zgadnie, o który liść chodzi, opowiada o kolejnym liściu.
- W dalszej części zajęć nauczyciel przekazuje każdej z grup kopertę z ilustracjami, które ukazują znaczenie drzew dla człowieka.

Koperta 1 zawiera: obrazek ptasiego gniazda, sowę w dziupli (wniosek: drzewo to dom dla zwierząt), koperta 2: zeszyt, ręcznik papierowy, gazetę, książkę (wniosek: drewno to materiał do produkcji papieru), koperta 3: obrazek drzewa jako „producenta tlenu”, koperta 4: drewniane klocki, kredki, zapalki, drewniane meble (wniosek: drewno to materiał do produkcji zabawek i mebli). Każda grupa naradza się, jakie znaczenie przedstawiają obrazki. Po chwili przedstawiają pozostałym grupom swoje wnioski. Uczniowie uzupełniają zadanie 4 z karty pracy.

- Następnie prowadzący prosi jednego ucznia o przeczytanie wiersza pt. *Las*. Wybrana osoba zamiast słowa *las* czyta *drzewo*. Nauczyciel prowadzi pogadankę. Uczniowie wyjaśniają, co zagraża drzewom, i uzasadniają konieczność ich ochrony. Potem uzupełniają zadanie 5 z karty pracy.

3. Faza podsumowująca:

- Na zakończenie zajęć nauczyciel prosi ucznia o przeczytanie zagadki. Ten, kto pierwszy zgadnie, o czym jest mowa, zadaje następną zagadkę.
- Powrót do szkoły.
- Następnie prowadzący rozdaje uczniom sadzonki drzew, które wyhodował wcześniej z nasion

lub pędów, i pomaga im w sadzeniu na wyznaczonym terenie. Każdy z uczniów może wymyślić nazwę dla swojego drzewa oraz zapisać ją na zawieszce przyklepionej do sadzonki.





- Nauczyciel podsumowuje zajęcia w lesie, ocenia aktywność i zaangażowanie uczniów oraz prosi ich o wypełnienie ankiety ewaluacyjnej.
- Pożegnanie uczniów.

Piśmiennictwo:

- Czołnik B., *Zabawy i zabawki w edukacji leśnej*, Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa 2006.
- <http://www.kajet.pl/publikacje-154.html> [dostęp: 26.10.2013]

Ankieta ewaluacyjna

Wyraź swoją opinię na temat atmosfery, jaka panowała podczas zajęć, poruszanego tematu oraz pracy w grupach, stawiając kropkę w miejscu, który odzwierciedla twój nastrój podczas zajęć.

	Atmosfera podczas zajęć	Temat zajęć	Praca w grupach
			
			
			
			

Drzewa

Kocham drzewa zielenią wiejące,
cicho szumiące o lecie.

Lipy miodem wonnym pachnące,
z rojem pszczoł przy ich kwiecie.

Kocham dęby stare, mocno stojące,
mrużące dawnej chwały dzieje.
Wierzby szeptem przy drogach płaczące,
przez które wiatr smętnie wieje.

Kocham brzozy siwe, nisko schylone,
liściem opadłym modlitwę mówiące.
Topole strzeliście w niebo wpatrzone
i sosny na piachach stojące.
Kocham polskie drzewa.

Autor nieznany

Las

Gdyby lasu nie było,
gdyby go wyrąbano,
kto by szumiał wieczorem
piosenki wam na dobranoc?
Wiecie, co by się stało,
gdyby lasy wycięto?
Zabrano by mieszkania
wszystkim leśnym zwierzętom.
I zginęłyby marnie,
żyłyby tylko w baśni,
smutne byłoby życie
bez zwierzęcej przyjaźni.
Posadź ptaszkom przed domkiem
świerk, dąb lub sosenkę,
a na pewno piosenką
podziękują ci pięknie.

F. Kobryńczuk

Zagadki

Sosnowy, dębowy, stary lub młody.
Rosną w nim grzyby, rosą jagody. (*las*)



Drzewo iglaste, drzewo żywiczne,
Wysokopienne, podniebne, śliczne.
Zawsze zielone, zimą czy wiosną.
Igły ma długie, bo jest... (*sosną*)



Co to za smukłe drzewa z korą jak śnieg białą?
Suknie z drobnych listków na wiosnę przy-
wdziewają? (*brzozy*)



Swoją posturą respekt budzi wszędzie,
jesienią pod nim znajdziesz żołądzie. (*dąb*)



Stoi urocza w zielonych warkoczach,
wesoła w blasku słońca,
a wszyscy mówią – płacząca. (*wierzba*)



Ani wiosną, ani latem igieł na nich nie
zabraknie.
Także zimą i jesienią igły na nich się zielenią.
(*drzewa iglaste*)



Jesienią jestem czerwony
na wszystkie strony.
W słońcu to prawie płonę.
Pałam mnie liście czerwone. (*buk*)



Ma w swej koronie, chyba dla igraszki,
przedziwne nasiona skrzydlate jak ptaszki.
(*klon*)



Gdy się kwieciami okryje,
rój pszczoł na niej brzęczy.
Kiedy kwitnie – odgadnij –
a szukaj wśród miesięcy. (*lipa*)



Wygląda pięknie jak malowany.
Ręką przyrody szczerze ubrany.
Lecz zimą w innej będzie już szacie,
bo choć igły dziś ma, wszystkie straci. (*modrzew*)



Kto się w lesie zaszył i drży,
choć go nikt nie straszy? (*osika*)



A teraz wam powiem
dość śmieszne przysłowie:
„Wielki jak...
głupi jak fasola”. (*topola*)

&

Cienka i kole,
nic nie przypina,
tylko nam wszystkim
las przypomina. (*igła sosnowa*)

&

W pełni lata cień przynoszę,
gdy pora gorąca,

szumię także pod nogami,
gdy mnie wiatr postrąca. (*liść*)

&

U mnie pierwszej na wiosnę,
gdy słońce zaświeci,
z obudzonych kotków
złoty pyłek leci. (*leszczyna*)

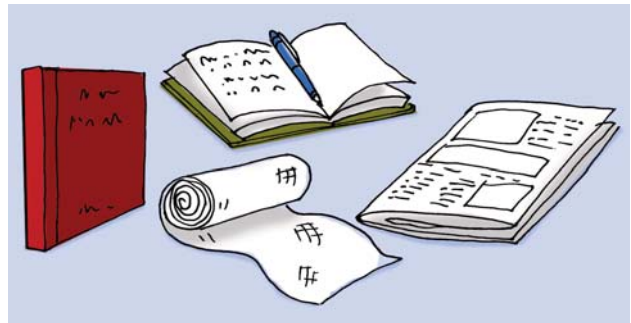
&

W zimowe dni nagie stoją,
na wiosnę w zieleń się stroją,
a kolor ten na jesień
w żółtą suknię się zmienia. (*drzewa liściaste*)

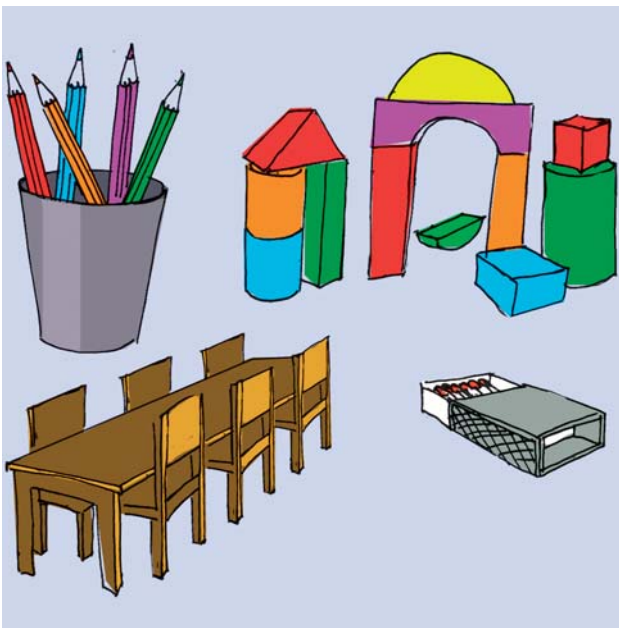
Koperta 1



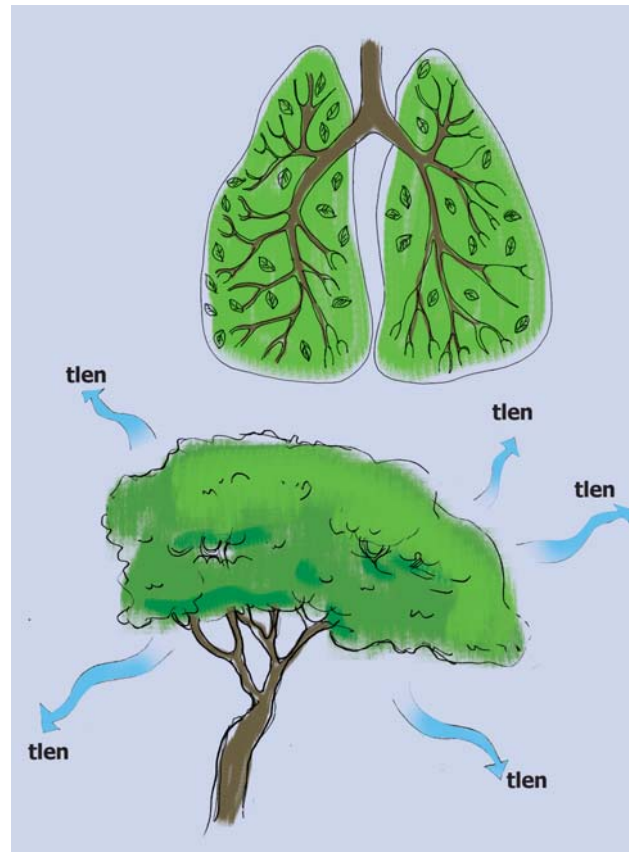
Koperta 2



Koperta 4



Koperta 3



Karta pracy

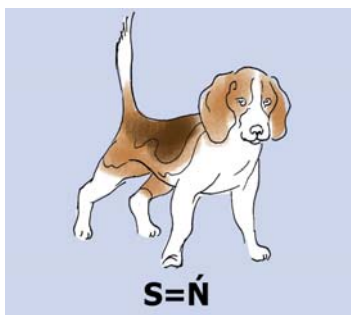
Zadanie 1.

Uzupełnij schemat drzewa rozwiązaniami rebusów tak, aby był poprawny.

Rebus 1



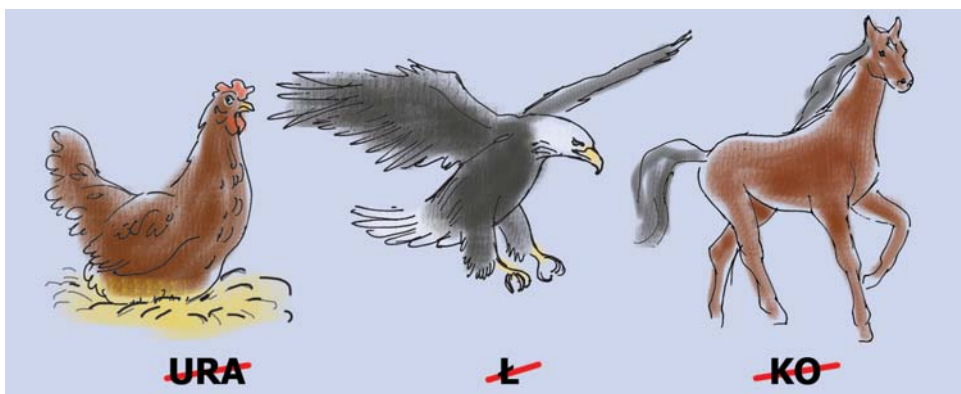
Rebus 2



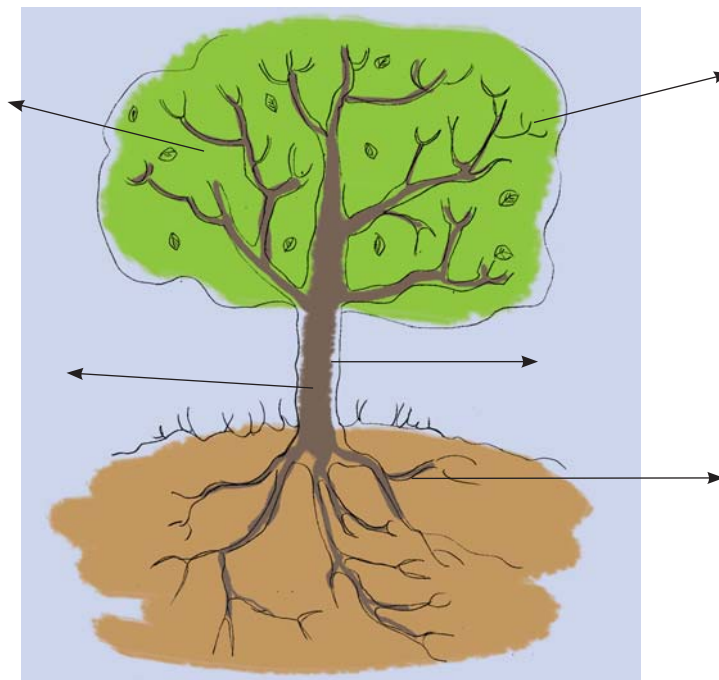
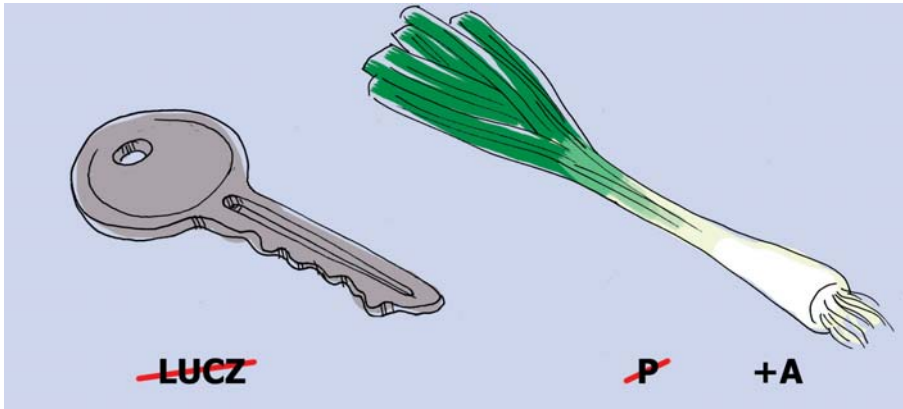
Rebus 3



Rebus 4



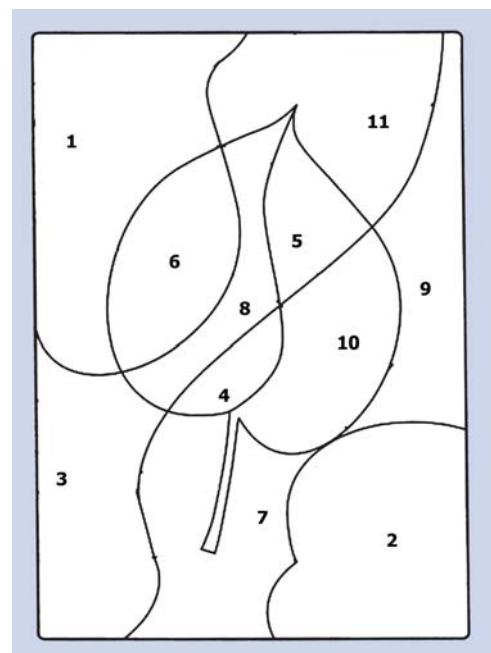
Rebus 5



Zadanie 2.

Na rysunku obok pokoloruj na **zielono** te pola, których numery odpowiadają zdaniom prawdziwym a na **niebiesko** pola odpowiadające zdaniom fałszywym.

1. Tylko drzewa liściaste mają liście.
2. Świerk jest drzewem liściastym.
3. Drzewa rosną tylko w lesie.
4. Drzewo liściaste ma duże, płaskie liście z wyraźnym ogonkiem.
5. Bór to las iglasty.
6. Las mieszany tworzą głównie drzewa liściaste i iglaste.
7. Drzewa dzielimy na iglaste, liściaste i mieszane.
8. Dąb to drzewo liściaste.
9. Drzewo iglaste ma szerokie, płaskie liście.
10. Sosna jest drzewem iglastym.
11. Igły nie są liśćmi.



Zadanie 3.

Za pomocą atlasu do oznaczania drzew oznacz 5 różnych drzew i uzupełnij tabelę. Pozbieraj liście i owoce tych drzew. Dodatkowo na osobnych kartkach narysuj sylwetkę drzewa, kształt liścia oraz odcisk kory.

	Drzewo 1	Drzewo 2	Drzewo 3	Drzewo 4	Drzewo 5
Do jakiego gatunku należy?					
Jest to drzewo iglaste czy liściaste?					
Owoc					
Liść					

Zadanie 4.

Jakie znaczenie dla ludzi mają drzewa? Wymień 3 przykłady.

- _____
- _____
- _____

Zadanie 5.

Co zagraża drzewom? Podaj 4 przykłady.

- _____
- _____
- _____
- _____

Zadanie domowe

Zadanie 1. Opisz funkcje części drzewa, które są wymienione w zadaniu 1 w karcie pracy.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Zadanie 2. Uzupełnij tabelę.

Cechy	Drzewa liściaste	Drzewa iglaste
Korona		
Żywica		
Liście		
Owoce		

Zadanie 3. Rozwiąż krzyżówkę. Litery z pól ponumerowanych od 1 do 8 wpisz do tabeli poniżej. Odczytaj hasło oraz wyjaśnij, co oznacza.

1	2								3				4						
						5		6											
7					1														
	2							8											
												7						9	
			10																
								11				6							
	12											13					14		
15				4		16						3							
								17				8							
				18		5													
								19											
20																			

Poziomo

1. Ma ją drzewo i król.
6. „Skóra” drzewa.
7. Pusta komora wewnątrz pnia, często stanowi mieszkanie dla zwierząt.
8. Podstawowy surowiec pozyskiwany z lasu.
10. ...mądra głowa.
11. Sok sosny.
13. Z „domkiem” na plecach.
15. Ptasi dom.
17. Zbierasz na grzybobraniu.
18. Łączy koronę drzewa z korzeniem.
19. Pora roku, podczas której opadają liście.
20. Ma rudą kitę.

Pionowo

2. Owoc leszczyny, może być też włoski.
3. Traci igły na zimę.
4. Drzewo z białą korą.
5. Żona jelenia.
9. ...jest dziki i jest zły.
12. Czerwone kulki, z nich zrobisz korale.
14. Czerwony grzyb w białe kropki.
16. Mieszka pod ziemią.

1	2	3	4	5	6	7	8

Zadanie 4. Wymyśl hasło lub wierszyk na temat konieczności ochrony drzew.

Katarzyna Kubaś

Absolwentka Wydziału Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, kierunku: biologia, specjalności: nauczanie biologii i przyrody. Obecnie kontynuuje naukę na II stopniu oraz podnosi kwalifikacje na studiach podyplomowych na Wydziale Studiów Edukacyjnych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, na kierunku: zintegrowana edukacja przedszkolna i wczesnoszkolna

Dlaczego rośliny produkują substancje o właściwościach narkotycznych?

Wojciech Jeszka

Cele szczegółowe

Wiadomości

1. Uczeń zna różne substancje chemiczne wytwarzane przez rośliny w celu obrony przed konkurencją lub roślinożercami.
2. Uczeń zna zdrowotne konsekwencje spożywania substancji psychoaktywnych.

Umiejętności

1. Uczeń potrafi wykorzystać zjawiska przyrodnicze w ogrodnictwie.

Postawy

1. Uczeń nie używa substancji takich jak alkohol czy narkotyki.
2. Uczeń nie używa tytoniu w jakiegokolwiek postaci.

Metody

1. Pogadanka.
2. Praca z materiałami źródłowymi.

Środki dydaktyczne

1. Instrukcje dla uczniów.
2. Teksty źródłowe.

Tok lekcji

Wydaje się, że rośliny jako organizmy osiadłe są dość bezbronne wobec potencjalnych wrogów. Jednak okazuje się, że stosują one wiele środków obronnych. Może to być obrona mechaniczna w postaci kolców czy sztywnych włosków utrudniających zgryzanie liści. Wiele roślin wykorzystuje także swoistego rodzaju broń chemiczną. Pojedyncze rośliny potrafią również przekazywać innym roślinom drogą chemiczną ważne dla nich informacje.

Broń chemiczna roślin może być stosowana zarówno przeciwko innym gatunkom roślin, jak i przeciw patogennym grzybom czy roślinożercom. Ochrona przed zwierzętami może przybierać

różne formy. Rośliny mogą być po prostu gorzkie, aby zniechęcić potencjalnych roślinożerców do ich zjedzenia, mogą również wytwarzać trucizny powodujące szybką śmierć. Zarówno trucizny, jak i inne związki roślin służące im do obrony i chemicznego porozumiewania się między sobą określane są jako metabolity wtórne (wytwarzane tylko u niektórych gatunków, w niektórych tkankach organizmu albo w szczególnych warunkach środowiska). Należy pamiętać, że związki chemiczne o charakterze metabolitów wtórnych występują również u zwierząt, grzybów i innych organizmów żywych.

Dla wszystkich organizmów żywych bardzo istotna jest konkurencja o zasoby pokarmowe. Zwierzęta potrafią, przynajmniej w pewnym stopniu, przepędzić konkurenta. U roślin wydaje się to niemożliwe. Okazuje się, że przyroda znalazła na to sposób w postaci allelopatii. Allelopatią nazywamy wzajemne oddziaływanie roślin, które polega przede wszystkim na hamowaniu wzrostu przez wydzieliny innych roślin (zarówno z tego samego gatunku, jak i z różnych gatunków). Zjawisko allelopatii znane było ogrodnikom i rolnikom już od dawna. Zaobserwowali oni, że niektóre gatunki roślin nie mogą rosnąć obok siebie. Unikają w ten sposób konkurencji o podstawowe zasoby środowiska (wodę, substancje mineralne).

Aby przybliżyć uczniom mechanizm oddziaływań allelopatycznych, opracowałem trzy zadania dotyczące konkurencji o różne zasoby środowiska. Uczniowie samodzielnie rozwiązują zadania zamieszczone w załączniku. Cytaty wykorzystane do



Rys. 1. Tytoń (*Nicotiana tabacum*)

Źródło: Franz Eugen Köhler, *Köhler's Medizinal-Pflanzen*



Rys. 2. Orzech włoski (*Juglans regia*)

Źródło: Franz Eugen Köhler, *Köhler's Medizinal-Pflanzen*

opracowania zadań pochodzą z książki *Wprowadzenie do ekologii biochemicznej*. Proponuję, aby dzieci pracowały równym frontem, rozwiązując wszystkie zadania w ciągu 10 minut lekcji. Uczniowie,

którzy pierwsi rozwiązali zadania, przedstawiają wyniki swojej pracy.

W zadaniu pierwszym orzech włoski chroni się przed konkurencją roślin zielnych o substancje mineralne. W zadaniu drugim rośliny pustynne konkurują o wodę. Zadanie trzecie dotyczy konkurencji wewnątrzgatunkowej. Jak widać, rośliny dość dobrze radzą sobie mimo silnej konkurencji.

Jak już wspomniałem, rośliny muszą radzić sobie z roślinożercami. Jednak nie wszystkie zwierzęta żywiące się roślinami stanowią dla nich zagrożenie. Niejednokrotnie rośliny wykorzystują zwierzęta do zapylenia kwiatów lub ich rozsiewania. Zróżnicowanie przystosowań kwiatów do zapylenia przez owady jest tak duże, że jego omówienie stanowi osobny temat.

Jedną z podstawowych metod rozsiewania się roślin jest zoochoria. Główną formą przystosowania do roznoszenia nasion przez zwierzęta jest odpowiedni kolor owoców sygnalizujący ich dojrzałość. Dojrzałe owoce mają bardzo zróżnicowaną barwę – są one czerwone, oliwkowe, ciemnofioletowe, a nawet czarne. Innym przystosowaniem owoców do przywabiania zwierząt jest ich słodki smak. Owoce stanowią doskonały pokarm dla zwierząt, ponieważ obok substancji energetycznych (nie zawsze są to cukry) zawierają wiele innych cennych substancji odżywczych (na przykład witaminy). Z reguły niedojrzałe owoce są kwaśne lub w inny sposób niesmaczne. Zdarza się również, że bywają słabo toksyczne. Przykładem mogą być owoce dzikiego bzu czarnego – należy zbierać wyłącznie te o barwie czarnej. Owoce są zjadane przez zwierzęta po to, aby przenieść nasiona daleko od osobnika rodzicielskiego. U wielu gatunków roślin nasiona nie kiełkują bez uprzedniego nadtrawienia przez zwierzęta.

Jednak nie zawsze jedzenie owoców może wyjść zwierzętom na zdrowie. Okazuje się bowiem, że wiele produktów roślinnych zawie-



Rys. 3. Bez czarny (*Sambucus nigra*)
Źródło: Franz Eugen Köhler, *Köhler's Medizinal-Pflanzen*



Rys. 4. Kawa arabska (*Coffea arabica*)
Źródło: Franz Eugen Köhler, *Köhler's Medizinal-Pflanzen*

rających cukry w naturalny sposób zaczyna fermentować. Obserwacje zachowania się zwierząt w środowisku naturalnym dostarczają wielu dowodów wskazujących na to, że upodobanie do alkoholu jest nie tylko przywarą ludzką. Zwierzęta także nadużywają alkoholu. Okazało się, że upijają się małpy, ptaki, owady, a nawet owoceżerne nietoperze. W USA w stanie Indiana zaobserwowano, że jemioluszkice cedrowe tak upijały się, zjadając dojrzałe owoce, że nie były w stanie odfrunąć z dachu. W wyniku przeprowadzonej sekcji zwłok ptaków padłych stwierdzono, że przyczyną śmierci

było zatrucie alkoholem. W Panamie, w tropikalnym lesie zaobserwowano, że stado wyciów trenowało niecodzienne skoki z palmy na palmę, ryzykując upadek z 10 m. Grupa naukowców izraelskich pracujących pod kierunkiem prof. Francisa Sancheza z Uniwersytetu Ben Guriona zaobserwowała pijanego nietoperza, który obijał się o przeszkody. Na początku sezonu letniego w Kalifornii do ośrodka opieki nad dzikimi zwierzętami trafiły cztery nietrzeźwe pelikany. Będąc w stanie upojenia alkoholowego, zderzyły się z samochodem. W wyniku tej kolizji jeden ptak doznał poważnych obrażeń wewnętrznych i miał rozcięty worek pod dziobem. Po gruntownym zbadaniu okazało się, że ptaki popadły w stan upojenia alkoholowego po spożyciu morskich glonów. Fenomen „ptaków na gazie”, „podchmielonych” słońi czy wręcz „zalanych nietoperzy” nie należy do rzadkości. Opisywanymi zjawiskami zainteresowali się naukowcy, żywiąc błogą nadzieją, że wyniki badań nad zwierzętami pozwolą ustalić stopień i przyczyny uzależnień ludzi od alkoholu (Krzyżewski, 2012).

(...) Zapach alkoholu wydobywającego się z dojrzałych owoców w gęstym lesie tropikalnym umożliwił znalezienie pokarmu, zwiększając tym samym ich szansę na przeżycie. Dieta naczelnych przodków Homo sapiens w znacznej części składała się z owoców, często zbyt dojrzałych, w których cukier uległ przemianom na alkohol. W wyniku procesów ewolucyjnych skłonność ta mogła utrwalić się u naszych przodków i jest przekazywana na współczesne pokolenia. Eksperymentalnie wykazano, że spożywanie alkoholu i jego konsekwencje u zwierząt są podobne jak u ludzi. Szybkość metabolizowania alkoholu przez organizm jest związana z długością jego spożywania. Wyniki badań naukowych wskazują, że ryzyko uzależnienia się od alkoholu w 50–60% zależy od czynników genetycznych. Na chromosomach myszy i szczurów zidentyfikowano wiele genów związanych z zespołem abstynencyjnym. Wykazano ujemny wpływ alkoholu na rozwój mięśni, związany z obniżeniem poziomu hormonu anabolicznego

(IGF1). Wbrew obiegowym opiniom alkohol nie wpływa na złagodzenie stresu, lecz przeciwnie – wzmacnia reakcję na stresory. U osób pijących alkohol w mózgu wzrasta zawartość białka, tzw. tkankowego aktywatora plazminogenu, które współpracuje z receptorami w mózgu (NMDA). U osób pijących liczba tych receptorów gwałtownie rośnie, lecz aktywność jest blokowana przez alkohol. Po zaprzestaniu spożywania alkoholu wspomniane receptory uaktywniają się, co prowadzi do wystąpienia stanu groźnego dla życia, określanego mianem „delirium tremens”. Zdaniem naukowców alkohol jest jedyną substancją uzależniającą, po odstawieniu której można umrzeć (Krzyżewski, 2012).

Jak więc widać, alkohol jest niebezpieczną substancją nie tylko dla człowieka. Człowiek jest istotą rozsądną i zdając sobie sprawę z niebezpieczeństw wynikających ze spożywania alkoholu, powinien zrezygnować z jego picia, zwłaszcza w nadmiarze. Pamiętajmy o tym, że alkohol w niewielkich ilościach może być lekarstwem. Jest też rozpuszczalnikiem dla wielu leczniczych substancji.

Alkohol jest jedną z najczęściej spożywanych używek. Inną, również często zażywaną używką jest nikotyna. Substancja ta, zażywana najczęściej w postaci papierosów, wytwarzana jest przez tytoń, aby chronić liście przed zwierzętami. Wiele owadów przystosowało się do detoksykacji nikotyny w różnicowany sposób. Larwa żyjącego w Ameryce motyla *Manduca sexta* żywi się liśćmi tytoniu, a zawartą w nich nikotynę wydalą bez wchłaniania. Z kolei mucha domowa (*Musca domestica*) potrafi przekształcić nikotynę w związek nietoksyczny. Niestety człowiek nie ma takich zdolności, więc najlepszym sposobem na uniknięcie szkodliwego wpływu nikotyny jest nieużywanie tytoniu w jakiegokolwiek formie.

Inną, często spożywaną używką jest kawa. Kofeina – alkaloid, który jest czynnikiem stymulującym w kawie, którą pijemy, występuje nie tylko w ziarnie kawy, ale i w całej



Rys. 5. Mak lekarski (*Papaver somniferum* L.). Makowiny używane są do produkcji alkaloidów, np. morfiny, kodeiny i papaweryny

Źródło: Franz Eugen Köhler, *Köhler's Medizinal-Pflanzen*



Rys. 6. Bieluń dziedzierzawa (*Datura stramonium* L.). Z liści i nasion wykonuje się preparaty, które ze względu na silne trujące działanie mogą być stosowane tylko pod kontrolą lekarza. Bieluń jest rośliną o właściwościach halucynogennych

Źródło: Franz Eugen Köhler, *Köhler's Medizinal-Pflanzen*

roślinie. Jej zawartość mierzono podczas całego cyklu życiowego rośliny. W czasie kiełkowania nasiono pokryte jest solidną owocnią wewnętrzną i na początku w rozwijającej się siewce stężenie alkaloidu jest małe. Jednakże w miarę rozkładu owocni zawartość kofeiny w siewce wzrasta więcej niż dwukrotnie (Baumann i Gabriel, 1984).

Podczas rozwoju liści stężenie alkaloidu znacznie wzrasta (4% suchej

masy) dokładnie w czasie, kiedy młoda, miękka tkanka jest najbardziej narażona na zjedzenie. Jednakże gdy liść dojrzewa, dynamika biosyntezy maleje eksponentalnie z 17 do 0,016 mg/dzień/g tkanki liściowej i ten niski poziom utrzymuje się, gdy liść rośnie (Frischkecht i in., 1986). Liście wchodzące w fazę starzenia nie zawierają już alkaloidów i prawdopodobnie kofeina jest katabolizowana w roślinie w ten sposób, że zawarty w niej azot jest wykorzystywany przy syntezie białka. W końcowej fazie rozwoju nasion, kiedy owocnia jest miękka, rozpoczyna się znowu biosynteza kofeiny i jej akumulacja do poziomu 2% suchej masy. Podczas różnicowania się i twardnienia owocni poziom kofeiny obniża się i w okresie dojrzewania nasion jej zawartość wynosi 0,24%.

To, że kofeina spełnia funkcję obronną, można udowodnić w badaniach żywieniowych z owadami. Kofeina może mieć wpływ letalny, zabijając larwy zawisaka (*Manduca sexta*) przy zawartości w pokarmie wynoszącej 0,3%, lub może powodować sterylność, tak jak u chrząszcza *Caliosobruchus chinensis* przy stężeniu 1,5% (Nathanson, 1984) (Harborne, 1997). Pamiętajmy o tym, spożywając nadmierne ilości kawy.

Podsumowując, należy stwierdzić, że rośliny stosują wiele chemicznych środków do obrony przed roślinożercami. Jednocześnie korzystają z usług zwierząt na przykład przy zapylaniu kwiatów i rozsiewaniu nasion. Oczywiście przedstawione przykłady nie wyczerpują zależności chemicznych między roślinami a zwierzętami.

Piśmiennictwo:

- Harborne J.B., 1997, *Ekologia biochemiczna*, PWN, Warszawa, s. 351.
- Krzyżewski J., 2012, *Alkohol w świecie zwierząt*, „Kosmos” t. 61, z. 1, s. 21–28.
- Mowszowicz J., 1975, *Dziko rosnące rośliny użytkowe*, WSiP, Warszawa, s. 173.
- Ostroumow S.A., 1992, *Wprowadzenie do ekologii biochemicznej*, PWN, Warszawa, s. 205.

Certa – ryba niezwykła

Certa (*Vimba vimba*) należy do ryb dwuśrodowiskowych – anadromicznych. Jej historyczny zasięg występowania obejmował w przeszłości tereny Europy Środkowej i Wschodniej, Bałkany oraz Kaukaz. W Polsce certa stanowiła kiedyś znaczny procent ryb poławianych w wodach przybrzeżnych, zalewowych i rzecznych. W związku z drastycznym spadkiem liczebności stad certy od lat 70. XX wieku gatunek ten wpisano do Czerwonej Księgi gatunków zagrożonych wyginięciem. W celu jego ochrony w Polsce podejmuje się działania restytucyjne obejmujące kontrolowane zarybienie. W przypadku dwóch projektów prowadzony jest monitoring genetyczny zgodny z założeniami poprawnej restytucji. Na potrzeby analiz polimorfizmu genetycznego dzikich oraz restytuowanych populacji występujących w Polsce opracowano i zoptymalizowano zestaw multipleksowy, złożony z 19 wysoce polimorficznych loci mikrosatelitarnych. Zestaw ten został przetestowany na 35 osobnikach z trzech dzikich populacji certy. Otrzymane wyniki wskazują, że opracowany zestaw jest dobrym narzędziem badań populacyjnych tego gatunku.

Paweł Kaczmarczyk,
Hanna Panagiotopoulou

Biologia i ekologia certy

Certa (*Vimba vimba*) jest rybą z rodziny karpiowatych (*Cyprinidae*). Występuje w zlewisku Morza Bałtyckiego, a jej zasięg występowania na północy sięga południowej Szwecji i Finlandii oraz jeziora Ładoga w Rosji, na południu zaś zlewiska Morza Czarnego od Dunaju po Kubań. Zachodni kraniec zasięgu populacji certy wyznacza ją rzeka Wezera w zlewni Morza Północnego oraz Dunaj, choć obecność tego gatunku zarejestrowano również w holenderskiej części Renu. Jest to jednak najprawdopodobniej wynik introdukcji tej ryby przez człowieka. Najdalej na wschodzie certę odnotowano w rzekach stanowiących zachodnie i południowe dopływy Morza Kaspijskiego, w tym Wołgi oraz Atreku (Heese, 2000; Hänfling i wsp., 2009).

Na terenie swojego występowania certa tworzy kilka podgatunków. Podział ten jest dyskusyjny, gdyż o ich wyróżnieniu w większości decydują zróżnicowanie siedlisk oraz związane z nimi odmienne czynniki ekologiczne i biologiczne, a nie diagnostyczne różnice morfologiczne (Heese, 2000; Hänfling

i wsp., 2009). Zlewiska Bałtyku i Morza Północnego zasiedla podgatunek nominatywny *V. vimba vimba* (Linnaeus, 1758). W zlewisku Morza Czarnego występują podgatunki: rybiec *V. vimba carinata* (Pallas, 1811), *V. vimba bergi* (Velikokhatko, 1940) oraz rybiec mały *V. vimba tenella* (Nordmann, 1840). W zlewisku Morza Kaspijskiego wyróżnia



Fot. 1. Certa (*Vimba vimba*)

się podgatunek: rybiec kaspijski (*V. vimba persa*, Gmelin, 1774) (Heese, 2000).

Dawniej uważano, że w jeziorach strefy subalpejskiej Bawarii i Austrii występuje odrębny gatunek certy – certa jeziorowa (*V. elongata*). Wydzielenia tego gatunku nie potwierdziły jednak badania morfologiczne i genetyczne, choć populacja tej ryby jest prawdopodobnie unikatowa. W obrębie rodzaju *Vimba* wyróżnia się obecnie dwa gatunki: certę (*V. vimba*) oraz występującą w dorzeczach

północnej części Morza Egejskiego, aż po rzekę Pinios w Grecji, certę bałkańską (*V. melanops*) (Heese, 2000; Hänfling i wsp., 2009). Populacje certy tworzą formy naturalnie stacjonarne (rezydentalne) lub wędrownie (Heese, 2000; Witkowski i wsp., 2004b).

Typowym środowiskiem bytowania certy są dolne i środkowe partie wolno płynących rzek oraz przybrzeżne wody morskie. Żyjąc w morzu, certy trzymają się blisko brzegów wód zatokowych, gdzie w poszukiwaniu pokarmu penetrują dno (Heese, 2000). W Polsce wyróżnia się trzy ekotypy podgatunku nominatywnego *V. vimba*: populacje wędrownie (anadromiczne), stacjonarne i semianadromiczne (Heese, 2000; Witkowski i wsp., 2004a). Populacje certy odbywające wędrówki anadromiczne migrują z wód morskich na tarło do rzek. Ryby migrujące między wodami słonawymi (np. zatokami morskimi a rzeką) określane są mianem półwędrownych (Heese, 2000).

Na skutek wybudowania elektrowni wodnej i przegrodzenia Wisły tamą we Włocławku w 1970 roku w górnym biegu rzeki wytworzyła się semianadromiczna populacja certy. Populacja ta odbywa wędrówki tarłowe od zapory we Włocławku aż po

rejonu podkarpackie Wisły (Bontemps i Buras, 1998; Heese, 2000; Witkowski i wsp., 2004a). Do naturalnie stacjonarnych populacji certy (forma jeziorno-rzeczna) należą populacje z jezior Pojezierza Drawskiego. Certy tych populacji odbywają tarło w sąsiadujących rzekach (Dębowski i wsp., 2000).

Certa ma dość mocno ścieśniony bocznie i wydłużony kształt ciała. Jedną z charakterystycznych cech tego gatunku jest obecność wąskiego, niepokrytego łuskami pasa, biegnącego wzdłuż linii grzbietu od końca głowy do nasady płetwy grzbietowej oraz na krawędzi brzucha, za nasadą płetw brzusznych (Heese, 2000). Certa ma stosunkowo długą płetwę odbytową, której początek mieści się w linii zakończenia płetwy grzbietowej. Płetwa ogonowa jest silnie wcięta i asymetryczna, gdyż jej górny płatek jest mniejszy od dolnego. Głowa certy charakteryzuje się mięsistym, stożkowatym „nosem”, a otwór gębowy jest typowo dolny oraz półkolisty, z mięsistymi wargami (Heese, 2000). Długość ciała osobników dorosłych wynosi 20–30 cm (maks. 50 cm), a masa waha się od 300 do 550 g (maks. 1,4 kg). Dojrzałość płciową ryby tego gatunku osiągają w wieku 4–5 lat, chociaż zaobserwowano trące się 3-letnie samce. Certa dożywa 15 lat (Heese, 2000; Grabowska i Grabowski, 2013).

Wykazano, że ekotypy certy różnią się morfologicznie. Formy stacjonarne i semianadromiczne są dużo mniejsze od form anadromicznych, a osobniki o masie powyżej 400 g należą do stad wędrownych (Bontemps i Buras, 1998). Dymorfizm płciowy nie występuje u cert poza okresem tarła, kiedy to samce stają się bardziej wybarwione, a ich ciało pokrywa wysypka perłowa, która pojawia się na głowie, grzbiecie i po bokach ciała. U samic wysypka perłowa pojawia się rzadko i tylko na głowie (Bontemps, 1971). Płodność absolutna dla pojedynczej samicy

Pozycja systematyczna:

Rząd: *Cypriniformes* – karpiokształtne (Goodrich, 1909)

Rodzina: *Cyprinidae* – karpiozłote (Bobaparte, 1832)

Rodzaj: *Vimba*

Gatunek: *Vimba vimba* (Linnaeus, 1758)

certy wynosi od 30 do 120 tys. jaj (Hliwa i wsp., 1998). Rozród certy jest porcyjny i rozciągnięty w czasie. Ryby przystępują do rozrodu od połowy maja do początku lipca (Heese, 2000).

Wykazano, że gatunek ten jest filopatryczny i że dojrzałe osobniki certy odbywają tarło na tarliskach, na których się wylęgły (Kleszcz, inf. ustna). Zjawisko to nazywane jest homingiem. W zależności od odległości, jaką muszą pokonać tarlaki w górę rzek do tarlisk, wyróżnia się dwa ciągi tarłowe: jesienny i wiosenny. Certy z jesiennego ciągu tarłowego wędrują na tarliska wiele setek kilometrów. Są to populacje górnej i środkowej Odry (historycznie również Wisły) oraz jej dopływów, jak np. populacja Baryczy. Certy z wiosennego ciągu tarłowego odbywają krótsze wędrówki, dlatego rozpoczynają migracje później. Należą do nich populacje trące się w dolnym biegu Wisły i Odry oraz rzek Przymorza (Kleszcz i Wolnicki, 2002; Witkowski i wsp., 2004ab).

Certy wybierają na tarliska wody bogate w tlen o wartkim prądzie i podłożu zwirowatym, z otoczkami i większymi kamieniami. Wylęg następuje 3–4 dni po zapłodnieniu. Larwy wykazują fototaksję ujemną, unikając światła przez pierwsze dni. Po około 7 dniach zaczynają aktywnie pływać, a po 8–10 dniach żerować. Spływają do spokojnych płyczn, gdzie intensywnie żerują. Po osiągnięciu długości 20 mm na ich ciałach zaczynają pojawiać się łuski (Heese, 2000). Certa odżywia się zooplanktonem, larwami ochotkowatych, małżoraczkami, gąbkami, ślimakami, małżami, ikra oraz glonami. Jej pierwszym pokarmem jest plankton roślinny, w tym głównie okrzemki, sinice, glony nitkowate i detrytus. Potem nary-

bek zmienia preferencje pokarmowe i żywi się drobnym zooplanktonem. Po osiągnięciu około 5–6 cm długości certy zaczynają żerować na larwach owadów, w tym głównie

Chironomidae. W morzu młode ryby odżywiają się wioślarkami, małżoraczkami, obunogami (*Amphipoda*) oraz ślimakami (*Hydrobia*). Starsze osobniki zmieniają swoje preferencje pokarmowe i żywią się większymi ofiarami – wieloszczetami, a u najstarszych ryb w diecie przeważają małże z rodzaju *Macoma* (Heese, 2000).

Znaczenie gospodarcze i obecny stan populacji certy w Polsce

Jeszcze stosunkowo niedawno certa była bardzo cennym gospodarczo gatunkiem zarówno dla rybołówstwa śródlądowego, jak też przybrzeżnego i zalewowego (m.in. w Zatoce Parnawskiej, Ryskiej i w Zalewie Kurońskim). W połowach przybrzeżnych stanowiła 35–40% całkowitej biomasy łowionych ryb (Heese, 2000 za: Bontemps, 1971). Intensywne połowy tego gatunku wynikały nie tylko z dużej liczebności populacji certy, ale także z wysokiej jakości jej mięsa. Certa należy do ryb o ceniowych walorach smakowych, szczególnie smaczna jest wędzona na ciepło. Największe połowy rzeczne tego gatunku miały miejsce w 1953 roku w Wiśle, kiedy to złowiono 188,7 tony certy (Heese, 2000). W następnych latach jej połowy rzeczne spadły, prawdopodobnie w wyniku nadmiernej eksploatacji rybackiej, do 60 ton w roku 1968, a następnie do ich zupełnego zniknięcia w latach 80. XX wieku (Heese, 2000; Witkowski i wsp., 2004ab). Jednak największy wpływ na spadek liczebności stad tego gatunku miała zabudowa hydrotechniczna rzek, a przede wszystkim rodzaj zastosowanej zabudowy, który uniemożliwił migrację wszystkich gatunków ryb anadromicznych, w tym certy (Heese, 2000; Bontemps, 1971; Bartel i wsp.,

2007). Jej najlepszym przykładem jest zapora we Włocławku na Wiśle.

W wyniku antropogenicznych przekształceń środowiska w stanie najwyższego zagrożenia znalazły się populacje dwuśrodowiskowych ryb wędrownych, których biologia wymaga odbywania wędrówek rozrodczych między wodami morskimi a śródlądowymi.

Regulacja i przegradzanie wód bieżących doprowadziły bowiem do zamknięcia dostępu do miejsc rozrodu, znajdujących się głównie w środkowym i górnym biegu rzek (Wiśniewolski i wsp., 2004; Bartel i wsp., 2007). Kolejnym czynnikiem, który dodatkowo ograniczył liczebność populacji certy, było silne zanieczyszczenie wód (Wiśniewolski i wsp., 2004).

Problem zanikania certy nie ograniczał się tylko do Polski. Gatunek ten został wpisany do Czerwonej Księgi gatunków zagrożonych wyginięciem w wielu krajach europejskich: Polsce, Niemczech, Czechach, na Słowacji i Białorusi (Witkowski, 1999; Heese, 2000; Witkowski, 2009).

Według najnowszych danych w Polsce występuje obecnie tylko kilkanaście rozradzających się populacji certy. Są to populacje mało liczne, wymagające aktywnych zabiegów restytucyjnych, w tym zarybienia (Trojnicka, 2003; Witkowski, 2004a). W latach 90. XX wieku opracowano ogólnokrajowy program restytucji, obejmujący odtwarzanie szlaków migracji i prace zarybieniowe dla czterech gatunków ryb wędrownych, m.in. certy (Sych, 1996, 1998). Celem podjętych prac jest ochrona i odbudowa zanikających stad certy przez zarybienie, z zachowaniem struktury genetycznej poszczególnych populacji, a dzięki temu utrzymanie ich zmienności genetycznej i unikalnych zdolności adaptacyjnych. Szczególnie istotnym zadaniem jest odtworzenie

naturalnych stad anadromicznych tego gatunku w górnym biegu Wisły przez odpowiednią selekcję osobników do zarybienia, tak by miały cechy populacji wędrownej (Wiśniewolski i wsp., 2004).

Ważnym elementem prowadzonych zabiegów restytucyjnych jest długoterminowy monitoring ekologiczny i genetyczny. Ten ostatni polega m.in. na ocenie zmian demograficznych i ewolucyjnych w populacji na przestrzeni czasu za pomocą analizy jej parametrów genetycznych oraz służy efektywnemu zarządzaniu zagrożonymi populacjami (Schwartz i wsp., 2006). W związku z ochroną zasobów genetycznych certy podjęto w Polsce, w ramach projektów restytucji tego gatunku w dorzeczu Odry w rzece Barycz (rok 2000) oraz w dorzeczu Wisły w rzekach Wisłok i Wisłoka (rok 2011), badania zróżnicowania sekwencji mitochondrialnego i mikrosatelitarnego DNA populacji certy.

Projekty restytucji certy realizowane w Polsce

W 2000 roku rozpoczęto restytucję certy w dorzeczu Odry i Wisły (Witkowski i wsp., 2001, 2002, 2004a). Obecnie programy te są na różnym etapie realizacji. Od 2000 roku prowadzony jest program wzmacniania szczątkowych populacji certy w dorzeczu Odry przez zarybienie, z wykorzystaniem stada tarlaków pochodzących z rzek Barycz i Płociczna (Witkowski i wsp., 2001). Jest to pierwszy w Polsce program restytucji ryb objęty kompleksowym monitoringiem genetycznym (Popović i wsp., 2013). W rzekach tych występuje wędrowna odmiana certy.

Od początku programu co roku odławiane są tarlaki powracające na tarliska, które rozradza się w sztucznym tarle, a następnie uzyskany narybek jest wypuszczany do rzek odrzańskich (Witkowski i wsp., 2002, 2004b; Popović i wsp., 2013). Corocznie od odłowionych tarlaków, a także otrzymanego narybku pobierany jest materiał genetyczny

w celu ewaluacji prowadzonego programu restytucji. Badania polimorfizmu genetycznego oparto na sekwencjach regionu kontrolnego mitochondrialnego DNA (mtDNA) (Popović i wsp., 2013). Analizy te wykazały, że restytuowana populacja doświadczyła tylko niewielkiego spadku polimorfizmu przy znacznym wzroście liczebności.

W roku 2011 analogiczny monitoring genetyczny zastosowano w ramach programu restytucji certy, opartego również na wspomaganie naturalnego tarła, w dorzeczu Wisły na rzekach Wisłoka i Wisłok (Projekt nr POIS-05.02.00-00-182/09-00: *Przywrócenie drożności korytarza ekologicznego rzeki Wisłoki i jej dopływów*).

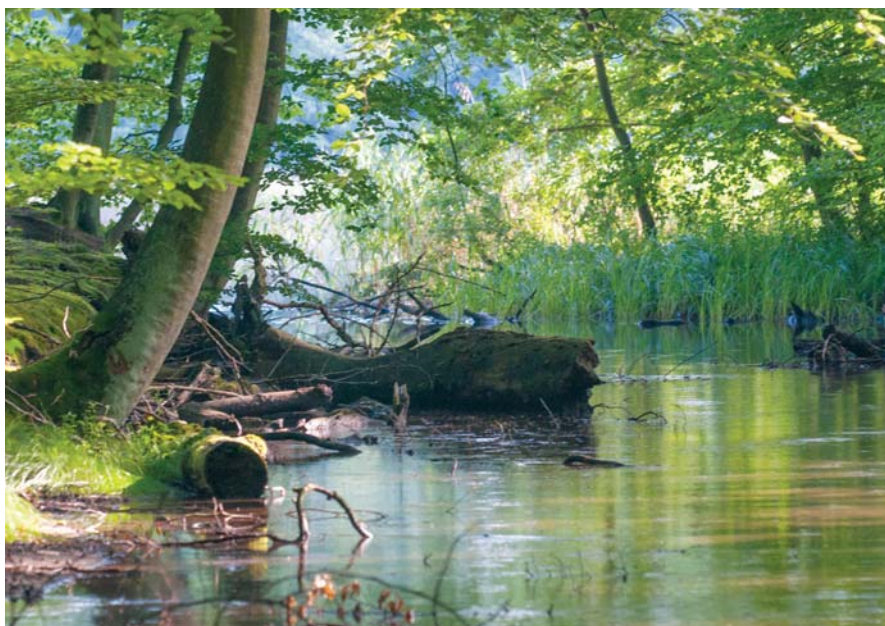
Na załamanie się stad populacji certy w górnej i środkowej Wiśle największy wpływ miało wybudowanie zapory we Włocławku w 1968 roku, która stanowiła przeszkodę dla ryb migrujących na tarliska (Backiel, 1985; Bartel i wsp., 2007). Projekt opiera się na corocznym odłowie dzikich tarlaków na tarliskach, ich rozrodzie w warunkach kontrolowanych, a następnie na wychowie materiału zarybieniowego. Uzyskany narybek wypuszczany jest jesienią w wyznaczonych odcinkach rzeki Wisłoki. Analizy genetyczne tarlaków oraz uzyskanego narybku bazują na sekwencjach mtDNA oraz analizach długości *loci* msDNA. Program jest w trakcie ewaluacji.

Odbudowa populacji certy jest procesem długotrwałym, ponieważ pierwsze efekty zarybienia będą widoczne dopiero po kilku latach, co wynika z cyklu życiowego certy, związanego ze wstępowaniem na tarliska najwcześniej po 4–5, a nawet po 7–8 latach (Heese, 2000). Odtworzenie całej struktury wiekowej powinno być zatem możliwe najwcześniej po około 10 latach. Pełnym sukcesem projektu będzie zaś dopiero odtworzenie stabilnej populacji certy, co wymaga zarówno zarybienia, jak i odtworzenia naturalnych siedlisk i szlaków migracji (Witkowski i wsp., 2004a; Wiśniewolski i wsp., 2004).

Badania genetyczne i genetyka konserwatorska certy

Genetyka konserwatorska opiera się na aktywnej ochronie gatunków zagrożonych wyginięciem, połączonej z próbą zachowania aktualnej zmienności genetycznej dzikich populacji, bazując na założeniu, że organizmy są optymalnie dostosowane do lokalnych warunków środowiska. W tym celu stosuje się monitoring genetyczny (Schwartz i wsp., 2006). Genetyka konserwatorska obejmuje badania filogenetyczne, filogeograficzne i populacyjne gatunków, które wymagają odbudowy oraz restytucji. Przedmiotem badań w genetyce populacyjnej jest analiza zmienności (polimorfizmu) na podstawie sekwencji DNA, RNA i białek, na poziomie gatunku, populacji i między osobnikami. Umożliwia ona ocenę kondycji populacji, zagrożenia wystąpienia chowu wsobnego oraz określenie efektywnej wielkości populacji. Pozwala także na ustalenie stopnia pokrewieństwa między populacjami, w tym historii migracji (Frankham, 1995; DeSalle i Amato, 2004).

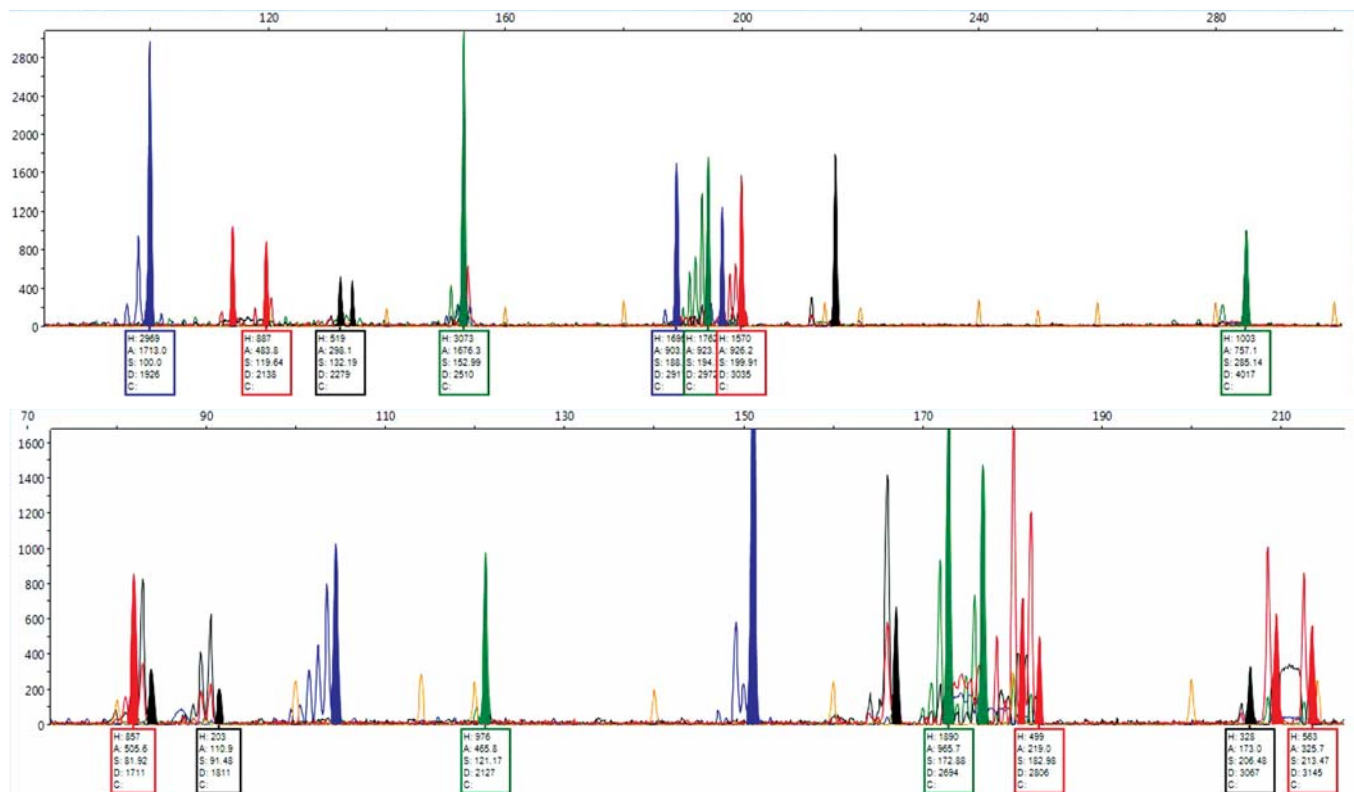
Pierwsze prace genetyczne nad certy dotyczyły analiz cytogenetycznych genomu, na podstawie którego określono jej kariotyp (Cieślak, 2001). Dotychczasowe badania polimorfizmu genetycznego certy opierały się na analizie allozymów populacji z rzeki Dyje w Czechach (Lusk i wsp., 2005) oraz fragmentu regionu kontrolnego mitochondrialnego DNA (mtDNA) ryb europejskich, w tym również polskich populacji (Brzuzan i Trojnicka, 2004; Hänfling i wsp., 2009; Popović i wsp., 2013). W wyniku tych badań stwierdzono, że populacje odcięte od tarlisk na skutek zabudowy hydrotechnicznej rzek odznaczają się spadkiem polimorfizmu genetycznego w stosunku do certy swobodnie migrujących (Lusk i wsp., 2005; Popović i wsp., 2013). Wykazano również, że naturalnie stacjonarne oraz anadromiczne ekotypy certy różnią się na poziomie genetycznym, podob-



nie jak populacje należące do dwóch różnych ciągów tarłowych (Popović i wsp., 2013). W roku 2009 przeprowadzono analizę filogeograficzną certy w Europie, wykorzystując dwa odcinki genomu mitochondrialnego: sekwencję kodującą cytochrom *b* oraz region kontrolny (Hänfling i wsp., 2009). Wyróżniono dwa podstawowe refugia, a tym samym linie filogenetyczne certy: wschodnią oraz zachodnią, z których gatunek ten skolonizował wody Europy po ustąpieniu zlodowacenia. Według tych badań obie linie wywodzą się z kładu pontyjskiego: zachodnia – z dorzecza Dunaju (obecna na terenie północnej i zachodniej Europy), a wschodnia, występująca w Europie Wschodniej – z północno-wschodniego regionu pontyjskiego (np. z Dniepru i Donu). Polskie populacje certy nie były włączone do tych badań, choć najprawdopodobniej wywodzą się pierwotnie z linii wschodniej. Niewykluczony jest jednak wtórny, postglacjalny kontakt oraz wymieszanie obydwu linii na terenie naszego kraju w wyniku migracji przez Bałtyk, gdyż zjawisko to zaobserwowano dla populacji certy z Zalewu Kurońskiego (Hänfling i wsp., 2009). Wszystkie opisane badania wykazały, że populacje certy w Europie odznaczają się niskim polimorfizmem genetycz-

nym, który wynika najprawdopodobniej z niedawnej postglacjalnej kolonizacji (Hänfling i wsp., 2009; Popović i wsp., 2013).

Uzyskane wyniki analiz genetycznych dla populacji certy wskazują, że w przypadku prowadzonych programów restytucyjnych istnieje konieczność zastosowania analizy molekularnej bardziej zmiennych markerów. Za bardzo dobre markery do tego typu badań, szczególnie na potrzeby genetyki konserwatorskiej i populacyjnej, uznawane są *loci* mikrosatelitarne (msDNA) (Schlötterer, 2004; Schwartz i wsp., 2006). Badań z użyciem tych sekwencji nie przeprowadzono jeszcze na populacjach certy w Europie. Przyczyn można upatrywać w braku opracowanych gatunkowo specyficznych *loci* dla tego gatunku, choć niedawno ukazała się praca dotycząca oceny polimorfizmu genetycznego 41 *loci* msDNA wykorzystanych w międzygatunkowej amplifikacji (ang. *cross-species amplification*) u 15 gatunków europejskich ryb z rodziny karpiowatych (*Cyprinidae*) (Dubut i wsp., 2010). Międzygatunkową amplifikację 17 *loci* msDNA zastosowano również z powodzeniem w badaniach populacji rybca kaspijskiego (*V. v. persa*) w Iranie (południowe wybrzeże Morza Kaspijskiego) (Mohamadian i wsp., 2012).



Rys. 1. Przykładowa analiza mikrosatelitarnego DNA. Rysunek przedstawia chromatogramy uzyskane dla produktów reakcji multipleks PCR. W reakcjach multipleks PCR zastosowano dwa zestawy starterów (1 i 2). Na osi X oznaczono długości alleli w parach zasad; na osi Y – intensywność fluorescencji (RFU – ang. *relative fluorescence unit*). Wysokości pików określa ilość znaczników fluorescencyjnych wbudowanych do fragmentów DNA w czasie reakcji multipleks PCR. Na wykresie kolor allelu (piku) danego locus msDNA odpowiada zastosowanemu, do jego wyznakowania fragmentów DNA, znacznikowi fluorescencyjnemu, odpowiednio: niebieski – 6-FAM, zielony – HEX, żółty – TAMRA i czerwony – ROX

Piśmiennictwo:

- Backiel T., 1985, *Fall of migratory fish populations and changes in commercial fisheries in impounded rivers in Poland* [w:] *Habitat modification and freshwater fisheries*, ed. J.S. Alabaster, London Butterworths, London, s. 28–41.
- Bartel R., Wiśniewolski W., Prus P., 2007, *Impact of the Włocławek dam on migratory fish in the Vistula river*, *Archives of Polish Fisheries* 15, s. 141–156.
- Blouin M.S., Parsons M., Lacaille V., Lotz S., 1996, *Use of microsatellite loci to classify individuals by relatedness*, *Molecular Ecology* 5, s. 393–401.
- Bontemps S., 1971, *Certa*, PWRiL, Warszawa, s. 216.
- Bontemps S., Buras P., 1998, *Restytucja ryb wędrownych w Polsce. Część I – ocena aktualnego stanu występowania certy, Vimba vimba w systemie Wisły*, ekspertyza wykonana dla MOŚZNiL, nr Opid-13-6/98.
- Brzuzan P., Trojnicka E., 2004, *Charakterystyka genetyczna certy (Vimba vimba L.) w dorzeczu Wisły i Odry. Genetic variation of the vimba (Vimba vimba L.) populations from the Vistula and Oder river systems*, *Archives of Polish Fisheries* 12, s. 243–246.
- Christiakov D.A., Hellemans B., Volckaert F.A.M., 2006, *Microsatellites and their genomic distribution, evolution, function and applications: A review with special reference to fish genetics*, *Aquaculture* 255, s. 1–29.
- Cieślak M., 2001, *Analiza cytogenetyczna genomu certy (Vimba vimba L.)*, praca magisterska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn.
- Ciofi C., Tzika A.C., Natali C., Watts P.C., Sulandari S., Zein M.S.A., Milinkovitch M.C., 2011, *Development of a multiplex PCR assay for fine-scale population genetic analysis of the Komodo monitor Varanus komodoensis based on 18 polymorphic microsatellite loci*, *Molecular Ecology Resources* 11, s. 550–556.
- DeSalle R., Amato G., 2004, *The expansion of conservation genetics*, *Nature Review Genetics* 5, s. 702–712.
- Dębowski P., Terlecki J., Gancarczyk J., Martyniak A., Kozłowski J., Wziętek B., Hliwa P., 2000, *Ichtyofauna rzek Drawieńskiego Parku Narodowego*, *Rocz. Nauk. PZW* 13, s. 87–107.
- Dubut V., Sinama M., Martin J.F., Meglecz E., Fernandez J., Chappaz R., Gilles A., Costeodot C., 2010, *Cross-species amplification of 41 microsatellites in European cyprinids: A tool for evolutionary, population genetics and hybridization studies*, *BMC Research Notes* 3, s. 135.
- Frankham R., 1995, *Conservation genetics*, *Annu Rev Genetics* 29, s. 305–327.
- Grabowska J., Grabowski M., 2013, *Ilustrowana encyklopedia ryb Polski*, PWN, Warszawa, s. 90–91.
- Hänfling B., Dumpelman C., Bogutskaya N.G., Brandl R., Brandl M., 2009, *Shallow phylogeographic structuring of Vimba vimba across Europe suggests two distinct refugia during the last glaciation*, *Journal Fish Biol.* 75, s. 2269–2286.
- Heese T., 2000, *Certa – Vimba vimba (L.)* [w:] *Ryby słodkowodne Polski*, pod red. M. Brylińskiej, PWN, Warszawa, s. 266–272.
- Hliwa P., Martyniak A., Demska-Zakęś K., Gancarczyk J., Kozłowski J., 1998, *Materiały Ogólnopolskiej Konferencji „Funkcjonowanie i ochrona ekosystemów wodnych na obszarach chronionych”*, 11–13 maja, Wigry.
- Kleszcz M., Wolnicki J., 2002, *Kontrolowany rozród certy Vimba vimba (L.) w dorzeczu Odry*, Wylęgarnia 2001–2002, Wydawnictwo IRS, Olsztyn, s. 63–68.
- Li Y.C., Korol A.B., Fahima T., Beiles A., Nevo E., 2002, *Microsatellites: genomic distribution, putative functions and mutational mechanism: a review*, *Mol. Ecol.* 11, s. 2453–2465.
- Lusk S., Luskova V., Halacka K., Slechtova V., Slecht V., 2005, *Characteristics of the remnant Vimba vimba population in the upper part of Dyje river*, *Folia Zool.* 54, s. 389–404.

Mikrosatelitarny DNA (msDNA)

Nazwa angielska *loci* msDNA nawiązuje do powtórzeń prostych sekwencji (ang. *Simple Sequence Repeats* – SSR) lub też krótkich potwórzeń tandemowych (ang. *Short Tandem Repeats* – STR). *Loci* msDNA zbudowane są z tandemowych powtórzeń motywu nukleotydowego o długości od 2 do 8 par zasad, które mogą się powtarzać w jednym *locus* nawet kilkadziesiąt razy. *Locus* mikrosatelitarny zawiera z reguły od 5 do 40 powtórzeń, chociaż zdarzają się również *loci* złożone z większej liczby powielonych motywów (Li i wsp., 2002). Długość alleli w *loci* wynosi zwykle od 100 do 300 par zasad, choć pojawiają się także allele dłuższe (Taberlet i wsp., 1999).

Wysoki polimorfizm (zmienność) *loci* msDNA wynika z faktu, że zlokalizowane są one najczęściej w regionach międzygenowych, stąd nie podlegają selekcji naturalnej, a pojawiające się w nich mutacje łatwiej zostają utrwalone. *Loci* msDNA mutują zazwyczaj przez insercję lub delecję pojedynczego motywu, dzięki czemu powstają nowe allele różniące się długością. Zmienny fragment *locus* mikrosatelitarnego, na który składają się tandemowo powtórzone motywy, jest otoczony zwykle przez sekwencje konserwatywne, do których projektowane są startery dla reakcji PCR (Selkoe i Toonen, 2006).

Loci msDNA podlegają bardzo szybkiej ewolucji. Tempo mutacji dla większości *loci* msDNA mieści się w przedziale od 10^{-2} do 10^{-6} mutacji na replikację DNA (średnio 10^{-4}) (Schlötterer, 2000). Są to przede wszystkim mutacje typu delecji lub insercji pojedynczego motywu (ok. 90%), które mogą powstać w wyniku tzw. poślizgu polimerazy podczas replikacji DNA lub

nierównomiernego *crossing-over*. Z uwagi na bardzo wysoką zmienność *loci* msDNA nie są zazwyczaj stosowane w badaniach filogenetycznych, szczególnie w przypadkach analizy pokrewieństwa gatunków, dla których czas dywergencji sięga milionów lat (Sunnucks, 2000; Christiakov i wsp., 2006). Markery te mają jednak szerokie zastosowanie w określaniu polimorfizmu, pokrewieństwa oraz struktury genetycznej populacji jednego lub bardzo blisko spokrewnionych (siostrzanych) gatunków (Schlötterer, 2004; Christiakov i wsp., 2006; Selkoe i Toonen, 2006). Do analiz populacyjnych powinny być używane *loci* neutralne selekcyjnie, kodominujące oraz dziedziczące się w sposób mendelowski (Selkoe i Toonen, 2006).

Projektowanie zestawów starterów dla multiplexu PCR

Dla uzyskania wiarygodnych wyników badań populacyjnych niezbędne jest zbadanie przynajmniej kilku, nierzadko kilkunastu,

- Masi P., Spagnoletti Zeuli P.L., Donini P., 2003, *Development and analysis of multiplex microsatellite markers sets in common bean (Phaseolus vulgaris L.)*, Molecular Breeding 11, s. 303–313.
- Mohamadian S., Rezavani Gilkolaei S., Rouhollahi S., Taghavi M.J., Nayerani M., Shirzad E., Taheri Mirghaed A., 2012, *Genetic characterization of Vimba vimba persa (Pallas, 1814) in Southern parts of the Caspian Sea using microsatellite markers*, Iranian Journal of Fisheries Sciences 11, s. 347–357.
- Olafsson K., Hjorleifsdottir S., Pampoulie C., Hreggvidsson O.G., Gudjonsson S., 2010, *Novel set of multiplex assays (SalPrint15) for efficient analysis of 15 microsatellite loci of contemporary samples of the Atlantic salmon (Salmo salar)*, Molecular Ecology Resources 10, s. 533–537.
- Popović D., Panagiotopoulou H., Kleszcz M., Baca M., Rutkowski R., Heese T., Weglenski P., Stankovic A., 2013, *Restitution of vimba (Vimba vimba, Cyprinidae) in Poland: genetic variability of existing and restored populations*, The Ichthyological Society of Japan 60, s. 149–158.
- Projekt nr POIS-05.02.00-182/09-00: *Przywrócenie drożności korytarza ekologicznego rzeki Wisłoki i jej dopływów*.
- Schlötterer C., 2000, *Evolutionary dynamics of microsatellite DNA*, Chromosoma 109, s. 365–371.
- Schlötterer C., 2004, *The evolution of molecular markers – just a matter of fashion?*, Nature Reviews Genetics 5, s. 63–69.
- Schwartz M.K., Lukart G., Waples R.G., 2006, *Genetic monitoring as a promising tool for conservation and management*, Trends in Ecology and Evolution 1, s. 22.
- Selkoe K.A., Toonen R.J., 2006, *Microsatellites for ecologists: a practical guide to using and evaluating microsatellite markers*, Ecology Letters 9, s. 615–629.
- Sunnucks P., 2000, *Efficient genetic markers for population biology*, Trends in Ecology and Evolution 15, s. 199–203.
- Sych R., 1996, *O projekcie restytucji ryb wędrownych w Polsce*, Zoologica Poloniae 41, s. 47–59.
- Sych R., 1998, *Program restytucji ryb wędrownych w Polsce – od genezy do początków realizacji*, Idee Ekologiczne, seria: Szkice 13, s. 71–86.
- Taberlet P., Waits L.P., Luikart G., 1999, *Noninvasive genetic sampling: look before you leap*, Trends in Ecology Evolution 14, s. 323–327.
- Trojnicka E., Brzuzan P., Jankun M., Hliwa P., 2003, *Wstępne wyniki badań nad zmiennością genetyczną certy (Vimba vimba L.) w Polsce*, Komunikaty Rybackie 4, s. 23–25.
- Wiśniewolski W., Augutysyn L., Bartel R., Depowski R., Dębowski P., Klich M., Kolman R., Witkowski A., 2004, *Restytucja ryb wędrownych a drożność polskich rzek*, Wydawnictwo IRS, Olsztyn.
- Witkowski A., Bartel R., Kleszcz M., 2001, *Udane restytucje ryb w Polsce*, Roczn. Nauk PZW 14, s. 83–90.
- Witkowski A., Bartel R., Kolman R., Wiśniewolski W., 2004a, *Realizacja programu restytucji ryb wędrownych w dorzeczu Wisły i Odry*, Archives of Polish Fisheries 12, s. 309–325.
- Witkowski A., Błachuta J., Kleszcz M., Napora K., 2002, *Realizacja projektu restytucji ryb dwuśrodowiskowych w górnym i środkowym dorzeczu Odry*, Komunikaty Rybackie 3, s. 13–16.
- Witkowski A., Błachuta J., Kotusz J., Heese T., 1999, *Czerwona lista słodkowodnej ichtiofauny Polski*, Chronimy Przyrodę Ojczyzną 55, s. 5–19.
- Witkowski A., Kleszcz M., Heese T., Martyniak A., 2004b, *Certa Vimba vimba (L.) dorzecza Odry: historia, stan aktualny i perspektywy*, Archives of Polish Fisheries 12 (suppl 2), s. 103–115.
- Witkowski A., Kotusz J., Przybylski M., 2009, *The degree of threat to the freshwater ichthyofauna of Poland: Red list of fishes and lampreys – situation in 2009*, Chronimy Przyrodę Ojczyzną 65, s. 33–52.

a nawet większej liczby *loci* mikro-satelitarnych. Aby zminimalizować czas i nakłady finansowe związane z tego typu analizą, należy przeprowadzić reakcję PCR dla kilku *loci* w jednej mieszaninie reakcyjnej (tzw. multipleks PCR) (Blouin i wsp., 1996; Olafsson i wsp., 2010; Ciofi i wsp., 2011). Opracowanie zestawu do reakcji multipleks PCR wymaga jednak zaplanowania i optymalizacji reakcji, polegających najpierw na odpowiednim dobraniu *loci*, tak by zakresy wielkości ich alleli na siebie nie zachodziły. Następnie niezbędną jest optymalizacja warunków reakcji, w tym temperatury przyłączania starterów oraz takiego ich dobrania, aby uniknąć wzajemnej komplementarności i powstawania artefaktów. Efektem dobrze zaprojektowanego i zoptymalizowanego multipleks PCR jest bardzo wydajna oraz zachodząca z podobną wydajnością amplifikacja wszystkich *loci* w zestawie, co umożliwia łatwy

Allele zerowy – w użytych tu znaczeniach allele zerowy to allele, który nie jest amplifikowany (brak specyficznych produktów) w reakcji PCR. Zwykle jest to efekt mutacji (zmian sekwencji nukleotydowych) w rejonach, do których przyłączają się startery w PCR.

i pewny odczyt alleli (Masi i wsp., 2003; Olafsson i wsp., 2010; Ciofi i wsp., 2011). Ponadto istotne jest także dopracowanie warunków reakcji PCR, by uniknąć zjawiska zwanego *drop-out*, czyli preferencyjnego namnażania krótszych, a braku amplifikacji dłuższych alleli. *Loci* użyte w zestawie powinny być optymalnie zlokalizowane na różnych chromosomach (niesprzężone). Wybrane *loci* msDNA powinny być ponadto wysoce polimorficzne i nieobciążone tzw. allelami zerowymi (ang. *null alleles*).

Wysoka frekwencja alleli zerowych wynika z obecności mutacji w sekwencji, do której przyłącza się starter, co uniemożliwia amplifikację tego allelu i prowadzi w konsekwencji do otrzymania zafałszowanych wyników genotypowania, skutkując przeszacowaniem częstości homozygot w populacji (Selkoe i Toonen, 2006). Stąd kluczowym elementem projektowania zestawu multipleks PCR jest odpowiedni dobór *loci* msDNA. Zadanie to jest znacznie utrudnione w sytuacji, w której brak jest opracowanych gatunkowo specyficznych *loci* msDNA. Wówczas jednym z rozwiązań jest testowanie *loci* opracowanych u możliwie blisko spokrewnionych gatunków (ang. *cross-species amplification*). Zwiększa to jednak ryzyko pojawienia się alleli zerowych u badanego gatunku oraz mniejszego polimorfizmu amplifikowanych *loci* (Selkoe i Toonen, 2006).

I. PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM WYDAWCY

Zamawiając roczną prenumeratę za pośrednictwem Wydawcy, otrzymujecie Państwo rabat w wysokości 5% od ceny czasopisma.

Prenumeratę za pośrednictwem Wydawcy można zamówić:

■ **przez Internet**, zakładka „Prenumerata” na stronie www.edupress.pl

i w sklepie internetowym www.raabe.com.pl

■ **e-mailem**: prenumerata@raabe.com.pl; ■ **telefonicznie**, pod numerem (22) 244 84 11;

■ **faksem**, z dopiskiem „Prenumerata”, fax: (22) 244 84 10; ■ **listownie**, pod adresem: Dr Josef Raabe Spółka Wydawnicza Sp. z o.o., ul. Młynarska 8/12, 01-194 Warszawa



II. PRENUMERATA DOSTARCZANA PRZEZ FIRMY KOLPORTERSKIE:

1. RUCH SA – zamówienia na prenumeratę w wersji papierowej i na e-wydania można składać bezpośrednio na stronie www.prenumerata.ruch.com.pl. Ewentualne pytania prosimy kierować na adres e-mail: prenumerata@ruch.com.pl lub kontaktując się z Centrum Obsługi Klienta „RUCH” pod numerami: 22 693 70 00 lub 801 800 803 – czynne w dni robocze w godzinach 7⁰⁰–17⁰⁰. Koszt połączenia wg taryfy operatora.

2. GARMOND PRESS – tel. 22-836-69-21 prenumerata.warszawa@garmondpress.pl.

3. KOLPORTER S.A. – prenumeratę instytucjonalną można zamawiać w oddziałach firmy. Informacje: www.kolporter.com.pl

4. POCZTA POLSKA – zamówienia w wszystkich urzędach pocztowych lub u listonoszy, drogą elektroniczną: www.poczta-polska.pl. Infolinia w godz. 8⁰⁰–22⁰⁰: 801 333 444 (dla telefonów stacjonarnych) i 801 333 444 (dla telefonów komórkowych i z zagranicy).

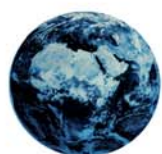
III. NUMERY ARCHIWALNE W WERSJI ELEKTRONICZNEJ dostępne są w sklepie internetowym www.raabe.com.pl

IV. NUMERY ARCHIWALNE DRUKOWANE z lat 2012 i 2013, dostępne są w ograniczonym zakresie. Przed złożeniem zamówienia prosimy o kontakt pod adresem: prenumerata@raabe.com.pl

Zamów prenumeratę przez Internet
edupress.pl kiosk24.pl raabe.com.pl

„Biologię w Szkole” w wersji cyfrowej można kupić i zaprenumerować w postaci pliku PDF na następujących platformach: www.raabe.com.pl, www.kiosk24.pl, www.nexto.pl, www.publio.pl, www.eprasa.pl

Wydania archiwalne można zamówić poprzez naszą stronę internetową: www.edupress.pl lub prenumerata@raabe.com.pl



<http://www.edupress.pl>



Rozwijaj się!



Czytaj czasopisma pedagogiczne!

Redakcja Czasopism Pedagogicznych EduPress, Dr Josef Raabe Spółka Wydawnicza Spółka z o.o.
Wola Plaza, ul. Młynarska 8/12, 01-194 Warszawa, tel. 22 244 84 11, faks 22 244 84 10, e-mail: prenumerata@raabe.com.pl

www.edupress.pl