



# Biologia w Szkole

*z Przyrodą*

**Jesienne  
korale**

Nr 6 LISTOPAD/GRUDZIEŃ 2011 332 (LXIV) indeks 352659 CENA 16,90 ZŁ (w tym 5% VAT)

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

*Choroby  
genetyczne*

**Mitochondrialny  
pamiętnik**

**Jak uczyć  
o fotosyntezie?**



**Dlaczego?**  
*się starzejemy?*

82060301112006

ISSN 0137-8031

12



9 770137 803102

# Biblioteka

Szkolne Centrum Informacji

nowoczesne czasopismo dla nauczycieli-bibliotekarzy  
niezbędne w każdej bibliotece!



- pokazuje jak powinna funkcjonować nowoczesna biblioteka szkolna
- omawia najnowsze trendy w opracowaniu zbiorów
- przybliża niezbędne zagadnienia prawne
- wprowadza w świat nowych technologii informatycznych i Internetu
- rekomenduje nowości wydawnicze

**ciekawe, wszechstronne, przydatne**

Zamów prenumeratę na 2012 rok

[www.edupress.pl](http://www.edupress.pl)



Czasopisma  
Pedagogiczne

**NUMER 6**

**LISTOPAD/GRRDZIEŃ 2011**  
**332 (LXIV) indeks 352659**

**Nakład 4000 egz.**

**CENA zł 16,90 (w tym 5% VAT)**

#### 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

Michał Włodarczyk

#### Dyrektor wydawniczy

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

#### Dział obsługi klienta

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

#### Dyrektor marketingu

Anna Gryczewska  
a.gryczewska@raabe.com.pl

#### Kolportaż

Anna Niepiekło, tel. 22 244 84 78,  
faks 22 244 84 76  
a.niepieklo@raabe.com.pl

#### Reklama

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

#### Skład i łamanie

Vega design

#### Druk i oprawa

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

#### Zdjęcia na okładce:

Piotr Borsuk

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

# Biologia w Szkole

Z Przyrodą

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

#### SPIS TREŚCI

#### CO NOWEGO W BIOLOGII?

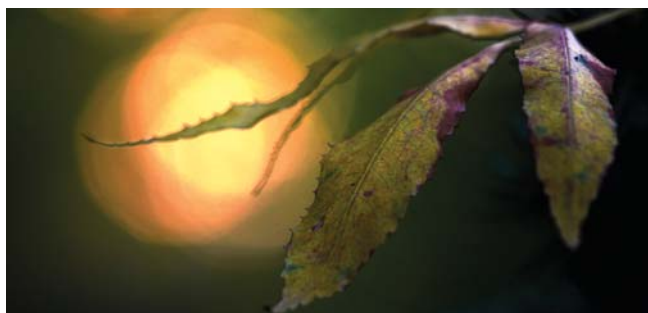
- 5 Choroby mitochondrialne – genetyka to nie tylko prawa Mendla**  
▪ Katarzyna Tońska
- 14 Powrót do przeszłości, czyli kartki z mitochondrialnego pamiętnika**  
▪ Agata Kodroń
- 22 „Czasopismo Przyrodnicze” (1927–1939) i jego oblicze pedagogiczne**  
▪ Jan Wnęk
- 31 Galeria fotografii przyrodniczej**
- 35 Mitochondrialna teoria starzenia**  
▪ Aleksandra Sołyga-Żurek

#### CIEKAWOSTKI PRZYRODNICZE

- 42 Poranne korale**  
▪ Marcin Majka, Tomasz M. Majka

#### Z PRAKTYKI SZKOLNEJ

- 45 Metoda projektów w gimnazjum**  
▪ Stanisław Makara
- 49 Jak przeżyć święta Bożego Narodzenia zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju. Projekt edukacyjny**  
▪ Stanisław Makara
- 51 Jak powitać Nowy Rok zgodnie z tradycją i zasadami zrównoważonego rozwoju**  
▪ Stanisław Makara
- 55 Fotosynteza – propozycja rozwiązań metodycznych**  
▪ Marlena Zielińska, Alina Trejgell



Zapraszamy do odwiedzenia naszej strony w Internecie [www.edupress.pl](http://www.edupress.pl)

# Szanowni Czytelnicy

Jeszcze chwila, a w całej Polsce na choinkach zapłoną świąteczne lampki, a chwilę później przyjdzie Nowy Rok. To dobry czas na podsumowania i plany na przyszłość. Mijający rok nie był zły, jednak mam nadzieję, że nadchodzący 2012 będzie jeszcze lepszy! Tymczasem stary rok 2011 zamykamy 6. numerem naszego pisma, w którym znajdziecie Państwo trzy artykuły traktujące o niezwykłych organellach, jakimi są mitochondria. Do napisania ich udało mi się namówić młodych naukowców z Instytutu Genetyki i Biotechnologii Uniwersytetu Warszawskiego, którzy na co dzień badają ludzki genom mitochondrialny. Gwarantuję, że znajdziecie w nich Państwo najnowszą wiedzę na temat powstania i funkcjonowania tych niezwykłych struktur komórkowych. Wiedzę często odbiegającą od tej zawartej w podręcznikach napisanych zaledwie kilka lat temu. Zaskakujące, jak szybko rozwija się biologia dzięki stosowaniu coraz bardziej wyrafinowanych technik molekularnych. Jeszcze całkiem niedawno badanie mitochondrialnego DNA pochodzącego z pojedynczych komórek, określonych tkanek, było nieosiągalnym marzeniem. Dziś powoli staje się rutyną, nawet w diagnostyce chorób warunkowanych przez mutacje w genomie mitochondrialnym. Niewątpliwie zaburzenia tego typu występują w naszej populacji z bardzo niską częstością, ale – niestety – nie możemy tego powiedzieć o starzeniu. Jest ono bowiem wszystkim nam pisane, ale być może, w niezbyt odległej przyszłości, pełniejsze zrozumienie jego związku ze zmianami w funkcjonowaniu mitochondriów zmieni tę niezbyt komfortową sytuację.

Mam nadzieję, że w Święta nie zabraknie śniegu. Bo choć polska jesień jest wyjątkowo piękna, to na Gwiazdkę śniegu nie powinno brakować. W mroźne zimowe wieczory przyjemnie jest wspominać czas, kiedy świat był kolorowy, a na pajęczynach rozpiętych między suchymi bądylami poranne mgły wieszały krople rosy. Jak powstają „jesienne korale”? Wyjaśniają nam to Panowie Marcin i Tomasz Majkowie, inicjując dział „Ciekawostki przyrodnicze”, w którym postaramy się przybliżyć Państwu zjawiska, moim zdaniem, niezwykle, choć często codzienne.

Chciałbym zwrócić szczególną uwagę na artykuły zawarte w dziale „Z praktyki szkolnej”. Myślę, że zarówno propozycje rozwiązań metodycznych przygotowane przez Panię Marlenę Zielińską i Alinę Trejgell, jak i artykuły Pana Stanisława Makary są doskonałym i, w moim odczuciu, niezwykle inspirującym materiałem pozwalającym przygotować ciekawe lekcje biologii. Nadto artykuły Pana Makary zmuszają nas do refleksji nad losem naszych czworonożnych przyjaciół w czasie Świąt, a szczególnie sylwestra. Niestety, nie wszystko, co nas cieszy, sprawia im przyjemność. Pamiętajmy o tym!

**Życzę wesołych Świąt i szczęśliwego Nowego Roku**

**Piotr Borsuk**

# Choroby mitochondrialne

## – genetyka to nie tylko prawa Mendla

■ KATARZYNA TOŃSKA

Zainteresowanie lekarzy i naukowców chorobami mitochondrialnymi sięga przełomu lat 50. i 60. XX w., kiedy to endokrynolog Rolf Luft, biochemik Lars Ernster i morfolog Björn Afzelius zbadali i opisali przypadek młodej kobiety, u której wystąpił znaczny hipermetabolizm niezwiązany z nieprawidłowym funkcjonowaniem tarczycy. Zaobserwowali oni nieprawidłową strukturę mitochondriów w mięśniach, a na poziomie biochemicznym rozpręgnięcie łańcucha oddechowego. Powiązanie tych dwóch faktów z objawami klinicznymi doprowadziło badaczy do wniosku, że przyczyną choroby musi być dysfunkcja łańcucha oddechowego. Co ciekawe, mimo że od tego odkrycia upłynęło już pół wieku, podobne objawy zauważono tylko u jednej osoby i wciąż nie wiadomo, jaka mutacja jest za nie odpowiedzialna.

**Współczesna definicja chorób mitochondrialnych obejmuje wszystkie choroby charakteryzujące się wadliwym funkcjonowaniem łańcucha oddechowego.**

Genom mitochondrialny zsekwencjonowano na początku lat 80. XX w., a dokonała tego grupa prof. Sangera – wynalazcy wciąż najpowszechniej używanej metody sekwencjonowania DNA – natomiast pierwsze mutacje w mitochondrialnym DNA, mutację punktową oraz delecję opisali na początku lat 90. XX w. odpowiednio grupa prof. Wallace’a i Ian Holt ze współpracownikami. Choć wciąż nie ma dostatecznych danych epidemiologicznych, już dziś wiadomo, że uważane przez lata za niezwykle rzadkie choroby mitochondrialne są dość powszechne, a ich częstość występowania jest rzędu 1:5 000 do 1:15 000.

### Objawy chorób mitochondrialnych

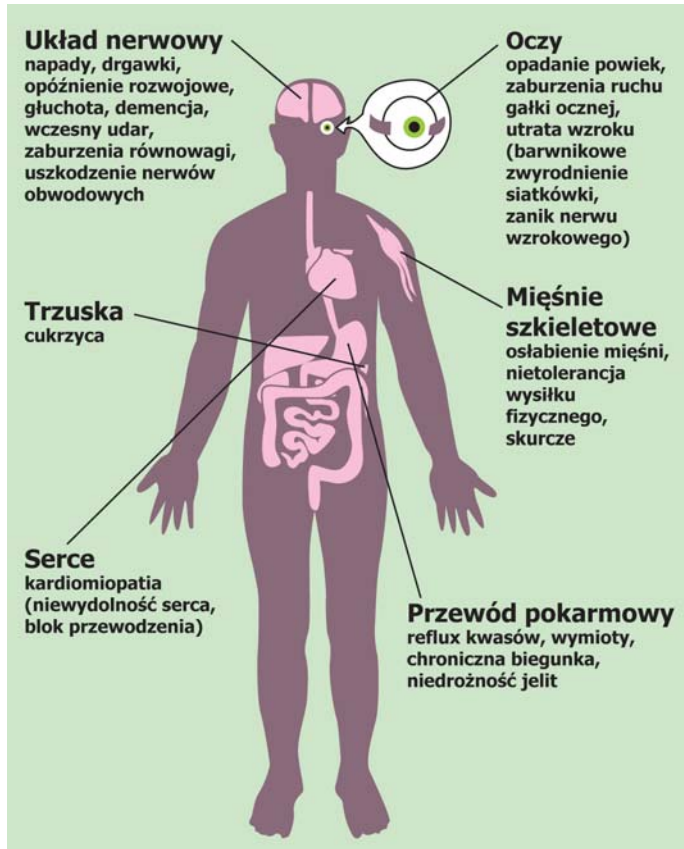
Nieprawidłowe funkcjonowanie łańcucha oddechowego prowadzi do niedostatecznej produkcji energii i jest najbardziej szkodliwe dla tkanek mających duże zapotrzebowanie energetyczne i bazujących głównie na oddychaniu tlenowym, a więc w pierwszym rzędzie dla tkanki nerwowej i mięśniowej. Stąd większość chorób mitochondrialnych stanowią choroby nerwo-mięśniowe nazywane także encefalomiopatiami mitochondrialnymi. Objawy chorób mitochondrialnych sięgają jednak znacznie dalej (Rys. 1), bywają niespecyficzne i często dopiero doświadczony klinicysta potrafi je powiązać.

Uszkodzenie układu nerwowego najczęściej objawia się drgawkami, wczesnym udarem lub napadami udaropodobnymi, demencją, opóźnieniem rozwoju lub utratą nabytych umiejętności u dzieci, zaburzeniami równowagi czy neuropatiami obwodowymi. Neurologiczne podłoże może mieć także głuchota (głuchota czuciowo-nerwowa, inaczej odbiorcza) lub ślepotą (zanik nerwu wzrokowego). Niedostateczna produkcja energii w mięśniach szkieletowych prowadzi do osłabienia pracy mięśni, nietolerancji wysiłku fizycznego i szybkiego męczenia się, a także skurczy mięśni. Niezwykle wrażliwym narządem jest oko, w którego przypadku zaburzenia mogą mieć bardzo różną przyczynę, oprócz wcześniej wspomnianego zaniku nerwu wzrokowego bardzo często występuje porażenie mięśni zewnętrznych oka prowadzące do niemożności poruszania gałką oczną na boki (postępująca zewnętrzna oftalmoplegia), któremu zwykle towarzyszy ptóża,

czyli opadanie powiek. U wielu pacjentów obserwuje się również barwnikowe zwyrodnienie siatkówki mogące powodować całkowitą ślepotę. Innymi, bardzo częstymi objawami chorób mitochondrialnych są kardiomiopatia i cukrzyca (Rys. 1).

Chociaż większość chorób mitochondrialnych należy do schorzeń wielonarządowych, są też takie, których objawy są mocno ograniczone. Dziedziczna neuropatia wzrokowa Lebera jest izolowaną utratą wzroku, spowodowaną zanikiem nerwu wzrokowego. Również głuchota mitochondrialna oraz porażenie mięśni zewnętrznych gałki ocznej mogą występować jako objawy izolowane. Ze względu na rozległość objawów neurologicznych i okulistycznych najczęściej lekarzami, którzy rozpoznają chorobę mitochondrialną, są neurologi i okuliści.

W przypadku chorób wywołanych mutacjami w genomie mitochondrialnym badaniami klinicznymi, które mają największe znaczenie diagnostyczne, są: elektromiografia (pozwala na zaobserwowanie czynności elektrycznej mięśnia) i badania obrazowe, takie jak rezonans magnetyczny oraz spektroskopia rezonansu magnetycznego. Stwierdzenie nieprawidłowości w powyższych badaniach nie jest jednoznaczne z rozpoznaniem choroby mitochondrialnej – podobny obraz mogą dać liczne inne choroby nerwowo-mięśniowe – jednak wraz z całym wachlarzem badań laboratoryjnych, biochemicznych czy morfologicznych ułatwiają prawidłowe rozpoznanie. W przy-



Rys. 1. Najczęstsze objawy chorób mitochondrialnych

padku chorób mitochondrialnych badania laboratoryjne najczęściej wykrywają podwyższone stężenie kwasu mlekowego w surowicy krwi i/lub w płynie mózgowo-rdzeniowym. Przyczynę tego zjawiska można łatwo wyjaśnić – niewydolne oddechowo komórki przechodzą na glikolizę beztlenową, której produktem jest kwas mlekowy. Do podwyższenia stężenia kwasu mlekowego w surowicy należy jednak podchodzić z ogromną ostrożnością, gdyż czasem wystarczy, żeby zwykle mało aktywny fizycznie pacjent, śpiesząc się na badania, podbiegł do autobusu czy wbiegł po schodach, żeby badania wykazały kwasicę mlekzanową.

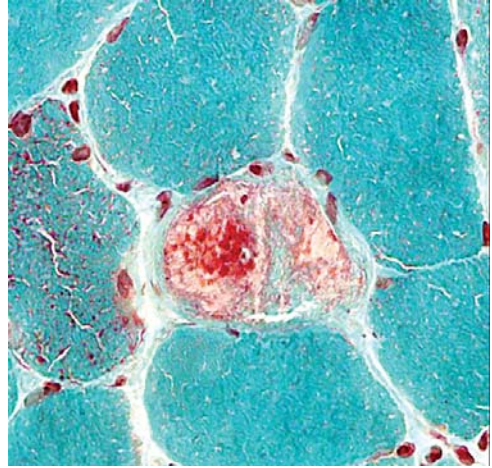
Na poziomie biochemicznym w przypadku chorób mitochondrialnych obserwuje się obniżenie aktywności komplek-

sów łańcucha oddechowego, przy czym w zależności od schorzenia może to być specyficzne obniżenie aktywności jednego z kompleksów – najczęściej I (dehydrogenazy NADH) lub IV (oksydazy cytochromowej) – albo cały system przekaźników elektronów pracuje z niską wydajnością. Stwierdzenie nieprawidłowego funkcjonowania tylko jednego z elementów łańcucha oddechowego może ułatwić wychwycenie defektu molekularnego odpowiedzialnego za chorobę, gdyż pozwala na zawężenie poszukiwań do genów związanych z jego organizacją i funkcjonowaniem. Badania biochemiczne przeprowadza się na fragmencie mięśnia pobranym podczas biopsji (bioptacie) lub wykorzystując komórki fibroblastów z hodowli założonej z bioptatu skóry pacjenta.

Niezastąpionym narzędziem diagnostycznym, w przypadku chorób mitochondrialnych, są badania morfologii mięśnia oraz mitochondriów w nim obecnych. Badanie takie wykonuje się, barwiąc cięte w poprzek skrawki bioptatu mięśnia poprzecznie prążkowanego. W stanach patologicznych po zabarwieniu preparatu trichromem Gomoriego (Rys. 2) obserwuje się zwiększoną liczbę mitochondriów zgromadzonych pod błoną komórkową.

Niedobór energii stanowi sygnał do proliferacji mitochondriów. Kolejnym przydatnym barwieniem jest barwienie histochemiczne wykrywające dehydrogenazę bursztynianową i oksydazę cytochromu c. Dehydrogenaza bursztynianowa jest w tym przypadku również wskaźnikiem liczby mitochondriów. Włókna mięśniowe, w których mitochondria nieprawidłowo funkcjonują i proliferują, wybarwiają się silnie na niebiesko (Rys. 3A, C), zaś aktywność oksydazy cytochromowej w chorobach mitochondrialnych przeważnie jest obniżona (Rys. 3B, C).

Jeśli porówna się kolejne skrawki wybarwione jak opisano wyżej, to okazuje się, że nieprawidłowo funkcjonujące mitochondria są obecne we włóknach, które silnie wybarwiają się na niebiesko i nie wykazują



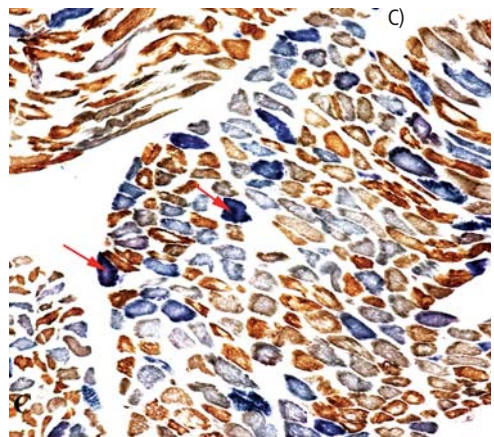
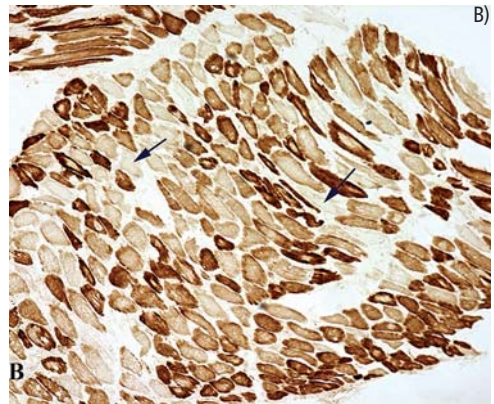
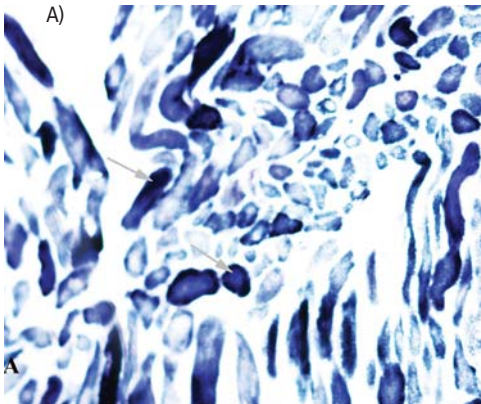
Rys. 2. Mięsień szkieletowy barwiony trichromem Gomoriego. Silne czerwone zabarwienie świadczy o nadmiernym namnożeniu mitochondriów (strzałka). Zdjęcie dzięki uprzejmości prof. Anny Kamińskiej z Kliniki Neurologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Namnożenie mitochondriów wynika z próby kompensacji przez komórkę niewydolności oddechowej

aktywności oksydazy cytochromowej (brak barwienia).

Przydatne bywa także obejrzenie struktury mitochondriów za pomocą mikroskopu elektronowego – zmieniony kształt, rozmiar i struktura grzebieni mitochondrialnych mogą świadczyć o przebiegających procesach patologicznych (Rys. 4).

### Genetyka chorób mitochondrialnych

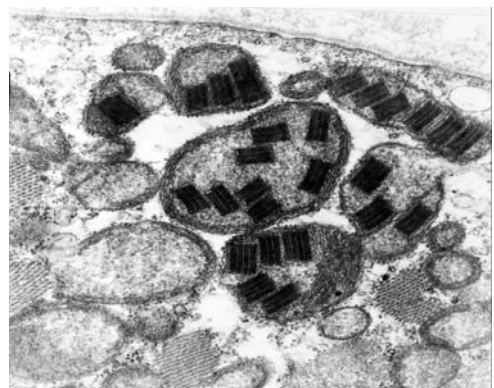
Choroby mitochondrialne, z genetycznego punktu widzenia, mogą należeć do trzech kategorii: mogą dziedziczyć się zgodnie z prawami Mendla, wykazywać dziedziczenie odmatczyne (mitochondrialne) lub mieć charakter sporadyczny. Sytuację komplikuje fakt, że niektóre, w zależności od lokalizacji mutacji, mogą dziedziczyć się w sposób mitochondrialny lub mendlowski bądź też mendlowski lub występować sporadycznie. Dodatkowo jedna mutacja może powodować wiele różnych zespołów chorobowych, a jeden zespół może być wywoływany mutacjami w wielu różnych genach.



**Rys. 3.** Barwienia histochemiczne mięśnia pozwalające na ocenę funkcjonowania łańcucha oddechowego  
 A) Silne niebieskie zabarwienie (strzałki) świadczy o wysokiej aktywności dehydrogenazy bursztynianowej z powodu nadmiernego namnożenia mitochondriów.  
 B) Włókna o słabym zabarwieniu (strzałki) wykazują niską aktywność oksydazy cytochromu c, co świadczy o nieprawidłowym funkcjonowaniu łańcucha oddechowego.  
 C) Oba barwienia na jednym preparacie. Włókna niewykazujące aktywności oksydazy cytochromowej mają silnie podwyższoną dehydrogenazę bursztynianową (strzałki)

### Dziedziczenie mitochondrialne

Mitochondrialny DNA (mtDNA) to niewielka kolista cząsteczka występująca w komórce w wielu kopiach (przeważnie kilkaset do kilku tysięcy zależnie od rodzaju komórki i jej stanu energetycznego). Koduje on zaledwie 13 z ok. 80 białek łańcucha oddechowego, tRNA niezbędny do przeprowadzenia translacji mitochondrialnych mRNA i 2 cząsteczki rRNA wchodzące w skład rybosomów mitochondrialnych. Genom mitochondrialny zawiera także niekodujący obszar zwany pętlą D, obejmujący sekwencje regulacyjne. Mitochondrialny DNA dziedziczy się wyłącznie od matki. Wprawdzie wstawka plemnika zawiera kilkadziesiąt mitochondriów, które podczas zapłodnienia wchodzą do komórki



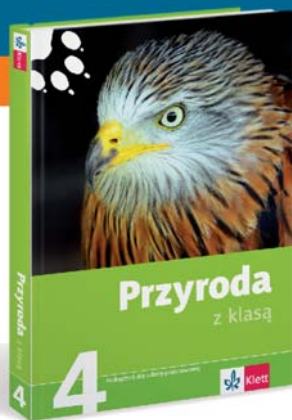
**Rys. 4.** Obraz mitochondriów w mikroskopie elektronowym. O zaburzeniach świadczyć może ich nieprawidłowa wielkość lub kształt, a także struktura grzebieni mitochondrialnych. Zdjęcia dzięki uprzejmości prof. Anny Kamińskiej z Kliniki Neurologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego



# Superpodręczniki Klett



– PODRĘCZNIKI SZYTE NA MIARĘ POTRZEB POLSKICH NAUCZYCIELI



Jakie przykłady omawiać z uczniami, gdy te z podręcznika okazują się zbyt abstrakcyjne? Czy wykonywać z nimi zadania, które są oderwane od ich doświadczenia? Jak uporać się z przytłaczającą ilością materiału? To pytania, przed którymi nauczyciel w pracy z podręcznikiem staje codziennie. Co krok pojawia się też myśl: „Napisałbym to inaczej”. Wydawnictwo Klett – jeden z największych i najbardziej cenionych wydawców edukacyjnych w Europie, odpowiada na potrzeby nauczycieli wprowadzając na polski rynek nowe serie podręczników: „Matematyka z klasą”, „Przyroda z klasą” i „Geografia XXI wieku”. Nauczyciele i uczniowie będą mogli korzystać z nich już w roku szkolnym 2012/2013.

## Napisane przez nauczycieli

O jak najlepsze dostosowanie podręczników do potrzeb uczniów zadbano od samego początku. Uwagi na temat tego, jak powinien wyglądać wymarzony podręcznik, polscy nauczyciele mogli wyrazić przed przystąpieniem do prac – przeprowadzono w tej sprawie szeroko zakrojone badania. Następnie do opracowywania podręczników Wydawnictwo Klett zaprosiło samych praktyków – dokładnie dobraną grupę nauczycieli, którzy dobrze znają zgiełk sali lekcyjnej i na co dzień przypatrują się, czym żyje najmłodsze pokolenie. – Bazujemy na tym, jak sami uczymy. Znamy te problemy, sami je przerabialiśmy – mówi Ewa Szelecka, jedna z autorek koncepcji podręcznika do matematyki.

Wszystkich autorów łączy jedno – pasja, z jaką podchodzą do pracy w szkole i dziedzinę, którą się zajmują. Własnym zaciekawieniem światem z powodzeniem zarażają uczniów, co widać w konstrukcji podręczników – napisanych przystępnym językiem, odwołujących się do przykładów z życia uczniów, np. z boiska czy placu zabaw, często korzystających z zagadek i żartów. Dopracowana szata graficzna, ilustracje i przejrzysty układ treści zachęcają do lektury, a wprowadzenie systemu powtórek po każdym rozdziale pomaga utrwalić zdobytą wiedzę.

## Ocenił przez tyście nauczycieli

Te i wiele innych zalet podręczników Wydawnictwa Klett dostrzegli uczestnicy ogólnopolskiej akcji recenzowania, w której wzięło udział kilka tysięcy nauczycieli. Wielu z nich powiedziało, że choć byli całkiem zadowoleni z podręczników używanych dotychczas, to te przedstawione im do oceny są właśnie takie, z jakich zawsze chcieli uczyć. Wśród recenzentów znaleźli się nauczyciele z całej Polski – z małych i dużych miejscowości, różniący się wiekiem, stażem, stopniem awansu zawodowego. Dzięki swojej różnorodności zespół ten maksymalnie odzwierciedlał punkt widzenia całej społeczności polskich nauczycieli.

## Po raz pierwszy w Polsce

Na rynku polskim był to pierwszy program recenzowany na tak dużą skalę, co więcej taki, w którym za rzeczywistość można uznać hasło „z nauczycielami i dla nauczycieli”. – Jest to bardzo dobry pomysł – mówi Lucyna Kamińska, z zespołu recenzentów. – Skoro nauczyciele mają korzystać z tych podręczników to powinni mieć wpływ na to, jak one są tworzone. Na podstawie swoich doświadczeń z kilku wydawnictwami wiem, że czasem muszę sama poszerzać jakieś treści, które są pominięte w podręczniku, a istotne w nauczaniu. Jest to bardzo kłopotliwe – podkreśla. Inna recenzentka, Joanna Paszkowska, dodaje: – Myślę, że zapytanie o zdanie praktyków może wiele pomóc. Dodatkowo dało nauczycielom poczucie, że mogą mieć wpływ na produkt końcowy. Ja osobiście w pierwszej kolejności sięgnęłabym po podręcznik, który został w ten sposób przetestowany.

Ewa Kiedio

SUPERPODRĘCZNIKI.PL



jajowej, jednak istnieje mechanizm aktywnego ich usuwania, tak że już po kilku podziałach nie ma ich w komórkach rozwijającego się zarodka.

Wszystkie produkty ekspresji genomu mitochondrialnego są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania mitochondrium i nie mają swoich funkcjonalnych odpowiedników kodowanych przez genom jądrowy. Zmiany sekwencji mtDNA mogą mieć dwojaki charakter: neutralny lub patogenny. Mutacje neutralne (polimorfizmy) przeważnie dotyczą wszystkich cząsteczek mtDNA obecnych w komórce/tkance/organizmie, czyli charakteryzują się homoplazmą. Są to zmiany zarówno nienaruszające sekwencji aminokwasowych kodowanych białek, jak i je modyfikujące, ale niewpływające na pełnioną przez białko lub RNA funkcję. Mutacje patogenne zwykle mają charakter heteroplazmatyczny, czyli w komórce czy tkance występują mitochondria zawierające zarówno cząsteczki o prawidłowej sekwencji, jak i z mutacją. Zmieniają one sekwencję kodowanych cząsteczek RNA i białek w taki sposób, że zaburzają ich funkcjonowanie.

Dlatego wiele mutacji patogennych nigdy nie osiąga stanu homoplazmii, najprawdopodobniej powodowałyby śmierć komórki/organizmu. Pomiędzy tkankami, a nawet komórkami tej samej tkanki, mogą wystąpić znaczne różnice w proporcji zmutowanych i niezmutowanych cząsteczek mtDNA. Istnieją oczywiście także mutacje, które u chorych występują we wszystkich, lub niemal wszystkich, cząsteczkach mtDNA, np. mutacje prowadzące do dziedzicznej neuropatii wzrokowej Lebera zwykle są homoplazmatyczne.

Kolejnym zjawiskiem charakterystycznym dla patogennych mutacji w mtDNA jest występowanie efektu progowego w przypadku heteroplazmii. Oznacza to, że choroba nie ujawnia się, dopóki udział zmutowanych cząsteczek nie osiągnie pewnej wartości, przy czym nie jest to wartość stała w każdych warunkach. To, przy jakiej proporcji występowania zmutowanych cząsteczek pojawiają

się objawy, może zależeć od tkanki, warunków środowiskowych i tła genetycznego pacjenta. Dlatego na podstawie samego udziału zmutowanych cząsteczek mtDNA trudno jest precyzyjnie określić, czy dana osoba zachoruje i jaki będzie przebieg choroby, poza ogólną zasadą, że większy udział zmutowanych cząsteczek zwykle oznacza gorsze rokowania dla pacjenta.

Bardzo dobrym przykładem mutacji, dzięki której można zaobserwować chyba wszystkie „dziwnostki” genetyki mitochondrialnej, jest mutacja 3243A>G (zmiana adeniny w guaninę w nukleotydzie 3243 mtDNA). Jest to mutacja w genie kodującym jeden z dwóch, kodowanych przez mtDNA, tRNA leucynowych (tRNA Leu1 rozpoznaje kodony UUA i UUG). Mutacja ta jest znana jako główna przyczyna zespołu MELAS [skrót od angielskiej nazwy zestawu najczęstszych objawów: miopatia (ang. *myopathy*), encefalopatia (ang. *encephalopathy*), kwasica mleczanowa (ang. *lactic acidosis*), napady udaropodobne (ang. *stroke-like episodes*)], może jednak także powodować cukrzycę z głuchotą, rzadziej miopatię mitochondrialną czy postępującą zewnętrzną oftalmoplegię (porażenie mięśni gałki ocznej z ptozą) – czyli jedna mutacja, wiele jednostek chorobowych. Różne objawy mogą wykazywać nawet członkowie tej samej rodziny.

Zajmujący się od lat pacjentami z chorobami mitochondrialnymi prof. Turnbull z Wielkiej Brytanii opisał kiedyś przypadek kobiety, która cierpiała na wyjątkowo dokuczliwe migreny. Poza tym nic jej nie dolegało, jednak u jej córki rozwinął się pełnoobjawowy zespół MELAS i dopiero wtedy okazało się, że obie są nosicielkami mutacji 3243A>G. Bardzo ciekawie wyglądają także badania poziomu tej mutacji w różnych tkankach osób chorych. Jest on zwykle niski we krwi obwodowej (mtDNA zawierają tylko leukocyty i płytki krwi, nie ma go w erytrocytach) – tłumaczy się to selekcją w kierunku wariantu dzikiego: leukocyty stale powstają z szybko dzielących się komórek prekursorowych, a te, w których jest

Tabela 1. Przykładowe choroby mitochondrialne i ich dziedziczenie

Choroba	Główne objawy	Dziedziczenie	Najczęstsze geny ulegające mutacji
Dziedziczna neuropatia wzrokowa Lebera	Utrata wzroku spowodowana zanikiem nerwu wzrokowego	Mitochondrialne	Kodowane przez mtDNA geny podjednostek dehydrogenazy NADH
MELAS	Miopatia, kwasica mleczanowa, napady udaropodobne	Mitochondrialne	Różne geny kodowane przez mtDNA, najczęściej gen tRNA Leu
Zespół Leigha	Miopatia, uszkodzenie centralnego układu nerwowego	Mitochondrialne lub autosomalne recesywne	Gen 6. podjednostki syntazy ATP kodowany przez mtDNA, SURF1 i SCO2 kodowane jądrowo
Postępujące porażenie mięśni zewnątrzgałkowych	Zaburzenie poruszania gałką oczną, opadanie powiek	Sporadyczne, autosomalne dominujące bądź recesywne	Pojedyncze delecje mtDNA, wielokrotne delecje mtDNA powodowane przez mutacje jądrowych genów POLG, helikazy Twinkle

dużo zmutowanych cząsteczek mtDNA, mogą funkcjonować nieprawidłowo i gorzej się dzielić, zatem we krwi obwodowej będzie pojawiać się mniej dojrzałych leukocytów z dużą liczbą nieprawidłowych cząsteczek mtDNA. Wysoki poziom mutacji stwierdza się zaś w mięśniach, cebulkach włosowych oraz nabłonku układu moczowego. Różnice bywają tak duże, że badanie genetyczne w kierunku tej mutacji może dać wynik ujemny dla krwi, a dodatni w przypadku mięśnia. Przy okazji mutacji 3243A>G warto wspomnieć, że w tym samym genie leucynowego tRNA, liczącym zaledwie 75 par zasad, znanych jest aż 11 patogennych mutacji, z czego 5 może powodować zespół MELAS.

Oprócz mutacji punktowych w mtDNA bardzo często (ponad połowa zdiagnozowanych u dorosłych przypadków) stwierdza się obecność dużych delecji. Usunięciu ulega obszar liczący kilka tysięcy par zasad (nawet ponad połowa cząsteczki), najczęściej jest to tzw. powszechna delecja o rozmiarze ok. 5000 par zasad. Z genetycznego punktu widzenia należy rozróżnić dwie sytuacje – pojedyncze delecje mtDNA, mające zwykle charakter sporadyczny, od wielokrotnych delecji, czyli obecności wielu różnych skróconych cząsteczek mtDNA,

które dziedziczą się zgodnie z prawami Mendla (choroby związane z delecjami: patrz Tabela 1).

Jako ciekawostkę warto dodać, że nie ma żadnej różnicy w przekazywaniu mutacji mtDNA dzieciom w zależności od płci. Chłopcy i dziewczynki w równym stopniu dziedziczą zarówno prawidłowe, jak i zmutowane cząsteczki mtDNA od matki, jednak jedna choroba mitochondrialna powodowana takimi mutacjami – dziedziczna neuropatia wzrokowa Lebera – z niewyjaśnionych przyczyn ujawnia się głównie u mężczyzn. Wśród nosicieli odpowiedzialnych za nią mutacji chorych jest 50% mężczyzn, ale zaledwie 10% kobiet.

### Dziedziczenie mendlowskie

Dotychczas poznane geny, w których mutacje odpowiadają za pojawienie się wielokrotnych delecji, związane są z utrzymaniem mtDNA w komórce bezpośrednio poprzez wpływ na jego replikację (gen mitochondrialnej polimerazy DNA – POLG, zaangażowanej w replikację helikazy Twinkle) czy pośrednio przez utrzymanie odpowiedniej puli nukleotydów w mitochondrium (gen translokatora nukleotydów adeninowych ANT1). Mutacje w tych genach mogą mieć charakter autosomalny

dominujący (POLG, ANT1, gen helikazy Twinkle) albo autosomalny recesywny (POLG). Najbardziej charakterystycznym objawem występujących w nich delecji jest postępująca zewnętrzna oftalmoplegia z ptozą. Mogą jej towarzyszyć inne zaburzenia nerwowo-mięśniowe.

W przypadku genów jądrowych oprócz wyżej opisanych, związanych z utrzymaniem mtDNA, w chorobach mitochondrialnych spotyka się mutacje w genach kodujących podjednostki łańcucha oddechowego (autosomalne recesywne i dominujące), jednak są to nieliczne przypadki. Częściej zaburzenia funkcjonowania łańcucha oddechowego wynikają z nieprawidłowego działania białek odpowiedzialnych za składanie wielopodjednostkowych kompleksów.

Przykładem genu kodującego takie białko jest gen SURF1, którego produkt odpowiada za składanie kompleksu IV łańcucha oddechowego (oksydazy cytochromowej). Mutacje w tym genie (autosomalne recesywne) są przyczyną zespołu Leigha. Zespół Leigha, podobnie jak mutacja 3243A>G, jest dobrym przykładem złożoności genetyki mitochondrialnej. Jest to ciężka choroba związana z różnorodnymi zaburzeniami funkcjonowania centralnego układu nerwowego, ujawniająca się w dzieciństwie i w najcięższej postaci, prowadząca do śmierci w pierwszych latach życia. Może się wiązać z niedoborem aktywności każdego z kompleksów łańcucha oddechowego, co od razu pokazuje, jak różnorodne mogą być genetyczne przyczyny choroby.

Najczęściej chorobę tę dziedziczy się w sposób autosomalny recesywny, np. mutacje w omówionym wyżej genie SURF1, ale także mitochondrialny (mutacje mtDNA w genie kodującym 6. podjednostkę syntazy ATP – kompleks V). Znane są przypadki dziedziczenia w sposób recesywny sprzężony z chromosomem X (gen kodujący jedną z podjednostek dehydrogenazy pirogronianowej), przy czym w przypadku mutacji jądrowych przebieg choroby jest zwykle znacznie cięższy niż w przypadku mutacji mitochondrialnych.

### Diagnostyka molekularna chorób mitochondrialnych

Diagnostyka chorób mitochondrialnych jest procesem wielostopniowym, długotrwałym i wymagającym zaangażowania specjalistów z wielu dziedzin. Dopiero analiza danych uzyskanych zarówno z wywiadu z pacjentem, badania przedmiotowego, jak i np. z badań obrazowych, laboratoryjnych, biochemicznych i morfologicznych pozwala na podjęcie decyzji o tym, czy i w jakim zakresie przeprowadzać badania genetyczne.

Zwykle najpierw, ze względu na niewielki rozmiar genomu, poszukuje się największych mutacji punktowych i delecji w mtDNA. Później, jeśli jest to potrzebne, sekwencjonuje się cały mtDNA, a dopiero kolejnym etapem może być poszukiwanie mutacji jądrowych, które jest bardzo pracochłonne i kosztowne. Etap sekwencjonowania mtDNA pomija się w przypadku wielokrotnych delecji – taki wynik jest wskazaniem do poszukiwania mutacji w genach POLG, ANT1 i helikazie Twinkle – oraz w przypadku pojedynczych delecji, które przy braku danych wskazujących na rodzinny charakter choroby uznaje się za sporadyczne i nie przeprowadza się dalszych badań.

### Leczenie chorób mitochondrialnych

Chociaż coraz lepiej znamy podłoże molekularne oraz mechanizmy patogenezy w przypadku chorób mitochondrialnych, jednak wciąż jesteśmy bardzo dalecy od wprowadzenia metod skutecznego ich leczenia. Z wyjątkiem jednej choroby – pierwotnego niedoboru koenzymu Q10 (ubichinonu), gdzie suplementacja tym właśnie związkiem pozwala pacjentom na normalne funkcjonowanie, choroby mitochondrialne leczy się objawowo. I tak np. leczenie operacyjne stosuje się w przypadku opadania powiek towarzyszącego często porażeniu mięśni zewnętrznym oka czy podaje leki przeciwpadaczkowe chorym z epilepsją.

Przeprowadzono wiele badań klinicznych mających na celu stwierdzenie przydatności koenzymu Q10 czy kreatyniny

w leczeniu chorób mitochondrialnych, jednak uzyskano sprzeczne wyniki. Pacjentom zwykle podaje się witaminy i antyoksydanty, które w teorii powinny ułatwić pracę mitochondriów i zapobiec powstawaniu wolnych rodników, jednak nie ma badań klinicznych, które w pełni uzasadniałyby takie działanie. Ciekawym zagadnieniem jest wprowadzenie ćwiczeń fizycznych jako sposobu leczenia. Z jednej strony umiarkowany wysiłek fizyczny może pacjentom z miopatią i osłabieniem mięśni pozwolić na dłuższe zachowanie samodzielności, z drugiej strony taki wysiłek zmusza mitochondria do intensywniejszej pracy, co mogłoby pogłębić ich dysfunkcję. Grupę pacjentów z delecjami mitochondrialnego DNA poddano specjalnie dla nich przygotowanemu treningowi.

Oceniano różne parametry kliniczne i molekularne, a także subiektywne samopoczucie pacjentów. Po 12 tygodniach ćwiczeń

okazało się, że wzrosła siła, a także wydolność oddechowa mięśni. Tkanka mięśniowa ulegała regeneracji, a pacjenci czuli się lepiej. A zatem umiarkowany wysiłek fizyczny może w przyszłości stać się elementem rehabilitacji pacjentów z chorobami mitochondrialnymi.

Warto zwrócić uwagę na czynniki mogące sprzyjać rozwojowi lub postępowi choroby w przypadku dziedzicznej neuropatii wzrokowej Lebera. Już wiele lat temu zaobserwowano, a niedawno obserwacje te zostały potwierdzone badaniami klinicznymi, że palenie tytoniu przyspiesza pojawienie się pierwszych objawów, a u osób chorych – przebieg choroby oraz pogarsza rokowania.

dr **KATARZYNA TOŃSKA**

Instytut Genetyki i Biotechnologii, UW



## nadmorskie **WARSZTATY PRZYRODNICZE**

więcej na stronie: [www.via.lunar.pl](http://www.via.lunar.pl)  
lub pod numerem telefonu: 602 25 18 63



# Powrót do przeszłości, czyli kartki z mitochondrialnego pamiętnika

Domena Eukariota (*Eucaryota*) obejmuje 4 królestwa: protisty, zwierzęta, rośliny i grzyby. Wszystkie je łączy posiadanie jądra komórkowego i organelli, którymi są również mitochondria otoczone podwójną błoną plazmatyczną i odpowiadające m.in. za produkcję energii w procesie oddychania komórkowego. Mitochondria zawierają własny DNA (mtDNA), którego wielkość, struktura i ilość zawartych w nim genów jest różna u różnych eukariontów.

■ AGATA KODROŃ

## Mitochondria, czyli pochodzenie ma znaczenie

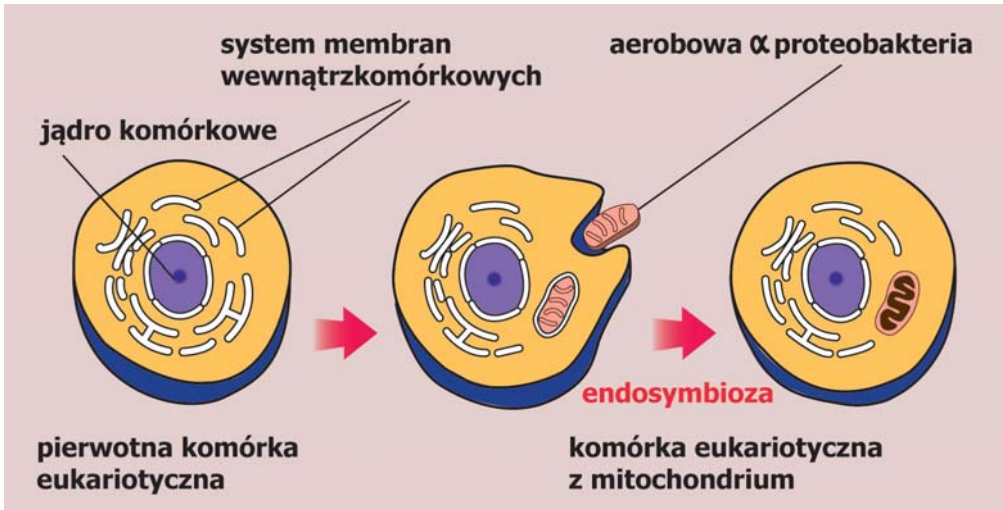
Według powszechnie akceptowanej teorii endosymbiozy, ostatecznie sformułowanej przez Lynn Margulis w 1970 roku, mitochondria powstały w momencie wniknięcia pierwotnej  $\alpha$ -proteobakterii do komórki przodka eukariontów, która był przypuszczalnie komórką anaeroba genetycznie podobnego do współczesnych archeonów (Rys. 1).

Teorię endosymbiozy wspiera fakt, że mitochondria posiadają własny genom. Badania genetyczne sugerują, że najbardziej podobne do mitochondriów są wewnątrzkomórkowe pasożyty z rodzaju *Rickettsia*, *Anaplasma* i *Ehrlichia*. Genom *Rickettsia prowazekii* częściowo utracił autonomię, tracąc połowę swoich genów. W genomie *R. prowazekii* zachowały się geny odpowiedzialne za procesy oddychania tlenowego, natomiast utracił on geny kodujące enzymy beztlenowego katabolizmu związków organicznych oraz te, których produkty ekspresji uczestniczą w syntezie aminokwasów i nukleotydów. Pasożytniczy tryb życia upodobił *R. prowazekii*, z metabolicznego

i genetycznego punktu widzenia, do mitochondrium. Najnowsze badania przeprowadzone przez amerykańskich naukowców z University of Hawai-Manoa oraz Oregon State University wskazują, że mitochondria mają wspólnego przodka z pospolitymi morskimi bakteriami SAR11. Różnice w strukturze i sekwencji genomów mitochondrialnych współczesnych eukariontów kładą zażać kilka ważnych pytań dotyczących ewolucji mitochondrialnego DNA. Co doprowadziło do tego, że współczesny mtDNA eukariontów istotnie różni się od pierwotnego genomu bakteryjnego symbionta? Jak zorganizowany był genom proto-mitochondrialny i jakie zawierał geny? Co spowodowało, że współczesne genomy mitochondrialne zwierząt, roślin i grzybów tak bardzo różnią się od siebie?

## Ewolucja genomu mitochondrialnego

Po „wchłonięciu” przez pierwotną komórkę eukariotyczną  $\alpha$ -proteobakterii z czasem doszło do uzależnienia się symbionta od składników odżywczych dostarczanych przez gospodarza, aż po pewnym czasie sym-



Rys. 1. Schemat przebiegu endosymbiozy

biont utracił niezależność i stał się organelum komórkowym-mitochondrium. Utrata niezależności symbionta była związana z redukcją jego genomu. Podczas ewolucji następowała utrata genów mitochondrialnych i, u niektórych eukariontów, pojawiły się odstępstwa od uniwersalnego kodu genetycznego. Geny, które były eliminowane podczas ewolucji mtDNA, to geny metabolizmu komórkowego, które stały się zbędne organelom wyspecjalizowanym w produkcji energii.

Część genów symbionta była eliminowana, a część została przeniesiona do jądra komórkowego gospodarza, dlatego można uznać, że ewolucja genomu mitochondrialnego miała charakter redukcyjny. Tezę tę wydają się potwierdzać wyniki sekwencjonowania mtDNA. Najbardziej „pierwotnym” z dotychczas zsekwencjonowanych wydaje się genom mitochondrialny słodkowodnego wiciowca *Reclinomonas americana*, którego mtDNA ma długość 69034 bp i zawiera wiele genów, których nie ma w mtDNA innych organizmów. Ponadto zawiera gen *rpoA-D* kodujący polimerazę RNA typu bakteryjnego, podczas gdy u innych eukariontów występuje kodowana jądrowo polimeraza RNA podobna do spotykanej u bakteriofagów T3 i T7.

Istnieje pewnego rodzaju hierarchia utraty genów. Wydaje się, że trudniej niż geny kodujące białka rybosomalne traczone są z mtDNA geny kodujące białka wchodzące w skład łańcucha oddechowego. U *R. americana* w mtDNA występuje 27 genów kodujących białka rybosomalne, podczas gdy u zwierząt i grzybów nie występuje ani jeden z nich. Żaden z oddychających tlenowo eukariontów nie utracił z mtDNA wszystkich genów kodujących białka łańcucha oddechowego. Genomy mitochondrialne eukariontów zawierają przynajmniej 3 geny kodujące podjednostki łańcucha oddechowego, z których 2, kodujące cytochrom b (*cyt b*) i 1 podjednostkę oksydazy cytochromowej (*COX1*), występują we wszystkich dotychczas zbadanych genomach mitochondrialnych. Ponadto geny *ND1*, *ND4* i *ND5* wydają się uniwersalne i można je znaleźć we wszystkich mtDNA, prócz mtDNA sporowców i niektórych drożdży (sporowce i niektóre drożdże, np. *Sacharomyces cerevisiae*, nie posiadają kompleksu I).

Znamy trzy fundamentalne przyczyny utraty przez komórki swoich genów mitochondrialnych. Pierwsza dotyczy tego, że posiadane przez protoplastę mitochondriów

geny przestały być niezbędne do jego funkcjonowania w komórce, a później również do funkcjonowania komórki. Na wczesnym etapie ewolucji genomu mitochondrialnego tracone były te geny, które były potrzebne do przeprowadzania różnych procesów metabolicznych wolno żyjącej bakterii, którą pierwotnie było mitochondrium. Kolejną przyczyną tolerowania przez komórkę utraty genów było zastępowanie funkcji utraconych genów przez produkty ekspresji innych, wcześniej istniejących. Zwykle miało to miejsce po duplikacji genów w genomie jądrowym, gdzie jedna z kopii była odpowiedzialna za produkcję białek niezbędnych mitochondrium. Tolerancja utraty genów z genomu mitochondrialnego była również związana z ich przeniesieniem do genomu jądrowego. Wyniki analiz sugerują, że ostatni sposób redukcji genomu mitochondrialnego, w czasie ewolucji mitochondriów, był najczęstszy. Transfer genów mitochondrialnych do jądra komórkowego może mieć dwojaki skutek. Konsekwencją transferu mitochondrialnego genu z mitochondriów do jądra komórkowego może być powstanie funkcjonalnego genu lub pseudogenu mitochondrialnego (pseudogen to fragment DNA przypominający geny, lecz nieulegający transkrypcji). W genomie człowieka i innych zwierząt i roślin odkryto wiele pseudogenów mitochondrialnych. Czynnikiem, który mógł promować transfer genów mitochondrialnych do jądra komórkowego, było zapobieganie efektowi zapadki Mullera (patrz *Państwo w państwie*) oraz mutagenemu działaniu wolnych rodników występujących w dużej ilości w mitochondrium.

### Różnorodność mtDNA u eukariontów

Genomy mitochondrialne różnych gatunków różnią się zarówno organizacją, zawartymi w nich genami, jak i ekspresją tych ostatnich. Występują zarówno koliste, jak i liniowe cząsteczki mtDNA. Istnieje teoria mówiąca, że liniowy mtDNA wyewoluował z kolistego.

Struktura mtDNA bywa odmienna nawet u blisko ze sobą spokrewnionych orga-

nizmów, a nawet organizmów reprezentujących różne linie ewolucji tego samego gatunku, co wyklucza możliwość, że koliste i liniowe genomy mitochondrialne stanowią osobne linie ewolucyjne. Przykładem mogą być zielenice z klasy *Chlorophyceae*. *C. reinhardtii* i *C. smithii* posiadają genom mitochondrialny w formie liniowej, podczas gdy *C. moewusii* i *C. eugametos* mają koliste mtDNA. Podobną sytuację można zaobserwować u drożdży z rodzaju *Candida*, *Williopsis* i *Pichia*.

Geny mitochondrialne można podzielić na trzy klasy: kodujące rRNA, tRNA i białka. Dwa główne geny kodujące rRNA, wchodzące w skład małej i dużej podjednostki rybosomu, występują we wszystkich mtDNA. Gen dla 5SrRNA występuje tylko u *Reclinomonas americana*, roślin lądowych i glonów: zielenic, brunatnic i krasnorostów. Jego brak u pozostałych eukariontów sugeruje wiele oddzielnych delecji tego genu, jakie miały miejsce w czasie ewolucji genomu mitochondrialnego. Brak genów dla 5SrRNA w mtDNA większości eukariontów można tłumaczyć jego zastąpieniem przez cytoplazmatyczny odpowiednik, jak to ma miejsce u zwierząt, oryginalnie kodowany w jądrze komórkowym lub przeniesiony do jądra komórkowego z mitochondriów. Liczba genów kodujących tRNA i białka jest różna u różnych gatunków. Genów kodujących tRNA może być od 0 u sporowców do 27 u wielu różnych eukariontów. Nie ma dowodów na transfer mitochondrialnych tRNA do genomu jądrowego, dlatego utratę genów tRNA tłumaczy się zastąpieniem mitochondrialnych tRNA przez kodowane w jądrze komórkowym. Z czasem tRNA kodowane jądrowo podwoiły swoje funkcje, stając się cząsteczkami transportującymi aminokwasy zarówno w cytoplazmie, jak i w mitochondriach. Podobnie do genów kodujących tRNA geny kodujące białka mitochondrialne również są bardzo zróżnicowane u eukariontów.

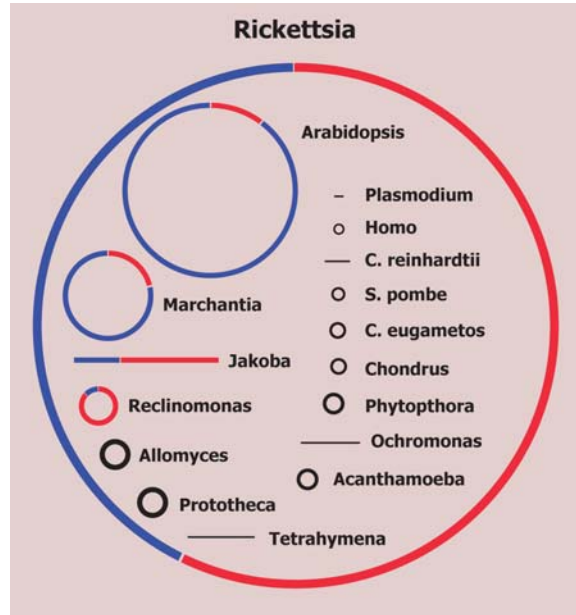
W mtDNA genów kodujących białka może być od 3, np. u wywołującego malarię pierwotniaka *Plasmodium falciparum*,



do 67 występujących w mitochondrialnym genomie *R. americana*. Co ciekawe, *Rickettsia* posiada jedynie 834 geny kodujące białka, podczas gdy jej żyjący na wolności kuzyn –  $\alpha$ -proteobakteria, np. *Caulobacter*, aż 3600.

Wielkość genomów mitochondrialnych waha się w zakresie od poniżej 6 tys. par zasad (kbp) u *P. falciparum* do ponad 200 kbp u roślin lądowych. Genom mitochondrialny *Arabidopsis thaliana* jest największy z dotychczas poznanych, jego wielkość wynosi 366 924 par zasad (bp). Ilość genów w mtDNA roślin wynosi od 50 do 70. Wielkość obszaru niekodującego u roślin przekracza 80% całego genomu mitochondrialnego.

Ewolucja genomu mitochondrialnego u zwierząt przebiegała w znacząco inny sposób niż u roślin. Genomy mitochondrialne zwierząt są małymi cząsteczkami, zazwyczaj o długości około 16 kbp. U zwierząt



Rys. 2. Różnorodność mitochondrialnego DNA u eukariotów w porównaniu z genomem *R. prowazekii*. Linie i koła przedstawiają odpowiednio liniowe i koliste genomy. Na schematach genomów, których wielkość przekracza 60 tys. par zasad, na czerwono zaznaczono fragmenty DNA o znanej, a na niebiesko – o niezidentyfikowanej funkcji

Tabela 1. Różnorodność mitochondrialnego DNA

mtDNA	Zwierzęta	Rośliny	Grzyby
Wielkość genomu	od 14 do 42 kbp (średnio 16 kbp)	od 2,4 do ok. 200 kbp	od 17 do 180 kbp
Zdolność do rekombinacji	Nie	Tak	Tak
Wielkość obszaru niekodującego	Mały	Duży	Zróżnicowana
Obecność intronów	Nie (jedynie znaleziono u ukwiata <i>M. senile</i> )	Tak	Tak
Uniwersalny kod genetyczny	Nie	Tak	Zazwyczaj
Częstość mutacji	Wysoka	Bardzo niska	Niska
Geny	13 kodujących białka: 3 podjednostki oksydazy cytochromowej, cytochrom b, 7 podjednostek dehydrogenazy NADH, 2 geny ATPazy, 2 geny rRNA, 22 geny tRNA	Różne zestawy genów: podjednostki oksydazy cytochromowej, cytochrom b, podjednostki ATPazy, gen 5SrRNA	Podobnie jak u zwierząt, ale u niektórych grzybów mtDNA nie koduje podjednostek NADH, inne grzyby nie zawierają 3 genów ATPazy

mtDNA jest kolisty i poza kilkoma wyjątkami zawiera 37 genów, których pierwotne transkrypty nie posiadają intronów. Ewolucja mtDNA u zwierząt wyższych charakteryzowała się nie tylko redukcją wielkości samego genomu, ale także tendencją do jak najbardziej zwartego ich rozmieszczenia. Z kolei ewolucja genomu mitochondrialnego roślin była nastawiona na zwiększanie jego wielkości i zdolności do rekombinacji. Różne genomy mitochondrialne pokazano na Rys. 2.

W mtDNA zwierząt, w przeciwieństwie do roślin i grzybów, nie stwierdzono zachodzenia rekombinacji. Zestaw podstawowych cech mitochondrialnego DNA zwierząt, roślin i grzybów przedstawiono w Tabeli 1.

### **Dlaczego komórki zachowują genom mitochondrialny?**

Utrzymywanie genomu poza jądrem komórkowym wymaga od komórki produkcji wielu białek uczestniczących w replikacji DNA, transkrypcji, obróbce RNA, translacji i regulacji ekspresji genów. Skoro zachowanie genomu mitochondrialnego wymaga produkcji tak wielu białek, dlaczego mitochondria wciąż posiadają własny genom? Jedną z hipotez zakłada, że niektóre białka są tak wysoce hydrofobowe, że nie jest możliwy ich transport z cytozolu poprzez błony mitochondrialne.

Eksperymenty *in vitro* wykazały, że transport białka COX2 poprzez błony mitochondrialne jest niemożliwy, chyba że usunie się jego pierwszą domenę transbłonową, co zmniejsza jego hydrofobowość. Inna hipoteza dotycząca zachowania genów mitochondrialnych sugeruje, że niektóre białka mitochondrialne byłyby toksyczne, gdyby występowały w cytozolu. Trzecia zakłada, że zachowanie niektórych genów mitochondrialnych jest spowodowane tym, że wytwarzanie niektórych białek jest bezpośrednio regulowane przez stan redoks przenośników elektronów. Jest to tzw. teoria CORR (ang. *CO-location for Redox Regulation*). Niestety do dziś wykonano zbyt mało doświadczeń, by potwier-

dzić teorię CORR. Ostatnia hipoteza dotyczy kodu genetycznego mtDNA, który u zwierząt różni się od uniwersalnego.

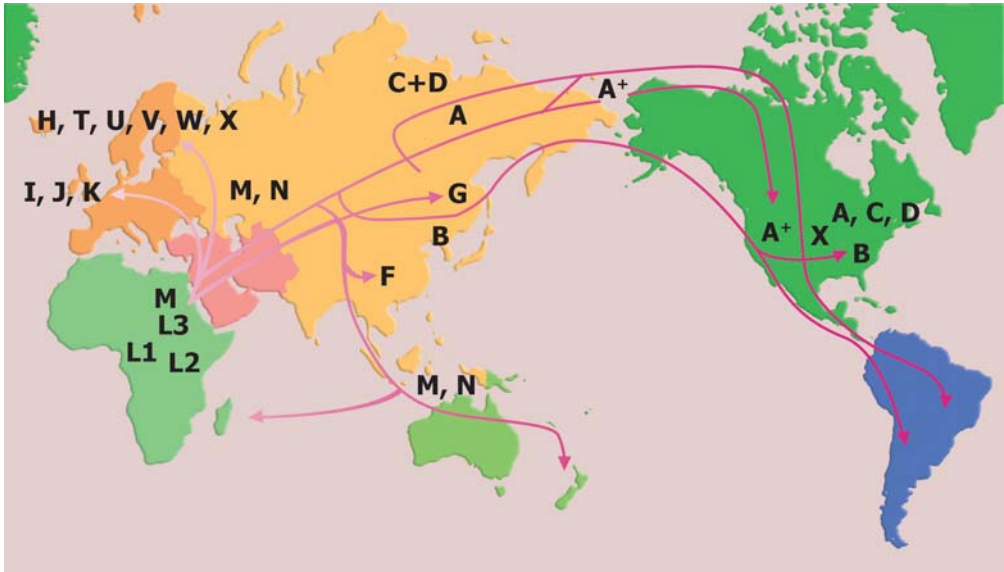
Niektóre kodony w genach mitochondrialnych różnią się, kodując inne aminokwasy niż ich jądrowe odpowiedniki, co może stanowić przeszkodę w transferze niektórych genów do jądra komórki. Odmienność mitochondrialnego kodu genetycznego mogłaby spowodować nieprawidłową ekspresję genów przetransportowanych z mitochondrium do jądra komórkowego, czego skutkiem byłoby wytwarzanie nieprawidłowych białek.

### **Tropem naszych przodków, czyli historia zapisana w DNA**

Badając ewolucję mtDNA, możemy uzyskać wgląd w historię różnych gatunków, w tym dla nas najciekawszą, historię człowieka. Sekwencjonowanie mtDNA znalazło szerokie zastosowanie w badaniu ewolucji ludzi i ich migracji. O wykorzystaniu mtDNA w badaniach ewolucyjnych zdecydowało kilka jego właściwości: występowanie mtDNA w dużej liczbie kopii w jednej komórce, dziedziczenie wyłącznie po matce, brak rekombinacji oraz wyższa częstość mutacji niż w genomie jądrowym.

Brak rekombinacji powoduje, że wszyscy potomkowie w linii żeńskiej mają taki sam mtDNA. Genom mitochondrialny w ciągu tysięcy lat ewolucji ulegał modyfikacjom wynikającym z nagromadzenia szeregu mutacji. Koncepcja tzw. zegara molekularnego zakłada, że ilość mutacji nagromadzonych w materiale genetycznym odzwierciedla czas, jaki dzieli nas od naszego przodka. Powyższe oraz różnorodność współczesnej puli mtDNA powoduje, że w genomie mitochondrialnym zawarty jest historyczny zapis dotyczący ekspansji ludzi w różne rejony świata. Dlatego mtDNA stał się ważnym narzędziem pozwalającym na poznanie historii migracji naszego gatunku.

Porównując sekwencje nukleotydowe mtDNA, podzielono je na warianty zwane haplogrupami. W obrębie jednej haplogrupy poszczególne osoby posiadają mtDNA



Rys. 3. Występowanie na Ziemi ludzi o specyficznych haplogrupach mtDNA i wydedukowane, na podstawie ich sekwencji i występowania, szlaki wędrówek naszych przodków

o sekwencji nukleotydowej, charakterystycznej dla danej haplogrupy (nie oznacza to identycznych sekwencji nukleotydowych). Każda z obecnie występujących haplogrup ma swoją historię, gdyż powstała w określonym miejscu i czasie. Najstarsze mutacje w naszym mtDNA pojawiły się w Afryce około 150–190 tys. lat temu. Kolejne datowane na 60–80 tys. lat powstały w Azji. Powyższa informacja sugeruje, że ludzie pochodzą z Afryki, skąd potem wyruszyli w podróż do innych rejonów świata.

Zegar molekularny pozwala obliczyć, kiedy żyli założyciele danej haplogrupy. Wiedza ta pozwoliła na postawienie hipotezy, że kobieta, od której wywodzą się wszyscy ludzie, którzy zasiedlili naszą planetę, żyła w Afryce około 150 tys. lat temu – tzw. mitochondrialna Ewa.

W Afryce występują cztery główne haplogrupy: L0, L1, L2 i L3, wyodrębnione z makrohaplogrupy L. Ludzie należący do haplogrupy L3 około 60 tys. lat temu wyruszyli na podbój Eurazji. Najpierw zasiedlili Półwysep Arabski, stamtąd część z nich udała się do południowej Azji, a część ruszyła

w kierunku północno-zachodnim, by około 50 tys. lat temu wkroczyć do Europy. Wszyscy ludzie mieszkający poza Afryką są potomkami nosicielki haplogrupy L3. Każda kolejna haplogrupa zawiera markery charakterystyczne dla haplogrupy, z której powstała, oraz dodatkowe markery charakterystyczne tylko dla niej samej. Jedyni ludzie, którzy nie posiadają markerów charakterystycznych dla haplogrupy L3, mieszkają w Afryce. Haplogrupy charakterystyczne wyłącznie dla Afryki to: L0, L1 i L2. Ludzie wywodzący się z L0 i L1 zamieszkują obecnie tereny zachodniej Afryki. Te dwie haplogrupy występują też u Bantu, grupy plemion afrykańskich zamieszkujących tereny stepowe centralnej Afryki. L2 występuje u ludzi z terenów subsaharyjskich.

Z podhaplogrupy L3 we wschodniej Afryce wyodrębniły się podhaplogrupy M i N. Ludzie, którzy je mieli, rozprzestrzenili się na terenie Eurazji i w Nowym Świecie. Haplogrupa M jest najstarszą podhaplogrupą wyodrębnioną z L3 i datowana jest na 75 tys. lat. Ludzie posiadający haplogrupy od M2 do M6 występują z najwyższą częstością

w południowych Indiach i w Bangladeszu. M7 można znaleźć u Japończyków. Haplogrupa N powstała około 65 tys. lat temu. Występuje ona u ludzi, których przodkowie po opuszczeniu Afryki skierowali się na północny zachód. Podhaplogrupą wywodzącą się z N jest haplogrupa R, która dała początek wszystkim obecnie występującym haplogrupom mitochondrialnym Europejczyków. Najbardziej charakterystyczne dla mieszkańców Europy są haplogrupy: H, U, T, J, K, I, W i V, natomiast dla Azjatów i tubylców z Nowego Świata charakterystyczne są haplogrupy: A, B, C i D. Migrację ludzi określoną na podstawie rozkładu haplogrup na różnych kontynentach przedstawiono na Rys. 3.

### Podsumowanie

Analiza porównawcza genomów mitochondrialnych różnych eukariontów dostarczyła nowych informacji o procesach, jakie wpływały na różnicowanie tego genomu, i określiła przypuszczalne właściwości pierwotnego mtDNA. Jednak mimo że znamy sekwencje nukleotydowe wielu genomów mitochondrialnych, wciąż nie ma odpowiedzi na wiele pytań dotyczących ewolucji mitochondriów. Aby lepiej zrozumieć początki i ewolucję mtDNA, należy poznać kolejne bakterie o genomach jeszcze bardziej podobnych do mitochondrial-

nego niż obecnie znane. Badania mtDNA dają również wgląd w historię wielu gatunków, w tym człowieka. Poznanie polimorfizmu mtDNA współczesnych zbiorowości ludzi pozwala odtworzyć historię zasiedlenia Europy, wędrówkę naszych przodków do Nowego Świata, kolonizację terenów wokół Pacyfiku czy zasiedlenia Australii.

mgr **AGATA KODROŃ**

Instytut Genetyki i Biotechnologii, UW

### PIŚMIENNICTWO

- Adams K. L., Palmer J. D., *Evolution of mitochondrial gene content: gene loss and transfer to the nucleus*, „Molecular Phylogenetics and Evolution” 2003, nr 29, s. 380–395.
- Golik P., *Pochodzenie i ewolucja genomu mitochondrialnego*, „KOMOS. Problemy Nauk Biologicznych” 2009, nr 58, s. 547–554.
- Gray M. W., Burger G., Cedergren R., Goldin G. B., Lemieux C., Sankoff D., Turmel M., Lang B. F., *A genomics approach to mitochondrial evolution*, „The Biological Bulletin” 1999, nr 196, s. 400–403.
- Gray M. W., Burger G., Lang B. F., *Mitochondrial evolution*, „Science” 1999, nr 283, s. 1476–1481.
- Grzybowski T., *Filogenetyczny sens*, „Genetyka i Prawo” 2009, nr 1 (4), s. 12–13.
- Lang B. F., Gray M. W., Burger W., *Mitochondrial genome evolution and the origin of Eukaryotes*, „Annual Review of Genetics” 1999, nr 33, s. 351–397.
- Nosek J., Tomáška L., *Mitochondrial genome diversity: evolution of the molecular architecture and replication strategy*, „Current Genetics” 2003, nr 44, s. 73–84.
- Pakendorf B., Stoneking M., *Mitochondrial DNA and human evolution*, „Annual Review of Genomics and Human Genetics” 2005, nr 6, s. 165–183.

*Drodzy Czytelnicy*

*Życzymy Wam  
wesołych Świąt Bożego Narodzenia  
i pomyślności w Nowym Roku.*

*Redakcja*

[www.scholaris.pl](http://www.scholaris.pl)



## Zaprasza nauczycieli do nieodpłatnego korzystania z zasobów edukacyjnych i narzędzia do tworzenia autorskich lekcji.

Platforma internetowa **Scholaris.pl** jest stale aktualizowaną bazą materiałów edukacyjnych dla nauczycieli.

### Zawiera:

- ▶ zasoby zgodne z nową podstawą programową i z najnowszymi trendami nauczania i wychowania;
- ▶ rezultaty projektów edukacyjnych finansowanych ze środków publicznych, w szczególności współfinansowanych przez Unię Europejską;
- ▶ linki do ciekawych edukacyjnych materiałów w Internecie – tzw. zasoby zewnętrzne;
- ▶ wykaz dopuszczonych przez Ministerstwo Edukacji Narodowej podręczników do użytku szkolnego;
- ▶ narzędzie dla nauczycieli do tworzenia lekcji.

*Człowiek – najlepsza inwestycja*

# „Czasopismo Przyrodnicze” (1927–1939) i jego oblicze pedagogiczne

■ JAN WNEK

W czasach II Rzeczypospolitej nastąpił rozwój polskiej myśli pedagogicznej z zakresu nauk przyrodniczych. Niektórzy z ówczesnych teoretyków i praktyków kształcenia wyrażali przekonanie, że zarówno nauczyciele, jak i uczniowie powinni obficie korzystać z literatury popularyzującej wiedzę biologiczną. Zachęcali do czytania książek, a także czasopism przekazujących gros informacji na temat botaniki i zoologii.

Niektóre z periodyków stanowiły cenne źródło nie tylko informacji, ale także inspiracji do wyczerpanej pracy na niwie oświatowej. Czasopisma pedagogizowały czytelników, wskazując na postęp i zachodzącą zmianę w edukacji biologicznej, potrzebę udoskonalania metod dydaktycznych. W okresie międzywojennym jednym z takich wydawnictw było „Czasopismo Przyrodnicze” – organ Towarzystwa Przyrodniczego im. Stanisława Staszica w Łodzi i Polskiego Przyrodniczego Towarzystwa Pedagogicznego. Na jego łamach poruszano zróżnicowaną problematykę. Redaktorem naczelnym pisma był Edward Mieczysław Potęga<sup>1</sup>.

Wydawcom „Czasopisma Przyrodniczego” przyświecała myśl popularyzowania wiedzy przyrodniczej. Wierzyli oni, że poprzez druk bogatych pod względem mery-

torycznym artykułów przyczynią się do pogłębienia wśród społeczeństwa znajomości życia roślin i zwierząt. Autorzy współpracujący z redakcją pisma dokonywali szczegółowych obserwacji przyrody, przeprowadzali eksperymenty. O tych kwestiach pisali w sposób jasny, zrozumiały dla czytelników<sup>2</sup>.

## Ogólne uwagi o dydaktyce biologii

Po odzyskaniu przez Polskę niepodległości przystąpiono do nowej organizacji polskiego szkolnictwa. Zmieniano wówczas programy nauczania, podkreślając potrzebę wprowadzenia nowatorskich elementów do procesu dydaktycznego<sup>3</sup>. Wśród specjalistów z zakresu nauk przyrodniczych brak było jednomyślności odnośnie do metod i treści kształcenia. Uwidaczniało się dążenie do stworzenia oryginalnego programu dostosowanego do ówczesnych warunków.

Zygmunt Podgórski, wizytator Kuratorium Okręgu Szkolnego Łódzkiego, pisał na łamach „Czasopisma Przyrodniczego”, że celem nauki przyrody powinno być z „jednej strony zaznajomienie młodzieży z najważniejszymi zjawiskami i prawami przyrody żywej i martwej, z drugiej zaś zaprawienie do bystrej i ścisłej obserwacji oraz wyrobienie zdolności logicznego my-

<sup>1</sup> W. Kaszubina, *Bibliografia prasy łódzkiej 1863–1944*, Łódź 1967, s. 34.

<sup>2</sup> *Od Redakcji*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1927, npg.

<sup>3</sup> S. I. Możdżeń, *Historia wychowania 1918–1945*, Sandomierz 2006.

ślenia. Koroną zaś ma być wyrobienie inicjatywy i samodzielności w pracy, zręczności i praktyczności<sup>4</sup>. W omawianym piśmie podkreślano, że w nauczaniu przyrody wyłaniają się zagadnienia nowe, które muszą być uwzględnione w programie nauczania. Zaliczano do nich m.in. zagadnienie morfologii rozwojowej i systematyki roślin kwiatowych. Akcentowano także potrzebę nawiązywania podczas zajęć lekcyjnych do osiągnięć przodków, którzy tworcy przyczynili się do rozwoju nauk przyrodniczych<sup>5</sup>.

Nauka biologii miała za zadanie nie tylko kształcić młodzież, ale także ją wychowywać w duchu ideałów patriotycznych. Na ten problem zwrócono uwagę w „Czasopiśmie Przyrodniczym” u schyłku okresu międzywojnia, kiedy sytuacja międzynarodowa stawała się coraz bardziej napięta i istniało niebezpieczeństwo wybuchu wojny. Znany autor prac pedagogicznych, Ludwik Jaxa-Bykowski, w artykule *Pierwiastek patriotyczny w nauczaniu przyrody* przekonywał, że poznanie przyrody ojczyzny jest ważnym czynnikiem przy kształceniu uczuć patriotycznych: „Właściwe przedstawienie całości przyrody naszego kraju tak martwej jak żywej, w całym bogactwie i różnorodności, od szumnego Bałtyku po wyniosły łuk Karpat z piachami Mazowsza, jeziorami Wielkopolski i Pomorza, puszciami Podlasia, Wileńszczyzny i Beskidów, ze stepem podolskim i smętnymi bagnami Polesia, bogactwem kopalnianym Zagłębia i Podkarpacia, rozszerzy tę miłość z regionalnego pobliza na całość, pogłębi rozumowo, nauczy Ojczyznę nie tylko miłować, lecz i cenić”<sup>6</sup>.

Ludwik Jaxa-Bykowski twierdził, że nauki biologiczne tylko wtedy będą kształcić

uczniów pod względem narodowym, gdy ułożony zostanie odpowiedni program nauczania, a następnie będzie realizowany we właściwy sposób. Pedagog radził czytać podczas lekcji teksty ukazujące polską przyrodę, przekonywać uczniów o potrzebie ochrony rzadkich gatunków roślin i zwierząt. Dla autora było rzeczą oczywistą, że także zjawiska dziedziczności winny być omawiane na przykładach rodzimych, na polskich zwierzętach (króliki, gołębie) i roślinach. W ocenie Bykowskiego w programie nauczania nie można także pominąć elementów antropologii<sup>7</sup>.

Bykowski nie był jedynym, który głosił potrzebę edukacji patriotycznej młodzieży, wpajania jej potrzeby miłości ojczyzny przyrody, konieczności jej ochrony. W 1930 r. w „Czasopiśmie Przyrodniczym” L. Rewieński wyrażał pogląd, że polskie społeczeństwo jest bierne wobec dewastacji rodzimej flory i fauny.

Autor głęboko wierzył, że odpowiednia działalność edukacyjna i wychowawcza przyczyni się do ochrony przyrody: „Jeżeli – przekonywał – dopomożemy młodzieży do wyzbycia się niszczycielskiego instynktu, namiętności rabusiów, porywających bez zastanowienia to, co ładniejsze, jeśli nie ustaniemy we wpajaniu w nią szacunku do otaczającej wolnej natury, jeśli wytrwale będziemy ją uczyć kochać zwierzęta i rośliny w ich naturalnym środowisku, jeżeli zrobimy z niej rycerzy, stojących w obronie godności natury, dopiero wtedy będziemy mieli społeczeństwo, które tę naturę ochroni”<sup>8</sup>.

Rewieński, omawiając metody edukacji przyrodniczej dzieci, zalecał m.in. zwracanie na lekcjach uwagi na potrzebę ochrony ptaków.

<sup>4</sup> Z. Podgórski, *Stan pracowni przyrodniczych w szkołach powszechnych na terenie województwa łódzkiego*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1931, s. 54.

<sup>5</sup> J. Kołodziejczyk, *Uwagi nad nauczaniem botaniki*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1931, s. 321–323.

<sup>6</sup> L. Jaxa-Bykowski, *Pierwiastek patriotyczny w nauczaniu przyrody*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1937, s. 180.

<sup>7</sup> Ibidem, s. 184.

<sup>8</sup> L. Rewieński, *Szkoła wobec zagadnienia ochrony ptaków w mieście i osiedlach*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1930, s. 14.

O nowatorstwie w podejściu redakcji „Czasopisma Przyrodniczego” do zagadnień pedagogicznych świadczy bez wątpienia fakt podkreślania na łamach pisma potrzeby wykorzystywania podczas lekcji biologii nowoczesnych urządzeń technologicznych, umożliwiających lepsze zrozumienie omawianej problematyki. Wyrażano przekonanie, że nauczanie nie może być oparte wyłącznie na podręczniku lub wykładzie<sup>9</sup>. W „Czasopiśmie Przyrodniczym” pisano o kształcącej roli fotografii<sup>10</sup> i filmu w edukacji biologicznej<sup>11</sup>.

### Edukacyjna i wychowawcza rola ogrodu szkolnego

W omawianym okresie twórcy nowych programów nauczania dla szkół postulowali uwzględnienie podczas lekcji biologii zajęć ogrodniczych, uznając, że takie prace stanowią wyraz nowoczesnej myśli pedagogicznej<sup>12</sup>. Nie dziwi więc fakt, że na łamach „Czasopisma Przyrodniczego” rozważano to zagadnienie dosyć często. Autorzy uzasadniali znaczenie ogrodu szkolnego w wychowaniu i nauczaniu, przekonując, że zakładanie ogrodów botanicznych przyszkolnych jest zagadnieniem niezmiernie ważnym, ponieważ ułatwia i urozmaica edukację przyrodniczą<sup>13</sup>.

W czasach II Rzeczypospolitej dział ogrodnictwa szkolnego był zaniedbany. Zarówno szkoły powszechne, jak i średnie w większych i mniejszych miastach niemal nie posiadały własnych ogródków. Uniemożliwiało to praktyczną naukę przyrody, która ograniczała się do teorii, nie zawsze

zrozumiałej dla młodych uczniów<sup>14</sup>. W 1929 r. w „Czasopiśmie Przyrodniczym” program prac w ogrodzie szkolnym skreślił Emil Jarmulski. Wyjaśnił kwestie związane z siewem i wegetacją roślin, radząc, aby uczniowie obserwowali: różnice pomiędzy wzrostem nasion wysianych do ziemi spulchnionej i ubitej (które z nich szybciej wykiełkuje); różnice w rozwoju roślin jednoletnich i wieloletnich.

Autor za ważne uznawał również sadzenie przez młodzież szkolną pędów podziemnych (cebule, bulwy, kłącza); sadzenie korzeni roślin dwu- i wieloletnich (korzeń stożkowaty, kulisty, bulwiasty); przesadzanie sadzonek (kapusty, goździków itp.). W swych rozważaniach nie pominął również prac związanych z rozmnażaniem wegetatywnym roślin, szczepieniem, nawożeniem.

Uważał, że wszystkie te prace powinny nauczyć dzieci obserwacji, wyciągania wniosków, utwierdzić je w przekonaniu, że tylko staranna i wytrwała praca w ogrodzie stwarza roślinom odpowiednie warunki do rozwoju. Dzięki zajęciom w szkolnym ogrodzie uczniowie poznawali nazwy roślin, ich budowę i znaczenie gospodarcze<sup>15</sup>.

Przedmiotem rozważań ze strony autorów publikujących w „Czasopiśmie Przyrodniczym” stała się kwestia uprawy roślin wodnych i błotnych w szkolnym ogrodzie botanicznym. Miała ona umożliwić uczniom obserwowanie u roślin wodnych różnicy w budowie anatomicznej i morfologicznej – w porównaniu z roślinnością łą-

<sup>9</sup> R. Dreżepolski, *Zastosowanie projekcji mikroskopowej przy nauce przyrody*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1927, s. 169.

<sup>10</sup> P. Ordyński, *Szkolna pracownia fotograficzna na usługach nauczania przyrody i geografii*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1930, s. 29.

<sup>11</sup> H. Michcińska, *Film jako pomoc szkolna dla nauk przyrodniczych*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1929, s. 100–102.

<sup>12</sup> H. Szafranówna, *Ogrody szkolne w szkołach powszechnych*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1937, s. 190.

<sup>13</sup> E. M. Potęga, *Spis i ugrupowania roślin dla przyszkolnych ogródków botanicznych*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1930, s. 119.

<sup>14</sup> A. Kozłowska, *O znaczeniu ogrodu szkolnego dla nauczania przyrody w szkołach*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1927, s. 35.

<sup>15</sup> E. Jarmulski, *Program prac w ogrodzie szkolnym*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1929, s. 96–98.



dową<sup>16</sup>. Szkołom, w których nie było odpowiednich warunków do utworzenia ogrodu botanicznego, radzono sadzić rośliny w beczkach z wodą.

### Rola wycieczek i lektury biologicznej

Część autorów współpracujących z redakcją „Czasopisma Przyrodniczego” pouczała czytelników, że koniecznym warunkiem efektywnego nauczania biologii jest organizowanie wycieczek przyrodniczych. Twierdzono, że podczas nich wzrośnie wśród uczniów zainteresowanie florą i fauną, zamilowanie do istot żywych. Wycieczki przyrodnicze były cennym środkiem nauczania, szczególnie dla młodzieży miejskiej.

W 1937 r. ukazał się w „Czasopiśmie Przyrodniczym” artykuł Jakuba Łukasiaka pt. *Wycieczki przyrodnicze w gimnazjum i ich realizacja*. Autor scharakteryzował warunki, jakie jego zdaniem powinny być zachowane, aby wycieczki dawały pozytywne rezultaty. Zaliczał do nich: dokładną znajomość terenu przez kierownika wycieczki; sprecyzowanie przez niego celów dydaktyczno-naukowych, jakie młodzież powinna realizować podczas wycieczek; wykorzystanie zgromadzonego materiału na lekcjach w szkole. Łukasiak opowiadał się za organizowaniem wycieczek w różne miejsca: do muzeów przyrodniczych, do ogrodów botanicznych, zoologicznych, do lasu, na łąkę, nad staw itp. W jego przekonaniu podczas wycieczek młodzież powinna uważnie obserwować życie zwierząt i roślin, sporządzać krótkie notatki<sup>17</sup>.

Wydawcy „Czasopisma Przyrodniczego” zwracali uwagę na znaczenie literatury przyrodniczej w edukacji szkolnej. Emil Jarmulski w artykule *Charakter i właściwości współczesnej lektury przyrodniczej*

*z uwzględnieniem czasopism przyrodniczych dla młodzieży* ujawniał braki współczesnych mu książek przyrodniczych. Zauważał, że brak jest w nich treści naukowych, które były zastępowane beletrystycznymi opisami, fałszującymi rzeczywistość biologiczną: „Wydobywanie – wyjaśniał autor – efektów literackich i poetyckich kosztem uczłowiczenia zwierząt może nie razić literata, jednakże dla przyrodnika książki takie są w całości bezwartościowe. Stanowczo więc nie należy się kierować choćby bardzo głośnym nazwiskiem, jeżeli chodzi o włączenie jakiejś książki o takim charakterze do biblioteki przyrodniczej. Młody czytelnik interesuje się wówczas raczej fabułą aniżeli zwierzętami, które zasadniczo odgrywają rolę drugorzędną. Są one jedynie akcesoriami do uświetnienia akcji, do kreowania bohatera, a nie do rozszerzenia horyzontu myśli przyrodniczej”<sup>18</sup>. Jarmulski zachęcał do lektury książek opisujących w sposób profesjonalny życie zwierząt. Autor uważał, że książka przyrodnicza powinna inspirować młodzież do pogłębiania wiedzy biologicznej.

„Czasopismo Przyrodnicze” stanowi dla nas interesujące źródło informacji o polskiej myśli edukacyjnej okresu II Rzeczypospolitej. Jego lektura utwierdza nas w przekonaniu, że ówczesni specjaliści z zakresu nauk przyrodniczych dokładali wyjątkowych starań, by udoskonalić proces dydaktyczny, jednocześnie dużą wagę przywiązując do popularyzacji wśród nauczycieli nowych koncepcji metodycznych, nowatorskich założeń programów nauczania. Istotne znaczenie miał fakt, że autorami artykułów ogłaszanych w „Czasopiśmie Przyrodniczym” byli nie tylko teoretycy, ale i praktycy posiadający spory zasób wiedzy biologicznej.

<sup>16</sup> E. M. Potęga, *Uprawa roślin wodnych i błotnych w szkolnym ogrodzie botanicznym*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1927, s. 53–54.

<sup>17</sup> J. Łukasiak, *Wycieczki przyrodnicze w gimnazjum i ich realizacja*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1937, s. 201–203; zob. także: J. Zabiński, *Rola Ogrodu Zoologicznego przy nauczaniu zoologii w szkołach powszechnych i gimnazjach*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1933, s. 214.

<sup>18</sup> E. Jarmulski, *Charakter i właściwości współczesnej lektury przyrodniczej z uwzględnieniem czasopism przyrodniczych dla młodzieży*, „Czasopismo Przyrodnicze” 1937, s. 220.

# Marzą mi się aktywni i zainteresowani lekcją uczniowie...

Często rozmawiam z nauczycielami o ich pracy. Dyskutujemy zarówno o tym, co przynosi im satysfakcję i sprawia, że czują się spełnieni zawodowo, jak i o tym, co przysparza im największej trudności, jest dla nich prawdziwym wyzwaniem. Spotkania te zwykle są okazją do wymiany spostrzeżeń dotyczących współczesnej młodzieży. Staramy się zdefiniować potrzeby młodych ludzi, określić ich wymagania i zrozumieć przyzwyczajenia. Moi rozmówcy dzielą się ze mną także swoimi marzeniami. Prawie zawsze są one podobne...

■ ANNA TULCZYŃSKA

## Chciałbym lepiej poznać moich uczniów...

Przygotowując się do pracy z uczniami, warto uświadomić sobie, że ich potrzeby są podobne lub komplementarne do potrzeb nauczycieli. Uczniowie nie lubią nudy, chcą działać. Uczestniczyć w ciekawych zajęciach, bogatych w interesujące zadania. Oczekiwania te są zbieżne z oczekiwaniami nauczycieli, którzy chcieliby, aby ich uczniowie wykazywali zaangażowanie i aktywność na lekcjach. Obie strony liczą na aktywne słuchanie i rozumienie. Zarówno uczniowie, jak i nauczyciele, chcą mieć poczucie, że ich pytania, wątpliwości lub pomysły zostaną wysłuchane i potraktowane poważnie. Nauczyciele pragną przekazać swoją wiedzę, a uczniowie (przynajmniej duża ich część) chcą tę wiedzę zdobyć.

Jest to pokolenie już od najmłodszych lat przyzwyczajone do jednoczesnego odbioru wielu bodźców i wrażeń. Jaki jest efekt tej ciągłej stymulacji? Po pierwsze: duże zapotrzebowanie na bodźce. Po drugie: szybkie nudzenie się w przypadku, gdy odbieranych bodźców jest niewiele. Wreszcie po trzecie:

kłopoty z koncentracją, brak umiejętności skupienia się nad daną rzeczą, „przerzucanie” uwagi. Z tych właśnie powodów uczniowie mają kłopoty ze zrozumieniem dłuższego tekstu w podręczniku, nie lubią czytać, nie potrafią skoncentrować się podczas lekcji prowadzonej metodą podającą (np. podczas wykładu). Do gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych trafiają uczniowie, którzy mimo sporego doświadczenia szkolnego nie potrafią uczyć się w sposób efektywny i trwale zapamiętywać wymagane



wiadomości. Z jednej strony potrzebują atrakcyjnej formy przekazu wiadomości, np. za pomocą multimediiów, z drugiej – liczą na ukierunkowanie, wskazanie ważnych informacji oraz oczekują wskazówek dotyczących technik skutecznego uczenia się.

### Chciałbym, by lubili moje lekcje...

Uczniowie często przyznają, że do nauki najbardziej zachęca ich dobra relacja z nauczycielem. Niektórzy zaczynają interesować się danym przedmiotem z sympatii do konkretnego nauczyciela, często również po to, by nie zawieść jego oczekiwań. Bardzo ważna jest dla nich również bezpieczna i przyjazna atmosfera na zajęciach. Należy unikać zbędnej krytyki i negatywnego komentowania niepowodzeń, doceniać wysiłki i podejmowane próby, zachęcać do samodzielnych działań mimo ryzyka popełnienia błędu. W szczególności dotyczy to lekcji z przedmiotów przyrodniczych, podczas których uczniowie samodzielnie wykonują doświadczenia. Poczucie, że popełnienie błędu nie jest katastrofą, pozwala na swobodne zadawanie pytań i weryfi-

kowanie słuszności formułowanych hipotez, np. na podstawie wyników eksperymentów.

### Chciałbym, by mieli zapał do nauki...

Uczniowie często niechętnie zgłębiają pewne obszary wiedzy. Uważają, że uczenie się niektórych definicji czy wzorów „na pamięć” nie przyda im się w życiu. Ich motywację do nauki wyraźnie podnosi uświadomienie korzyści, jakie mogą wynikać z przyswojenia wiedzy na dany temat. Nie jest to szczególnie trudne w przypadku takiego przedmiotu jak biologia, która pomaga odkrywać otaczający nas świat, dostrzec jego piękno i różnorodność. Poza tym pozwala poznać zależności obowiązujące w świecie istot żywych, pomaga zrozumieć procesy zachodzące w środowisku oraz w organizmach. Omawiając z uczniami poszczególne tematy, warto zatem podkreślać pozytywne skutki przyswajania nowych informacji. Można wspólnie z uczniami poszukiwać zastosowań wiedzy w ich życiu lub zrobić konkurs na najciekawsze zastosowanie w praktyce wiedzy z danego działu np. „Do czego może mi się przydać wiedza o sposobie

JAK DZIAŁA OKO? Zamknij


## Budowa gałki ocznej

Główną częścią narządu wzroku jest gałka oczna umieszczona w zagłębieniu kostnym, tak zwanym oczodole. Jej ściana zbudowana jest z trzech warstw, a wewnątrz wypełnia ciało szkliste.

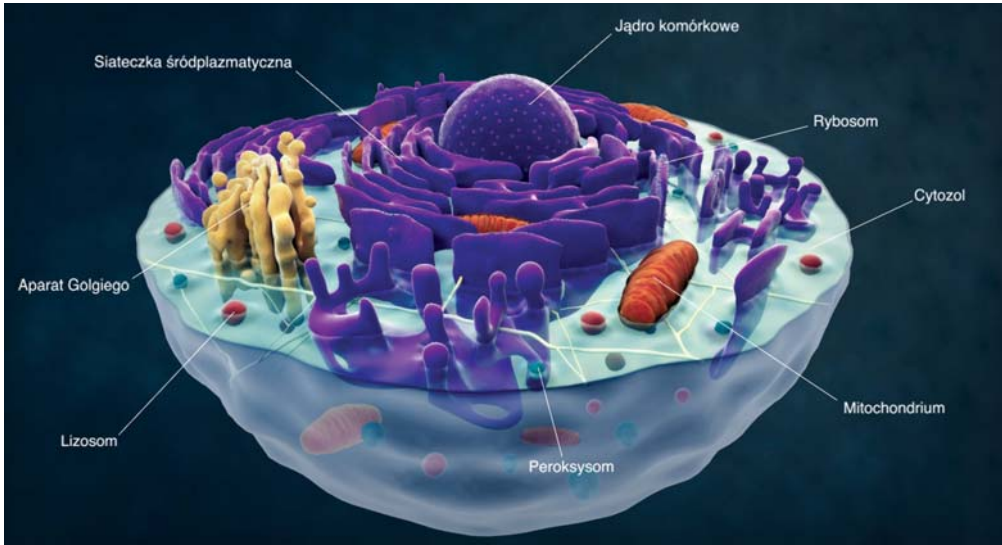
**Naczyniówka**

Środkowa błona gałki ocznej, w której znajdują się naczynia krwionośne zaopatrujące gałkę oczną w tlen i substancje odżywcze.



◀ 3/9 ▶ 

Multimedialny atlas anatomiczny zawiera filmy, animacje i symulacje ilustrujące zasady funkcjonowania ciała człowieka



Elektroniczna wersja podręcznika do zakresu podstawowego dla szkół ponadgimnazjalnych Biologia na czasie Wydawnictwo Nowa Era

odżywiania się stułbi” lub „Jak mogę zastosować wiedzę o czynnikach mutagennych.

### Chciałbym, by mnie słuchali...

Coraz trudniejszym do zrealizowania zadaniem jest przyciągnięcie uwagi uczniów i utrzymanie jej w czasie całej lekcji. Uczeń chętniej skupi się na określonym zadaniu, gdy wie, w jakim celu ma je wykonać. Lepszej koncentracji sprzyja także atrakcyjność przekazu. Sam wykład pozwala przykuć uwagę jedynie na kilka może kilkanaście minut. Później wysiłek związany z przetwarzaniem napływających danych oraz próbą ich zrozumienia, przyswojenia i zapamiętania, jest zbyt duży i uwaga zaczyna się rozpraszać. Aby pomóc uczniom ponownie skupić się na lekcji, należy koniecznie wprowadzać dodatkowe elementy ilustrujące i uatrakcyjniające przekaz. Mogą to być np. animacje pozwalające zrozumieć przebieg pewnych procesów, takich jak: podział komórek czy biosynteza białka. Ilustracje pozwalające skrócić opisy, np. budowy poszczególnych narządów układu pokarmowego itp. Współczesna technologia pozwala na bogate ilustrowanie lekcji, np. za pomocą prezentacji multimedialnych, foliogramów, programów

edukacyjnych czy krótkich filmów prezentujących przebieg doświadczeń biologicznych. Dobrym sposobem na zainteresowanie uczniów jest też podawanie ciekawostek lub przykładów z życia nauczyciela, dotyczących np. niespodziewanych efektów przeprowadzonych doświadczeń lub obserwacji niezwykłych organizmów. Nawet najmniej zainteresowani przedmiotem uczniowie chętnie słuchają opowieści o wydarzeniach z życia nauczycieli.

### Chciałbym, by rozumieli, co do nich mówię...

Przedstawienie abstrakcyjnych, trudnych do zrozumienia treści w przystępny i zrozumiały dla ucznia sposób czasem może sprawić problem nawet najbardziej doświadczonym nauczycielom. Wraz z pojawieniem się trudności ze zrozumieniem danego zagadnienia, uwaga uczniów mimowolnie ulega rozproszeniu. Trzeba wówczas pamiętać o kilku kwestiach. Najważniejszą z nich, jest zachowywanie określonej struktury lekcji, pozwalającej uczniom zorientować się w przebiegu zajęć. Znając kolejność omawiania poszczególnych zagadnień, uczniowie łatwiej zorientują się, w którym momencie

napotkali trudność w zrozumieniu prezentowanych treści. W trakcie lekcji można także podsumowywać, co zostało już omówione, a co jeszcze przed nami.

W szkołach zrzeszonych w Towarzystwie Szkół Twórczych nauczyciele często zapraszają zdolnych uczniów do poprowadzenia części lekcji. Ci asystenci nauczyciela często w zaskakująco skuteczny sposób potrafią wyjaśnić kolegom najtrudniejsze zagadnienia w zrozumiałym dla nich języku i w atrakcyjnej formie. Warto korzystać z takiego wsparcia.

### **Chciałbym, by z łatwością zapamiętywali informacje...**

Skupienie uwagi i zrozumienie omawianych treści pozwala na ich zapamiętanie. Informacje docierają do uczniów za pomocą wielu zmysłów: wzroku, słuchu, dotyku, węchu i smaku. Każda z tych dróg pozostawia swój odrębny ślad pamięciowy. Im więcej zmysłów wykorzystuje się podczas przetwarzania informacji, tym ślad pamięciowy jest wyraźniejszy i trwalszy. Z tego względu warto wykorzystywać różne sposoby przekazu treści. Informacje z dyskusji, pogadanki, burzy mózgów czy audycji radiowej są zapamiętywane głównie dzięki słuchowi. Przedstawianie plansz, foliogramów multimedialnych, odtwarzanie filmów i animacji, ich wspólne analizowanie dostarcza bodźców wzrokowych. Prezentowanie eksponatów, przeprowadzanie doświadczeń, zachęcanie do robienia notatek,

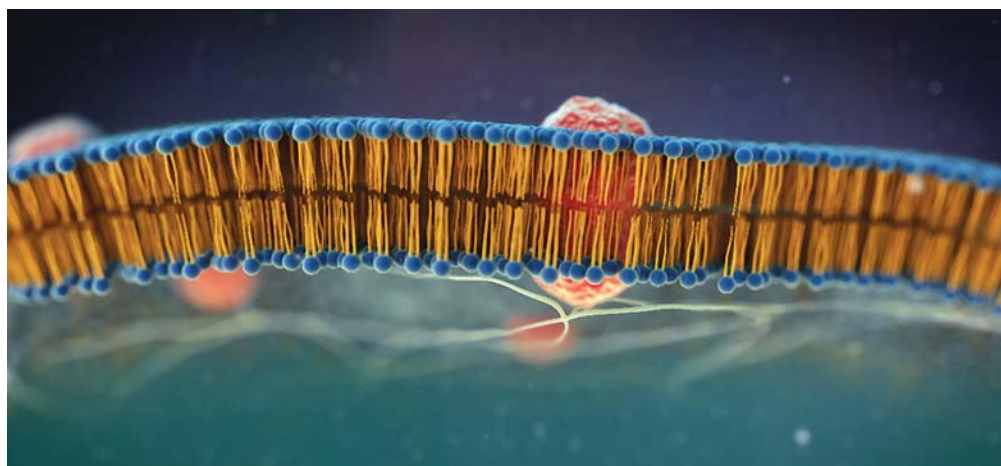


Multibook to e-podręcznik z filmami, animacjami i wyjątkowymi fotografiami

podkreślania najważniejszych zagadnień w tekście jest związane ze zmysłem dotyku.

### **Chciałbym rozbudzić w nich zainteresowanie...**

Rozbudzenie zainteresowania uczniów wykładanym przedmiotem sprawia, że mają oni większą motywację do nauki, nawet tych najtrudniejszych treści. Nauczyciel pracuje wówczas z uczniami dociekliwymi, aktywnymi, starającymi się rozwiązać stawiane przed nimi problemy. Stworzenie takiej atmosfery na lekcjach nie jest jednak łatwe. Według Elizabeth Hurlock, młodzież



w wieku około gimnazjalnym skupia się głównie na rozwoju zainteresowań społecznych, związanych z przebiegiem relacji w grupie, na rozrywkach, takich jak sport czy spotkania towarzyskie, oraz na kwestiach osobistych dotyczących np. wyglądu lub planów na przyszłość. Z tego powodu niezwykle trudno skupić uwagę młodych ludzi na konkretnej dziedzinie wiedzy. Dodatkowo zainteresowania dorastających uczniów są bardzo kruche i zmienne. W jednym miesiącu chcą poświęcić cały swój wysiłek na zgłębianie tajników biologii, w innym – są zapałonymi historykami.

Jak w takim razie stymulować rozwój zainteresowania przedmiotami przyrodniczymi? Teoretycy zajmujący się tą dziedziną twierdzą, że kluczowe znaczenie ma tu aspekt emocjonalny. Oznacza to, że działania związane z rozwojem zainteresowań uczniów muszą dostarczać im satysfakcji i przyjemności. Obcowanie z daną dziedziną wiedzy może przerodzić się w trwałe zainteresowanie tylko wtedy, gdy stanie się ono źródłem zadowolenia. Stosowanie rozwiązań odpowiadających potrzebom młodych ludzi sprzyja rozwijaniu u nich pasji. Dorastający uczniowie potrzebują pewności, że są słuchani, że to, co myślą i mówią ma znaczenie, że doceniane są ich wysiłki. Z tego względu do rozwoju zainteresowania daną dziedziną potrzebne jest stwarzanie okazji do dyskusji, wymiany pomysłów i własnych hipotez (nawet, jeśli są błędne). Do samodzielnej pracy i wysiłku najsukceszniej zachęcają nie tyle puste pochwały, jak np. „Świetnie to zrobiłeś”, ile przemyślane informacje zwrotne, np. „Widzę, że rzeczywiście przemyślałeś to zagadnienie, podoba mi się pierwszy z zaproponowanych odczynników, ale nad użyciem tego drugiego jeszcze się zastanów”. Te komunikaty wskazują pozytywne cechy pracy bądź sposobu myślenia, doceniają wysiłek i dają wskazówki, w jaki sposób znaleźć rozwiązanie problemu. Kontakt z nauczycielem potrafiącym w ten sposób ocenić pracę uczniów jest niezwykle gratyfikujący, bowiem dostarcza młodym ludziom tego,

czego w okresie dojrzewania potrzebują najbardziej – informacji o sobie samym.

Młodzi ludzie oczekują także możliwości samooceny i poczucia swobody w wykonywaniu zadań. Okazja do samodzielnego zaplanowania i wykonania zadań pod opieką nauczyciela często bywa początkiem nowej pasji. Odkryte zainteresowania można rozwijać np. poprzez realizowanie projektów edukacyjnych, które są jednocześnie okazją do zaprezentowania pozaszkolnych umiejętności, takich jak talent fotograficzny, malarski. Z doświadczeń nauczycieli wiem, że po realizowaniu danego projektu, zwykle do opiekunów zgłaszają się uczniowie, którzy chcą dalej współpracować. Przedstawiają swoje autorskie pomysły, które chcieliby zrealizować wspólnie z nauczycielem.

### **Chciałbym, by spełniły się moje marzenia...**

Rozbudzenie zainteresowania młodych ludzi jakąkolwiek dziedziną nauki nie jest zadaniem łatwym. Wymaga wielu przemyśleń, zaplanowania pracy, przygotowania odpowiednich pomocy dydaktycznych, ułatwiających realizację konkretnych tematów. Jednak szczególnie istotna w osiągnięciu sukcesu edukacyjnego jest chęć do współpracy z uczniem, otwartość na jego pomysły, pytania i problemy, gotowość do kontaktu, słuchania i budowania relacji opartej na wzajemnym szacunku. Tylko w takich warunkach młodzi ludzie będą chętnie czerpać wiedzę przekazywaną na lekcjach i z zapałem zgłębiać tajniki prezentowanego przez niego przedmiotu. Tylko wtedy ich zainteresowanie ma szansę rozwinąć się w prawdziwą pasję.

*Ilustracje pochodzą z Multibooka i Multimedialnego atlasu anatomicznego dla szkół ponadgimnazjalnych wydawnictwa Nowa Era*

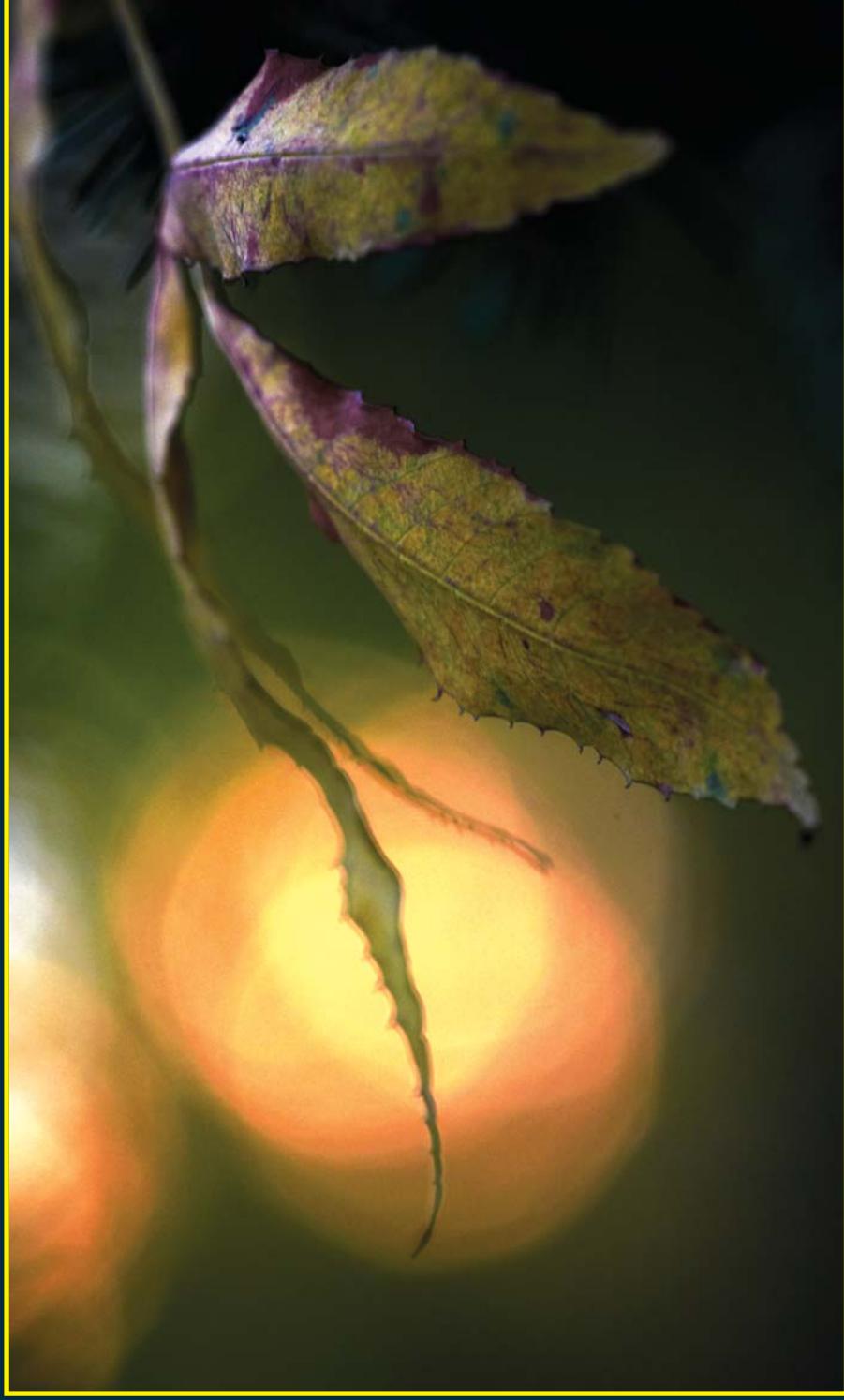
#### **ANNA TULCZYŃSKA**

Psycholog behawioralno-poznawczy. Od kilkunastu lat pracuje w liceum zrzeszonym w Towarzystwie Szkół Twórczych, prowadzi zajęcia w Ośrodku Promocji Talentów w Warszawie, a także warsztaty i wykłady dla Rad Pedagogicznych. Jest autorką licznych publikacji poradnikowych dla nauczycieli.

# Pożegnanie polskiej jesieni



Pożegnanie polskiej jesieni





Pożegnanie polskiej jesieni



Pożegnanie polskiej jesieni



# Mitochondrialna teoria starzenia

Starzenie się jest problemem szczególnie istotnym we współczesnym świecie. Warto zwrócić uwagę na to, że w zasadzie jest to zjawisko nienaturalne. W przyrodzie większość zwierząt umiera z głodu lub jako ofiary drapieżników, na długo zanim zdążą się zestarzeć. To, że większość ludzi w krajach uprzemysłowionych umiera ze starości (lub na wiążące się z nią choroby), jest również i w naszej historii czymś nowym.

■ ALEKSANDRA SOŁYGA-ŻUREK

W ostatnich latach znacząco wzrosła częstość występowania chorób związanych ze starzeniem się naszych organizmów, takich jak cukrzyca (151 mln przypadków w 2000 roku, 221 mln w 2010 roku). Innym przykładem może być choroba Parkinsona, której w samych tylko Stanach Zjednoczonych odnotowuje się 60 000 nowych przypadków rocznie. Starzejące się społeczeństwa krajów rozwiniętych przeznaczają coraz większe środki na opiekę nad obywatelami w podeszłym wieku, często poważnie chorymi, równocześnie rośnie zainteresowanie produktami i usługami mającymi opóźnić procesy starzenia.

Zapewne większość czytelników zetknęła się już nieraz z reklamami np. kosmetyków lub suplementów diety, obiecującymi skuteczne „spowolnienie wskazówek zegara”. W rzeczywistości o tym, jakie są przyczyny starzenia się organizmu i jakie mamy możliwości spowolnienia tego procesu, naukowcy wiedzą jeszcze bardzo niewiele. Istnieje kilkaset teorii dotyczących tego tematu, które niekoniecznie wzajemnie się wykluczają. Jedną z najpopularniejszych od chwili powstania, a więc od 1956 roku, jest teoria Denhama Harmana, która jako głównych „winowajców” wskazuje wolne

rodniki, a zwłaszcza rodniki tlenowe (ROS – ang. *Radical Oxygen Species*). Są to wysoce aktywne cząsteczki posiadające niesparowane elektrony. Łatwo wchodzi w reakcje z innymi związkami występującymi w komórkach i mogą być przyczyną utraty funkcjonalności i degradacji białek, kwasów nukleinowych i lipidów.

Rodniki tlenowe powstają w wyniku normalnych procesów metabolicznych i, zgodnie z teorią Harmana, z czasem komórki organizmu mogą akumulować uszkodzenia będące wynikiem niespecyficznych reakcji z aktywnymi formami tlenu. Teoria znajduje pewne potwierdzenie, ponieważ wielu eksperymentatorów wykrywało podwyższony poziom rodników tlenowych w starzejących się tkankach. Badania nad enzymami antyoksydacyjnymi (naturalną ochroną komórek przed wolnymi rodnikami) wskazują na spadek ich aktywności wraz z wiekiem. Wiadomo jednak, że obraz zmian zachodzących w komórkach, związany ze starzeniem się, jest trochę bardziej skomplikowany.

Jedną z teorii mających naprawdę solidne potwierdzenie eksperymentalne jest powiązanie spowolnienia starzenia się zwierząt, przede wszystkim ssaków i ptaków, z tzw. restrykcją kaloryczną. Okazuje się,

że dla wielu gatunków utrzymywanie przez całe życie lub jego większość bardzo restrykcyjnej diety, ubogiej w kalorie (ale, co istotne, niepowodującej niedożywienia) wpływa na znaczące wydłużenie życia. Dla gryzoni wykazano także, że restrykcja kaloryczna opóźnia pojawianie się zmian, takich jak nadciśnienie, cukrzyca czy nowotwory. Prowadzono także pewne badania na ludziach i chociaż należy pamiętać, że większość z nich przeprowadzono na małych grupach, a długofalowy wpływ tak restrykcyjnej diety na zdrowie ludzkie nadal nie jest znany, to jednak dotychczasowe wyniki są obiecujące (wskazywano m.in. na mniejsze ryzyko wystąpienia chorób układu krążenia, znaczące obniżenie ciśnienia krwi i poziomu „złego” cholesterolu – LDL). Najbardziej interesująca jest oczywiście odpowiedź na pytanie, jaki mechanizm może stać za tak widocznym wpływem restrykcji kalorycznej na długość życia i ogólną kondycję.

Miejscem w komórkach, w którym powstają największe ilości rodników tlenowych, a także zachodzą główne procesy związane z tzw. spalaniem kalorii, jest wewnątrz mitochondriów. Czyżby więc funkcjonowanie tych małych organelli mogło mieć związek z tym, jak i kiedy się starzejemy?

Zanim przejdziemy do samych mitochondriów, musimy ustalić, co rozumiemy przez pojęcie starzenia się. **Starzenie się organizmu jest nieuniknionym, biologicznym, ale także psychicznym procesem określanym jako zespół postępujących w czasie zmian polegających m.in. na:**

- zmniejszeniu biologicznej aktywności komórek organizmu;
- spowolnieniu procesów regeneracyjnych;
- obniżeniu odporności i odpowiedzi na stres środowiskowy.

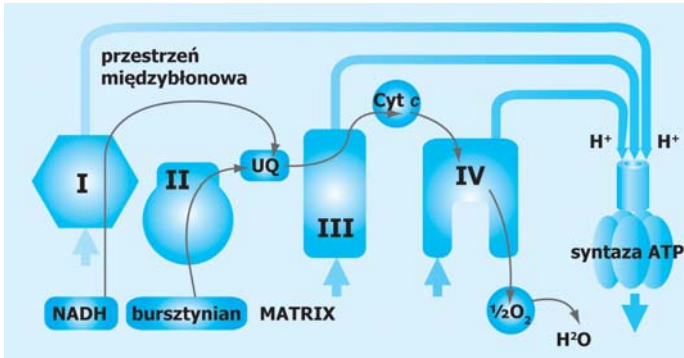
Starzenie się jest związane ze zmianami zewnętrznymi, dotyczącymi m.in. skóry i włosów, ale przede wszystkim wewnętrznymi, takimi jak: obniżenie sprawności fizycznej, problemy z pamięcią, upośledzenie reakcji układu odpornościowego.

Organizm staje się coraz bardziej podatny na infekcje czy nawet transformacje nowotworowe, wszystkie narządy pracują coraz mniej wydajnie, aż w końcu, o ile życia nie zakończy choroba, nagromadzenie uszkodzeń doprowadza do tego, że organizm nie jest już w stanie funkcjonować.

W badaniach z lat 60. ubiegłego wieku Hayflick i Moorhead wykazali, że komórki hodowane w laboratorium mają ograniczoną zdolność podziału, inaczej mówiąc – nie mogą dzielić się w nieskończoność (tylko komórki nowotworowe zachowują się inaczej). Liczba podziałów, do których zdolne są komórki, zależy zarówno od długości życia danego gatunku (komórki żółwia mogą podzielić się więcej razy niż komórki myszy), jak i wieku dawcy (komórki od młodego osobnika mogą dzielić się dłużej niż komórki od starszego). Później wykazano, że telomery, czyli zakończenia chromosomów, są specyficznymi licznikami kontrolującymi liczbę podziałów. Telomery ulegają skróceniu przy każdej rundzie replikacji DNA chromosomowego, a zbytne zmniejszenie ich długości prowadzi do blokady podziałów komórkowych (ponownie wyjątkiem są komórki nowotworowe).

Zatrzymanie podziałów komórkowych w angielskiej nomenklaturze nosi nazwę *senescence* i chociaż na język polski często tłumaczone jest jako „starzenie”, chodzi tu jednak o inny proces niż starzenie się całego organizmu (ang. *aging*). Zjawisko senescencji, bo z takim określeniem można się czasem spotkać w polskiej literaturze, może, ale nie musi być ściśle związane ze starością. Obecnie coraz częściej sugeruje się, że to mitochondria mogą być jednym z ważniejszych elementów w mechanizmach starzenia.

Mitochondria są organellami, w których wewnątrz zachodzi przetwarzanie energii na jej formę użyteczną dla komórki. Podstawową funkcją mitochondriów w komórce jest utlenianie wodoru pochodzącego ze spożywanych węglowodanów lub tłuszczów i wykorzystanie tego procesu do produkcji ATP – cząsteczki umożliwiającej magazynowanie energii, która może być potem wy-



Rys. 1. Schemat łańcucha oddechowego

korzystana w procesach komórkowych. Cztery kompleksy białek łańcucha oddechowego, usytuowane w wewnętrznej błonie mitochondrialnej, przekazują oderwane z atomów wodoru elektrony na cząsteczkę tlenu, redukując ją do wody (schemat łańcucha oddechowego na Rys. 1).

Energia uwolniona w wyniku transportu elektronów jest wykorzystywana przez kompleksy I, III i IV do przepompowywania jonów wodorowych z macierzy mitochondrialnej (czyli wnętrza tych organelli) do przestrzeni między dwiema błonami okalającymi mitochondrium. Powstająca w ten sposób różnica potencjałów pomiędzy obiema stronami wewnętrznej błony mitochondrialnej sprawia, że kationy wodorowe „chcą” wrócić do wnętrza.

Kompleks białkowy nazwany syntazą ATP lub kompleksem V transportuje je z powrotem do macierzy mitochondrialnej (matriks), wykorzystując jako siłę napędową do łączenia ADP i fosforu dla uzyskania ATP. Samo ATP jest następnie transportowane na zewnątrz, do cytoplazmy, przez specjalny translokator, który wymienia jedną jego cząsteczkę na ADP. Ten bardzo elegancki mechanizm nie zawsze działa dokładnie w taki sposób. Pewien procent elektronów „ucieka” w czasie wędrówki przez kolejne kompleksy białkowe i może silnie zredukować cząsteczki tlenu, tworząc anionorodnik ponadtlenkowy ( $O_2^-$ ). Jest to cząsteczka aktywna, przeważnie jednak

szybko przekształcana przez dysmutazę ponadtlenkową (SOD – ang. *Superoxide Dismutase*) do nadtlenu wodoru ( $H_2O_2$ ). Związek ten jest już znacznie stabilniejszy, dyfunduje do cytozolu i tam może zostać rozłożony przez peroksydazę glutationową lub też katalazę obecną w peroksy-somach.

Jest to konieczne, ponieważ jeżeli nie zostanie on w sposób bezpieczny usunięty, wówczas może reagować z metalami (obecnymi np. w centrach aktywnych wielu enzymów, także tych mitochondrialnych) i przekształcić się w bardzo aktywny rodnik hydroksylowy (wodorotlenowy). Szacuje się, że w zdrowych tkankach około 1–5% elektronów tworzy wolne rodniki tlenowe. Jest to w zasadzie naturalny proces, wydaje się nawet niezbędny do wielu procesów komórkowych (wolne rodniki są np. wykorzystywane jako cząsteczki sygnałowe). Komórki dysponują także szerokim wachlarzem enzymów, których kilka przykładowo wymieniono powyżej, umożliwiających usunięcie tych superaktywnych cząsteczek, zanim doprowadzą do poważnych zniszczeń.

Wiadomo, że wraz z wiekiem ilości rodników tlenowych w komórkach rośnie. W badaniach na ludzkich fibroblastach (komórkach tkanki łącznej) wykazano, że w komórkach pochodzących od starszych dawców poziom uszkodzeń oksydacyjnych białek, lipidów i DNA był znacznie wyższy niż u osób młodszych. Wraz z wiekiem rośnie też poziom  $H_2O_2$  w cytoplazmie, maleje natomiast aktywność enzymów rozkładających aktywne formy tlenu, takich jak katalaza i większość form dysmutaz ponadtlenkowych. Wydaje się możliwe, że to właśnie rodniki tlenowe, wymykając się spod kontroli, stopniowo coraz bardziej niszczą komórki. Nasuwa się pytanie, czy można pomóc komórkom, dostarczając im z ze-

wnątrz substancji o działaniu antyoksydacyjnym. Twórca wolnorodnikowej teorii starzenia próbował podawać gryzoniom wysokie dawki przeciwutleniaczy i mimo że wykazano pewne zwiększenie średniej długości życia zwierząt, to jednak nie zaobserwowano znaczącego zwiększenia maksymalnej długości życia zwierząt.

Wyniki innych, podobnych badań także były zniechęcające. Mimo to teorii o udziale aktywnych form tlenu w starzeniu nie porzucono. Część badaczy uważa, że podawanie przeciwutleniaczy z zewnątrz powoduje zmniejszenie ich naturalnej produkcji w komórkach. Mielibyśmy więc do czynienia z systemem pozostającym w pewnej dynamicznej równowadze pomiędzy czynnikami sprzyjającymi i przeciwdziałającymi reakcjom utleniania. Podawanie przeciwutleniaczy może ją zaburzyć, ale organizm po pewnym czasie wraca do równowagi, zmniejszając produkcję komórkowych antyoksydantów.

W nowszych badaniach z wykorzystaniem transgenicznych muszek owocowych, które produkowały więcej enzymów antyoksydacyjnych, obserwowano opóźnienie starzenia. Podobny efekt pojawiał się u myszy, u których zwiększono produkcję katalazy, równocześnie tak zmieniając jej sekwencję, aby była kierowana do wnętrza mitochondriów. Jest jednak jeszcze inny

sposób obniżenia poziomu rodników tlenowych niż tylko podnoszenie aktywności antyoksydacyjnej.

We wspomnianych wcześniej licznych badaniach nad restrykcją kaloryczną u zwierząt wykazano, że znaczne ograniczenie ilości spożywanych kalorii wydłużało czas życia wielu zwierząt. U niektórych gatunków (np. myszy i szczurów) wykazano także, że niskokaloryczna dieta wpływa na obniżenie poziomu nadtlenu wodoru w tkankach. Badania na szczurach pokazały, że u zwierząt w podeszłym wieku, którym ograniczono spożycie kalorii, poziom karbonylowanych (a więc najprawdopodobniej uszkodzonych przez rodniki tlenowe) białek jest niższy niż w grupie zwierząt, które spożywały więcej kalorycznego pokarmu. Dlaczego tak się dzieje? Być może odpowiedzi należy szukać właśnie w mechanizmach działania łańcucha oddechowego.

Ponieważ łańcuch oddechowy jest powiązany z syntezą ATP, redukcja tlenu do wody zależy od stężenia ADP we wnętrzu mitochondrium. Jeśli ADP zabraknie, wówczas synteza ATP zatrzymuje się, a kompleks V przestaje transportować kationy wodorowe. Różnica potencjałów pomiędzy macierzą mitochondrialną a przestrzenią międzymbłonową staje się na tyle wysoka, że działanie łańcucha oddechowego zostaje znacząco spowolnione. Spróbuj-

### Najważniejsze przykłady wolnych rodników tlenowych

- $\dot{O}_2^-$  – anionorodnik ponadtlenkowy – stosunkowo słaby utleniacz, może powstawać w wyniku bezpośredniego zredukowania tlenu cząsteczkowego przez elektrony uciekające z łańcucha oddechowego w mitochondriach. Przekształcany przez dysmutazę ponadtlenkową do nadtlenu wodoru.
- $H_2O_2$  – nadtlenek wodoru – dosyć stabilny utleniacz, łatwo dyfunduje. Rozkładany przez katalazę. W kontakcie z niektórymi metalami, np. miedzią (I) lub żelazem (II), może przekształcać się w rodnik hydroksylowy.
- $OH^\bullet$  – rodnik hydroksylowy – jeden z najbardziej reaktywnych wolnych rodników tlenowych. Dyfunduje na niewielkie odległości. Może powstawać m.in. w mitochondriach w wyniku reakcji nadtlenu wodoru z metalami z centrów żelazowo-siarkowych kompleksów łańcucha oddechowego.

## Niektóre antyoksydanty (przeciwutleniacze)

**Witamina C** – kwas L-askorbinowy – rozpuszczalna w wodzie pochodna glukozy. W żywności oznaczana symbolem E300.

**Witamina E** – przeważnie przez to określenie rozumie się  $\alpha$ -D-Tokoferol, jednak w rzeczywistości witamina E jest zwykle mieszaniną różnych tokoferoli i tokotrienoli. Rozpuszczalna w tłuszczach. Oznaczana w żywności symbolami E306–309.

**Kwas cytrynowy** – często dodawany jako przeciwutleniacz do żywności, oznaczany symbolem E330.

**Butylohydroksyanizol (BHA)** – jeden z częstszych przeciwutleniaczy stosowanych w żywności (oznaczany E320) i kosmetykach, obecnie używany coraz rzadziej ze względu na możliwość m.in. podrażnień skóry.

**Likopen** – karotenoid (oznaczany jako E160d) z rodziny ksantofili, występujący m.in. w pomidorach. Bardzo łatwo rozpuszczalny w tłuszczach.

**Resweratrol** – polifenol występujący w skórkach winogron (oraz w czerwonym winie), a także w owocach morwy, czarnej porzeczki i orzeszkach ziemnych. Czasem uważany za przyczynę tzw. francuskiego paradoksu – dosyć wysokiej średniej długości życia Francuzów, pomimo stosunkowo tłustej diety i powszechnego spożywania alkoholu.

my wyobrazić sobie, co będzie się działo w komórce organizmu, który nie zużywa zbyt dużo energii (np. człowiek spędzający większość dnia za biurkiem lub na kanapie), natomiast spożywa duże ilości wysokokalorycznej żywności (człowiekowi na kanapie dajmy jeszcze do ręki ciastko).

Zużycie ATP w takiej komórce będzie w większości przypadków stosunkowo niskie, stężenie ADP we wnętrzu mitochondriów będzie więc także spadać (bo mniej ADP powstaje w wyniku rozkładu ATP, mniej więc może być przetransportowane do środka mitochondriów). Stężenie jonów wodorowych pomiędzy błonami mitochondrium rośnie (bo syntaza ATP przestaje transportować je do matriks. Łańcuch oddechowy zwalnia, ale mimo to otrzymuje ciągle nowe elektrony oderwane od wodoru pochodzącego z ciągle dostarczanej żywności (przede wszystkim węglowodanów).

Kompleksy łańcucha oddechowego, a przede wszystkim kompleks I, są więc cały czas mocno zredukowane, przeładowane elektronami. W takiej sytuacji znacznie łatwiej dochodzi do „wycieku” elektronów i powstania anionorodnika ponadtlenko-

wego. Jest to oczywiście cząsteczka niestabilna, o bardzo krótkim czasie półtrwania, jednak jest ona przeważnie szybko przekształcana do  $H_2O_2$  przez wewnątrzmitochondrialną manganową dysmutazę ponadtlenkową (MnSOD), której ilość, w odróżnieniu od innych tego typu enzymów, rośnie wraz z wiekiem. Taki właśnie mechanizm może prowadzić do podwyższonego poziomu nadtlenu wodoru obserwowanego w starzejących się tkankach.

Wróćmy do przypadku organizmów będących na niskokalorycznej diecie. Ich komórki mają znacznie ograniczoną podaż kalorii, więc prawdopodobnie nie będzie dochodziło do tak silnego zahamowania łańcucha oddechowego. Nie będzie dużych „wycieków” elektronów, a poziom powstających rodników tlenowych powinien przez dłuższy czas utrzymywać się na poziomie, na którym mechanizmy komórkowe mogą nad nim zapanować. Najprawdopodobniej dlatego właśnie restrykcja kaloryczna wiąże się ze spadkiem poziomu uszkodzeń oksydacyjnych w komórkach. Nadal jednak nie ma pewności, czy jest to właśnie kompletna odpowiedź na pytanie, dlaczego

ograniczenie ilości kalorii w pokarmie powoduje wydłużenie życia.

Co ciekawe, „ucieczkę” elektronów i produkcję wolnych rodników tlenowych zmniejsza także rozprzęganie transportu elektronów i produkcja ATP. Umożliwiają to kodowane przez genom jądrowy białka UCP (ang. *Uncoupling Proteins*). Pozwalają one na powrót kationów wodorowych z przestrzeni międzybłonowej do wnętrza mitochondrium, rozładowując tym samym różnicę potencjałów między obiema stronami błony wewnętrznej mitochondrium. Takie działanie na pierwszy rzut oka wydaje się niekorzystne (zmniejsza przecież produkcję ATP), jednak jest częścią mechanizmu chroniącego komórki przed uszkodzeniami oksydacyjnymi. Pozwala „rozładować” zredukowany łańcuch oddechowy nawet wtedy, gdy spowalnia go ograniczona aktywność syntazy ATP. Rzeczywiście wykazano, że muszki owocowe nadprodukuje ludzkie białko UCP2 w neuronach żyją dłużej, a poziom uszkodzeń oksydacyjnych w ich komórkach jest niższy niż w grupie kontrolnej. Podobnie, pewne wydłużenie średniej długości życia obserwowano u transgenicznych myszy wytwarzających w dużych ilościach to samo białko.

To nie jedyne potwierdzenie udziału mitochondriów i łańcucha oddechowego w starzeniu. Mitochondria posiadają własny genom w postaci kolistej cząsteczki DNA. W różnych ludzkich populacjach można spotkać różne, nieco się od siebie różniące, wersje sekwencji DNA mitochondrialnego. Takie neutralne zmiany w sekwencji nazywamy polimorfizmami. Pewne zestawy polimorfizmów w sekwencji definiują grupy mtDNA pochodzące od wspólnego przodka, zwane haplogrupami (więcej informacji o haplogrupach mtDNA można znaleźć w artykule Agaty Kodroń *Powrót do przeszłości, czyli kartki z mitochondrialnego pamiętnika*). Wykazano, że występowanie wersji mtDNA charakterystycznych dla niektórych haplogrup (np. wywodzących się z Azji J i D) można powiązać z pewnymi zmianami w wydajności funkcjonowania

łańcucha oddechowego. Przykładowo w haplogrupie J, w wyniku drobnych zmian w budowie kompleksu III, transport elektronów jest słabiej sprzężony z tworzeniem gradientu protonowego i produkcją ATP. Ciekawy jest fakt, że to właśnie ta haplogrupa występowała szczególnie często wśród włoskich stulatków. Ponadto osoby należące do haplogrupy J rzadziej zapadają na chorobę Parkinsona, także związaną ze stresem oksydacyjnym.

Na rolę mitochondriów w procesach starzenia wskazuje także ich udział w apoptozie, czyli tzw. zaprogramowanej śmierci komórek. Apoptoza jest uporządkowanym procesem, w wyniku którego komórka ginie. Dzieje się to w odpowiedzi na wiele czynników, takich jak nagromadzenie uszkodzeń oksydacyjnych wewnątrz komórki lub brak czynników wzrostowych. Proces ten ma na celu usuwanie komórek uszkodzonych, jednak zbyt wysoki poziom apoptozy w tkance może znacząco pogorszyć jej funkcjonowanie. Jednym z etapów apoptozy jest zwiększenie przepuszczalności błon mitochondrialnych, a zwłaszcza błony zewnętrznej. Wpływ białek z mitochondrium uruchamia następne etapy śmierci komórkowej. Być może to właśnie narastający z wiekiem poziom wolnych rodników i uszkodzeń struktury mitochondriów wpływa na to, że w starzejącym się organizmie coraz więcej komórek wchodzi na drogę apoptozy.

Udział mitochondriów w procesach starzenia wydaje się szczególnie istotny w skórze. Jest ona najbardziej narażona na różnorakie szkodliwe czynniki zewnętrzne. W wyniku długotrwałej ekspozycji na promieniowanie słoneczne, a przede wszystkim na fale ultrafioletowe, w skórze zachodzi wiele zmian obejmujących zwiększającą się suchość i szorstkość naskórka, przebarwienia, utratę elastyczności skóry i powstawanie zmarszczek. Ten zespół zmian nazywamy fotostarzeniem. Wydaje się, że to właśnie uszkodzenia mitochondriów w dużym stopniu wpływają na pogorszenie kondycji skóry. Genom mitochondrialny jest znacznie bar-



dziej podatny na uszkodzenia niż genom jądrowy. Mitochondrialny DNA nie jest w odróżnieniu od jądrowego chroniony przez białka histonowe. W organellach tych brak jest możliwości naprawy niektórych uszkodzeń, w tym będących charakterystycznym skutkiem działania promieni ultrafioletowych. W badaniach na skórze ludzkiej udało się odnaleźć kilka typów uszkodzeń mtDNA, których poziom był znacznie wyższy w miejscach częściej wystawianych na słońce. Istnieją pewne dane pozwalające na skorelowanie wysokiego poziomu wspomnianych wyżej uszkodzeń z zaburzeniami funkcjonowania skóry (np. zwiększoną produkcją, przez fibroblasty skóry właściwej, oksydazy lizynowej), jednakże o zjawisku fotostarzenia wciąż wiemy bardzo mało.

Jak widać z powyższych przykładów, mitochondria wydają się kluczowym elementem mechanizmu starzenia. Niewątpliwie nasza wiedza w tym zakresie jest ciągle niepełna. Dla niektórych modeli myszy z obniżoną funkcjonalnością komórkowych systemów antyoksydacyjnych wykazano wprawdzie zwiększony poziom wolnych rodników, jednak ich długość życia nie odbiegała od normy.

W innych badaniach stwierdzono, że obniżenie poziomu rodników tlenowych w komórkach, uzyskane w inny sposób niż przez ograniczenie kaloryczności pokarmu, nie zmienia maksymalnej długości życia. Restrykcyjna dieta mogłaby więc opóźnić starzenie przy udziale innych, niezdefiniowanych jeszcze czynników. Niewątpliwie jeszcze wiele pozostaje do poznania. Jako że starzenie się społeczeństw i wzrost liczby zachorowań na choroby wieku podeszłego jest rosnącym problemem w krajach rozwiniętych, problem zmian pojawiających się wraz z wiekiem w różnych tkankach staje się coraz popularniejszym obiektem badań. Wiadomo jednak, że mało prawdopodobne jest znalezienie jakiegoś jednego, prostego rozwiązania wyjaśniającego proces starzenia. I chociaż dla niektórych substancji mających przedłużać życie komórek wyniki badań są obiecujące, to niestety eliksir młodości długo jeszcze pozostanie w sferze marzeń.

mgr **ALEKSANDRA SOŁYGA-ŻUREK**

Instytut Genetyki i Biotechnologii UW

**Zapadka Mullera** to mechanizm działający na organizmy rozmnażające się bezpłciowo (brak rekombinacji) i tworzące populacje o niskiej liczebności.

Statystycznie w populacji mutacje szkodliwe są znacznie częstsze niż te korzystne. Z pokolenia na pokolenie mutacji szkodliwych w populacji przybywa, a po pewnym czasie z populacji znikają osobniki wolne od mutacji. Oznacza to, że pula genetyczna populacji została bezpowrotnie zanieczyszczona.

Teoria zapadki Mullera odnosi się również do mitochondriów. Populacja cząsteczek mtDNA znajdująca się w jednym organellum jest niewielka (kilka-kilkanaście kopii), a wszystkie powstały na drodze replikacji bez udziału rekombinacji.

Dzięki zjawisku komplementacji (patrz wyżej) z czasem w mitochondrium może dochodzić do akumulacji szkodliwych mutacji.

**Nieortologiczny horyzontalny transfer genów** to proces stabilnego przeniesienia informacji genetycznej pomiędzy organizmami dwóch gatunków nieposiadających wspólnego przodka. Organizm A otrzymuje od organizmu B materiał genetyczny, a przekazane geny zostają utrwalone w genomie organizmu A. Nabyty niespokrewniony gen może zastąpić jego funkcjonalny odpowiednik w genomie organizmu A.

# Poranne korale

■ MARCIN MAJKA, TOMASZ M. MAJKA

Póki pogoda dopisuje, możemy zaobserwować ciekawe zjawisko. Wystarczy tylko wstać skoro świt, po pogodnej nocy, aby na łące zobaczyć wspaniały widok. Tysiące pajęczyn pokrytych rosą. Można dostrzec misternie utkane, pokryte kropelkami rosy sieci krzyżaków i ich krewnych. Niektóre pajęczce konstrukcje są zaskakująco regularne, w innych nici splecione są bezładnie.

Dzieje się tak, ponieważ pająki zasadniczo stosują dwie genetycznie uwarunkowane strategie budowania swoich powietrznych pułapek. Pierwsza polega na pokryciu sieci kropelkami lepkiej cieczy. Skutecznie wiążą one ofiary, do których pająk zbliża się, wędrując po niciach niepokrytych tym szczególnie klejem. Druga strategia pole-

ga na tkaniu sieci bezładnych, które nie są pokryte żadną lepką substancją. Zamiast tego jej nici mają strukturę wełny, nie są gładkie. Rozdzielają się na kłębki nanowłókien, w których zaplątuje się ofiara. Pająki tkają taką sieć za pomocą narządu przypominającego grzebień, zwanego sitkiem przędnym.

Nici pajęczce to jeden z najbardziej niezwykłych materiałów. Są tak wytrzymałe, że upleciona z nich lina byłaby wielokrotnie bardziej wytrzymała od liny stalowej. Niektóre gatunki pajaków tkają specjalne rodzaje nici o oryginalnym splocie. Mikroskopijne kropelki rosy migrują po nich i łączą się ze sobą, tworząc większe krople. Dzieje się tak, ponieważ sucha nić jest zbudowana na przemian z kłębków o bezład-





nie ułożonych nanowłóknach i cienkich splotów z nanowłóknami ułożonymi równolegle. Gdy takie włókno znajdzie się w środowisku, w którym zachodzi kondensacja pary wodnej, najpierw w kłębkach tworzą się mikrokropelki, które – zwilżając je – powodują wielokrotne zmniejszenie ich objętości, w wyniku czego uzyskują one postać wrzecionowatych zgrubień. Dalsza kondensacja pary powoduje, że krople rosy powstają głównie na tych zgrubieniach, a następnie migrują i łączą się w większe krople.

Migracja kropeł po splocie pajęczej nici jest spowodowana większą zwilżalnością bardziej porowatych obszarów nici oraz wydłużonym kształtem węzłów sieci. Pomiedzy krawędzią styku nici z węzłem a rozszerzającym się wrzecionem pojawia

się siła wypadkowa wymuszająca przemieszczanie się kropli, a w konsekwencji ich łączenie się w jedną większą.

Póki jesień obdarza nas pogodnymi nocami i ciepłymi dniami, warto wybrać się wcześniej rano nad pobliską łąkę, najlepiej opodal lasu lub rzeczki, aby podziwiać wschód słońca w towarzystwie pokrytych rosą pajęczych nici.

#### MARCIN MAJKA

Technik elektronik spec. systemy komputerowe, student IV roku informatyki w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Tarnowie

#### mgr inż. TOMASZ M. MAJKA

Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej

## PIŚMIENNICTWO

- Janetos A. C., *Foraging tactics of two guilds of web-spinning spiders*, „Behavioral Ecology and Sociobiology” 1982, nr 10 (1), s. 19–27.
- Lewis R. V., *Spider silk: the unraveling of a mystery*, „Accounts of Chemical Research” 1992, nr 25 (9), s. 392–398.
- Riechert S. E., Tracy C. R., *Thermal balance and prey availability: bases for a model relating web-site characteristics to spider reproductive success*, „Ecology” 1975, nr 56 (2), s. 265–284.

# Nie tylko jedwab

Od ponad 5000 lat Chińczycy tkają jedwab z nici jedwabnika morwowego (*Bombyx mori*). Bez wątplenia osiągnięcie tej umiejętności było jednym z większych osiągnięć biologicznych i technologicznych ludzkości. Jednak różnego typu nici jedwabne są wytwarzane nie tylko przez motyle, ale również przez pająki i wiele innych stawonogów. Od wieków trudne do zbierania i tkania nici pajęczce były wykorzystywane jako doskonały materiał opatrunkowy. Swoje zastosowanie zawdzięczają niezwykłym właściwościom: wytrzymałości 0,02–1,7 GPa (stal – 1,5 GPa) i rozciągliwości – 10–500%. Największą wytrzymałością charakteryzuje się nić nośna pajęczyny wytwarzana przez pająki z gatunku *Caerostris darwini*. Oczywiście istnieją również bardzo delikatne nici pajęczce. Często pająki rozpoczynają budowę pajęczyny od utkania wytrzymałej nici nośnej, której długość może osiągać nawet kilkanaście metrów (opisano nić nośną o długości 25 m). Z uwagi na łatwość zbioru najlepiej poznano nici nośne, zbudowane z rdzenia i otoczki. Otoczka, która zwykle ma skomplikowany skład (lipidy, glikoproteiny, białka), jest cienka i otacza masywny rdzeń zbudowany praktycznie z dwóch rodzajów bardzo dużych białek (spidroina MaSp1 i MaSp2) o masie cząsteczkowej równej 300–350 kDa.

MaSp1 i MaSp2 są zbudowane z kilkuset modułów, z których każdy zawiera: w białku MaSp1 – na N-końcu sekwencję polialaninową, po której następuje szereg powtórzeń motywu GGX (gdzie X oznacza dowolny aminokwas); w cząsteczce MaSp2 powtórzenia motywu GGX są zastąpione przez powtórzenia motywu o sekwencji aminokwasowej GPGXX. Na poziomie mikroskopowym białka rdzenia nośnej nici pajęczce tworzą strukturę przypominającą nieco linę.

Wielokrotnie próbowano uzyskać znaczące ilości zrekombinowanych białek nici jedwabnej w układzie heterologicznym, w szczególności w komórkach *Escherichia coli*. Niestety, próby te zakończyły się niepowodzeniem. Otrzymywano jedynie niewielkie ilości białek o masie nieprzekraczającej 110 kDa, a z reguły znacznie mniejszych. Jest to zapewne związane z ograniczeniami biologicznymi gospodarza, związanymi z ogromnym kosztem energetycznym syntezy wysokocząsteczkowych białek oraz ze szczególnymi właściwościami zre-

kombinowanych spidroin, np. słaba rozpuszczalność w wodzie, tendencja do agregowania, w wyniku czego powstają małe fibrylarne struktury o niewielkiej przydatności w procesach biotechnologicznych. Niestety, zrekombinowane spidroiny tworzą włókna, które praktycznie ani strukturą, ani właściwościami nie przypominają jedwabnych nici. To kolejny dowód potwierdzający tezę mówiącą, że aby uzyskać w układzie heterologicznym funkcjonalne białko, np. w komórce pałeczki okrężnicy białko pajęczce, nie wystarczy wprowadzić do komórki gospodarza prawidłowo skonstruowany gen pozwalający na syntezę proteiny o właściwej sekwencji aminokwasowej.

<red>



Malowany jedwab

# Metoda projektów w gimnazjum

■ STANISŁAW MAKARA

Reforma staje się codziennością polskiej szkoły. To zdanie zaczerpnąłem z wprowadzenia do książki pt., *Uczenie metodą projektów* napisanej pod redakcją Doroty Gołębniak, a wydanej przez WSiP w roku 2002. Mimo że od czasu wydania tej książki mija prawie 10 lat, to stwierdzenie, że reforma staje się codziennością, jest tak samo aktualne jak to, że powszechna staje się metoda projektów. Kiedyś wykorzystywanie w szkole metody projektów było traktowane jako wprowadzanie innowacji przez nauczyciela, dziś metoda ta staje się obowiązkowa, przynajmniej w gimnazjum. Aktualność określenia stanu polskiej szkoły – szkoła w permanentnej reformie – jest zrozumiała.

Zwraca na to uwagę redaktor tej książki, Dorota Gołębniak, we wprowadzeniu. Cytuje: Następuje pożegnanie z mitem, że reformowanie polskiej szkoły ma polegać na jednorazowym wdrożeniu „nowych” odgórnych, eksperckich programów nauczania czy wychowania. Realizacja nowej podstawy programowej w gimnazjum wymaga wprowadzenia do systemu edukacyjnego elementów, które pozwolą na osiągnięcie wskazanych w niej celów. Jednym z takich elementów jest projekt edukacyjny. Stanowi o tym Rozporządzenie MEN z 20 sierpnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków i sposobów oceniania, klasyfikowania i promowania uczniów i słuchaczy oraz przeprowadzania sprawdzianów i egzaminów w szkołach publicznych (DzU z 2010 r. nr 156, poz. 1046), którego zapisy dotyczące projektu pozwalają sobie przytoczyć.

§ 21a. 1. Uczniowie gimnazjum biorą udział w realizacji projektu edukacyjnego.

§ 21a. 2. Projekt edukacyjny jest zespołowym, planowanym działaniem uczniów, mającym na celu rozwiązanie konkretnego problemu, z zastosowaniem różnorodnych metod.

§ 21a. 3. Zakres tematyczny projektu edukacyjnego może dotyczyć wybranych treści nauczania określonych w podstawie programowej kształcenia ogólnego dla gimnazjów lub wykraczać poza te treści.

§ 21a. 4. Projekt edukacyjny jest realizowany przez zespół uczniów pod opieką nauczycieli i obejmuje następujące działania:

- 1) wybranie tematu projektu edukacyjnego;
- 2) określenie celów projektów i zaplanowanie etapów jego realizacji;
- 3) wykonanie zaplanowanych zadań;
- 4) publiczne przedstawienie rezultatów projektu edukacyjnego.

Projekt edukacyjny musi spełniać następujące warunki:

- cel projektu musi być zagadnieniem problemowym, a zadaniem uczniów będzie znajdowanie rozwiązań problemu;
- w realizacji projektu musi uczestniczyć zespół uczniów, którzy pod kierunkiem nauczyciela realizują określone zadania;
- projekt musi być realizowany zgodnie z planem;
- uczniowie realizujący zadania projektu wykorzystują różne metody pracy.

Rozporządzenie pozostawia w gestii nauczycieli wybór tematyki problemu, jego zakresu i metody pracy uczniów. Kryteria oceny uczniów za udział w realizacji projek-

tu zapisuje się w wewnątrzszkolnym systemie oceniania. Dyrektor gimnazjum w porozumieniu z radą pedagogiczną określa szczegółowe warunki realizacji projektu. Uczniowie i ich rodzice powinni od szkoły otrzymać informacje, które pozwolą im znaleźć odpowiedzi na następujące pytania:

1. Co to jest projekt edukacyjny i kto ma obowiązek w nim uczestniczyć?
2. Na jakich warunkach można ucznia zwolnić z obowiązku realizacji projektu?
3. Jakie są cele edukacyjne projektu?
4. Z czyjej pomocy mogą korzystać uczniowie podczas realizacji projektu?
5. W jakim terminie nauczyciele mają składać u dyrektora tematy projektów?
6. Do kiedy dyrektor ma obowiązek ogłosić tematy projektów?
7. Na jakich zasadach i w jakim terminie uczniowie zgłaszają się do realizacji poszczególnych projektów?
8. Jak ma wyglądać karta realizacji projektu?

Wprowadzenie metody projektu jako obowiązkowej wymaga od nauczycieli wykazania się inwencją twórczą oraz umiejętnością zorganizowania pracy uczniów biorących udział w jego realizacji.

Rolę przewodników dla nauczycieli, jak i innych osób zainteresowanych tym zagadnieniem mogą pełnić publikacje przygotowane przez ORE:

- A. Mikina, B. Zajac, *Metoda projektów w gimnazjum. Poradnik dla nauczycieli i dyrektorów gimnazjum*, [ww.men.gov.pl](http://ww.men.gov.pl);
- J. Strzemieczny, *Jak organizować i prowadzić gimnazjalne projekty edukacyjne. Poradnik dla dyrektorów, szkolnych organizatorów projektów*, [www.men.gov.pl](http://www.men.gov.pl).

Wydawnictwa WSiP i Nowa Era ogłosiły konkursy na najlepsze projekty. Na stronie internetowej Nowej Ery znajdują się zakładki, *Metoda projektu* oraz *Biblioteka projektów*, w których można znaleźć zarówno materiały na temat metody projektów, jak i przykłady projektów nadesłanych na konkurs. Również na stronie WSiP-u znajdziemy materiały na temat projektów w zakładce *Gimnazjum – nowe otwarcie*. CEO prowadzi serwis *Gimnazjalny*

*projekt edukacyjny*, który jest również źródłem wiedzy z tego zakresu.

W internecie ukazują się materiały dotyczące projektów edukacyjnych. Ciekaw jestem, jak długo nauczyciele będą kreować oryginalne projekty, nie powielając innych.

### Metoda projektu – trochę historii

Metoda projektu zrodziła się na początku XX wieku. Była ona reakcją na nauczanie metodami tradycyjnymi, kierowanymi odgórnymi zarządzeniami. Wprowadzenie metody projektu miało na celu stworzenie uczniowi warunków, w których mógłby zdobywać wiedzę samodzielnie. Za jej twórcę uważa się Williama Kilpatricka, który zdefiniował projekt jako *odważne, planowe działanie wykonywane z całym sercem w środowisku społecznym*.

*Metoda projektów* to jedna z metod nauczania, która polega na samodzielnym realizowaniu przez uczniów zadania przygotowanego przez nauczyciela na podstawie wcześniej ustalonych założeń. Metoda projektów opiera się na założeniu, że jedną z podstawowych cech edukacji powinno być *ukazywanie uczniom współczesnego świata całościowo i przygotowanie ich do aktywnego uczestniczenia w nim*. Kluczowym hasłem w takim ujmowaniu edukacji jest integracja międzyprzedmiotowa. Nauczanie metodą projektów rozszerza wąskie ramy oddzielnych przedmiotów. Pomaga uzyskać kompleksową wiedzę na dany temat. Daje też możliwości podejmowania różnych inicjatyw na rzecz środowiska. Może być platformą do realizacji celów dydaktycznych i wychowawczych. Pozwala na rozbudzanie twórczości uczniów, indywidualizowanie procesu kształcenia, wskazywanie sposobów uczenia się oraz takie organizowanie ukierunkowanej działalności młodzieży, która pozwoli jej docenić sens edukacji.

Nauczanie metodą projektu jest alternatywą dla systemu nauczania klasowo-lekcyjnego. Nauczyciel wskazuje uczniom zbiór możliwych celów działań i dróg do ich osiągnięcia. Uczniowie przystępują do realizacji projektu wybierając zadania,

których realizacja jest w zasięgu ich możliwości i zainteresowań.

Wyróżniamy dwa rodzaje projektów edukacyjnych:

- **Projekt badawczy** polegający na zebraniu i usystematyzowaniu pewnych treści, jego rezultaty są przedstawiane w formie wywiadów, albumów, gier, rysunków, esejów itp.
- **Projekt działania lokalnego** polegający na podjęciu jakiegoś działania (społecznie użytecznego) w środowisku lokalnym. W trakcie realizacji zadań projektu, niezależnie od jego tematyki, uczniowie kształtują i rozwijają wiele kluczowych umiejętności, takich jak:
  - organizowanie własnej pracy;
  - planowanie i podejmowanie decyzji;
  - zbieranie i selekcjonowanie informacji;
  - bezpośrednie badanie rzeczywistości;
  - rozwiązywanie problemów;
  - stosowanie zdobytej wiedzy w praktyce;
  - prezentowanie własnego punktu widzenia;
  - przygotowanie do publicznych wystąpień;
  - współpraca w grupie.

Efekty realizacji projektów (prezentacje multimedialne, albumy, plakaty, makiety i inne) mogą wzbogacić pracownię w pomoce naukowe. Realizacja projektów służy podniesieniu poziomu nauczania i jakości pracy szkoły.

### Wykorzystanie metody projektów w propagowaniu idei rozwoju zrównoważonego

Dekada Edukacji dla Zrównoważonego Rozwoju została ogłoszona przez ONZ 1 marca 2005 r., a UNESCO wyznaczono do podejmowania i koordynowania działań realizowanych w jej ramach. Głównym celem Dekady jest integracja zasad, wartości i praktyk zrównoważonego rozwoju we wszystkich aspektach edukacji i oświaty. Edukacja na rzecz zrównoważonego rozwoju ma prowadzić do respektowania godności ludzkiej, poszanowania różnorodności, ochrony środowiska naturalnego i zasobów

Ziemi. Dekada Edukacji dla Zrównoważonego Rozwoju jest apelem o przesylenie filozofii edukacji ekologicznej filozofią zrównoważonego rozwoju. Idea zrównoważonego rozwoju może być źródłem kreowania projektów, które mogą służyć poszerzaniu wiedzy uczniów, kształtowaniu umiejętności i postaw. Przy planowaniu projektów warto posłkować się celami określonymi w Deklaracji Tbiliskiej. Są nimi:

- uświadomienie ludziom globalnego charakteru środowiska;
- dostarczenie wiadomości o środowisku i związanych z nim problemach;
- kształtowanie postaw poprzez inspirowanie wyboru wartości i dostarczenie motywacji do zmiany postaw na przyjazne środowisku;
- nabycie kompetencji – kształcenie zdolności określania i rozwiązywania problemów dotyczących środowiska;
- demokratyzacja – umożliwienie aktywnego uczestnictwa w rozwiązywaniu problemów ekologicznych zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju.

Zrównoważony rozwój oznacza poszukiwanie harmonii między aspektami: społecznym, przyrodniczym, kulturowym i gospodarczym w każdym ludzkim działaniu. To poszukiwanie harmonii dotyczy nie tylko ludzi żyjących obecnie, ale również przyszłych pokoleń. Edukacja może dostarczyć metod, narzędzi i umiejętności, które pozwolą na badanie procesów zachodzących w świecie oraz nauczyć dokonywania krytycznych wyborów. Dokonywanie wyborów to poruszanie się w sferze wartości. Oznacza to, że mamy obowiązek uczyć o różnych wartościach, uczyć umiejętności wyboru, a przede wszystkim pokazać właściwą hierarchię wartości. Umacnianie w uczniach sfery wartości doprowadzi do ukształtowania postawy odpowiedzialności za świat. Taki właśnie jest ostateczny cel edukacji na rzecz zrównoważonego rozwoju.

Jest on w pełni zgodny z celem kształcenia ogólnego na III i IV etapie kształcenia, który brzmi: *kształtowanie u uczniów postaw warunkujących sprawne i odpowiedzialne*

funkcjonowanie we współczesnym świecie. Realizacja projektu jest również okazją do realizacji pozostałych celów kształcenia. Są to: 1) przyswojenie przez uczniów określonego zasobu wiedzy na temat faktów, zasad, teorii i praktyki; 2) zdobycie przez uczniów umiejętności wykorzystania posiadanych wiadomości podczas wykonywania zadań i rozwiązywania problemów.

Spośród wielu definicji projektu ta sformułowana przez W. H. Kilpatricka najbardziej przemawia do uczniów i mobilizuje ich do działania w środowisku. Warto ją przypomnieć. *Projekt to odważne, planowe działanie wykonywane z całym sercem w środowisku społecznym.* W definicji tej zawiera się sens edukacji ekologicznej, który chyba najlepiej ujmuje Anna Kalinowska w książce *Ekologia – wybór przyszłości*. Cytuję za autorką: *Mądra edukacja ekologiczna nie może ograniczać się do przekazania porcji wiadomości niezbędnych do zrozumienia, jak funkcjonuje świat... Powinna także służyć wykształceniu aktywności i odpowiedzialności za los świata. Odpowiedzialność i aktywność, możliwość podejmo-*

*wania decyzji proekologicznych to nie tylko sprawa wiedzy, ale i postaw. Postawy zaś wywodzą się z mocno wpojonych zasad etycznych i wykształconej (przyjętej) hierarchii wartości. Właśnie kształtowanie tych zasad hierarchii, gdzie „wolę być” górowałoby nad „wolę mieć” powinno leżeć u podstaw strategii edukacji ekologicznej.*

O ile wybór pomiędzy *być*, a *mieć* wydaje się klarowny przy podejmowaniu działań mających wpływ na środowisko, to jednak nie jest to jedyne kryterium wartościowania zachowań ludzi. Pewne zachowania są powielaniem wzorców, które są zwyczajami towarzyszącymi świętowaniu. Do takich zwyczajów zaliczam odpalanie fajerwerków i petard podczas sylwestra, ale także podczas całego okresu świąt Bożego Narodzenia trwającego od 24 grudnia do 6 stycznia. Religijna natura tych świąt daje okazję, aby przywołać autorytet świętego Franciszka – patrona ekologii – i wykorzystać go jako patrona akcji. *Więcej rozsądku – mniej fajerwerków.*

Akcja ta jest jednym z elementów projektu, którego koncepcję przedstawiam.

## **Pasjonatów fotografii przyrodniczej zapraszamy do współpracy!**

Najlepsze zdjęcia opublikujemy w naszym czasopiśmie jako „Zdjęcia numeru”.

Prosimy je przysyłać w formacie JPG (300 dpi, min. 1800×1200)

na adres: [prazm@gazeta.pl](mailto:prazm@gazeta.pl)





# Jak przeżyć święta Bożego Narodzenia zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju

## Projekt edukacyjny

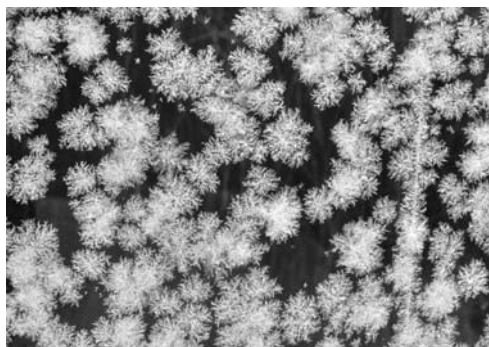
■ STANISŁAW MAKARA

**P**rojekt jest realizowany przez uczniów we współpracy ze społecznością lokalną. Nadrzędnym celem projektu jest propagowanie idei zrównoważonego rozwoju w życiu codziennym i podczas świąt Bożego Narodzenia, które są szczególnym okresem w życiu Polaków.

W okresie świąt Bożego Narodzenia wiele zachowań ludzi ma negatywny wpływ na środowisko, co stoi w sprzeczności zarówno z ideą świąt Bożego Narodzenia, jak i zasadami zrównoważonego rozwoju, którego definicja brzmi: Rozwój zrównoważony jest to wykorzystanie zasobów środowiska w taki sposób, żeby zaspokajając swoje potrzeby, myśleć o przyszłych pokoleniach.

Istoty ludzkie są w centrum zainteresowania w procesie zrównoważonego rozwoju. Mają prawo do zdrowego i twórczego życia w harmonii z przyrodą. Nadrzędnym celem projektu, który znalazł swój wyraz w temacie, jest zainicjowanie zmian w zachowaniach ludzi, które przejawiają się w okresie świąt Bożego Narodzenia.

Formy literackie (kolędowanie, jasełka, szopka), które są typowe dla tego okresu, sprzyjają przekazowi ekologicznych wzorców zachowań.



### Cele szczegółowe:

Uczeń potrafi:

- określić sens świąt Bożego Narodzenia w życiu ludzi i racjonalny sposób ich spędzania;
- wyróżnić wśród obrzędów i zwyczajów świątecznych elementy wywodzące się z tradycji religijnej i zwyczajów świeckich;
- dokonać analizy i oceny różnych zachowań ludzi, które mają związek ze świętami, biorąc jako kryterium ich wpływ na środowisko i jego mieszkańców;
- zorganizować akcję stanowiącą cel projektu;
- wymienić związki chemiczne wprowadzane do środowiska podczas odpalania fajerwerków i określić ich wpływ na środowisko;
- scharakteryzować wpływ efektów świetlnych i dźwiękowych towarzyszących odpalaniu fajerwerków na zwierzęta (zwłaszcza psy i koty);
- wskazać zagrożenia związane z odpalaniem fajerwerków dla zdrowia ludzi (wypadki);
- rozpoznawać gatunki drzew i krzewów iglastych.

**Postawy**, które przejawiać się będą w:

- aktywnym udziale w kulturze;
- umiejętności oceny wpływu określonych zachowań ludzi w okresie świąt Bożego Narodzenia na środowisko;
- propagowaniu zmian zachowań ludzi w okresie świąt.

**Formy realizacji projektu**

Grupa zajęć	Tematyka zajęć	Formy zajęć	Termin
Religia, oaza	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Dwa wymiary świąt Bożego Narodzenia: religijny i obyczajowy (folklor).</li> <li>■ Zachowania ludzi w okresie świąt i ich wpływ na środowisko.</li> <li>■ Święty Franciszek jako patron ekologów.</li> </ul>	Zajęcia otwarte	
Koło LOP – sekcja ekologów	Poznajemy ideę zrównoważonego rozwoju i wcielamy ją w życie, biorąc udział w projekcie <i>Jak przeżyć święta Bożego Narodzenia w zgodzie z tradycją i zasadami zrównoważonego rozwoju.</i>	Zajęcia warsztatowe dla rodziców i uczniów	
Koło LOP – sekcja chemików	<i>Więcej rozsądku – mniej fajerwerków</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Wpływ środków chemicznych zawartych w fajerwerkach na środowisko.</li> <li>■ Wpływ efektów świetlnych i akustycznych towarzyszących pokazom fajerwerków na zwierzęta.</li> </ul>	Sesja popularnonaukowa	
Koło LOP – sekcja plastyków	Wykonywanie plakatów propagujących akcję: <i>Święta w zgodzie z tradycją i zasadami zrównoważonego rozwoju.</i>	Konkurs na plakat	
Koło LOP – sekcja artystów	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Teatrzyk-szopka na temat: Jacy jesteśmy, Polacy?</li> <li>■ Redagowanie tekstów pastorałek.</li> </ul>	Impreza środowiskowa	
Koło LOP – sekcja informatyków	Przygotowanie i przedstawienie prezentacji multimedialnej ukazującej projekt jako utwór.	Prezentacja multimedialna	
Koło LOP – młodych dziennikarzy	Redagowanie artykułu do lokalnej prasy na temat akcji: <i>Święta w zgodzie z tradycją i zasadami zrównoważonego rozwoju.</i>	Artykuł do gazetki i prasy lokalnej	

**PIŚMIENNICTWO**

- Boże Narodzenie. Tradycje polskich świąt*, www.bozenarodzenie.swieta.biz.
- Ekologiczne Święta Bożego Narodzenia. Ekolodzy podpowiadają, jak spędzić „zrównoważone święta”*, Ekologia.pl.
- Makara S., *Park podworski – świadectwem historii. Projekt edukacji ekologicznej (środowiskowej) dla gimnazjum*, „Aura” 2004, nr 1, s. 5–6.
- Makara S., *Pomóżmy ptakom przetrwać zimę: realizacja ścieżki ekologicznej metodą projektu*, „Biologia w Szkole” 2003, nr 2, s. 115–117. Wyróżnienie w konkursie na scenariusz lekcji z wykorzystaniem internetu.
- Uczenie metoda projektów*, pod red. B. D. Gołębiak, Warszawa, WSiP 2002.
- 10 przykazań Fundacji Nasza Ziemia, jak spędzić ekologicznie Święta Bożego Narodzenia*, www.naszaziemia.pl.

**„Biologia w Szkole” w wersji cyfrowej!**

Nasze czasopismo można kupić i zaprenumerować w wersji cyfrowej, w postaci pliku PDF, na następujących platformach: **www.raabe.com.pl**, **www.zixo.pl**, **www.kiosk24.pl**.  
Wydania archiwalne można zamówić poprzez naszą stronę internetową: **www.edupress.pl**.

# Jak powitać Nowy Rok zgodnie z tradycją i zasadami zrównoważonego rozwoju

■ STANISŁAW MAKARA

**Cel nadrzędny:** Ukazanie sylwestra jako zwyczaju w aspekcie historycznym i ekologicznym.

## Cele szczegółowe:

Uczeń potrafi:

- opisać genezę zwyczaju sylwestrowej nocy;
- wykazać, że odpalanie petard i fajerwerków przynosi ujemne skutki dla środowiska i jego mieszkańców;
- wymienić związki chemiczne przenikające do środowiska podczas odpalania fajerwerków i określić ich wpływ na środowisko;
- opisać krążenie różnych substancji w ekosystemie;
- scharakteryzować wpływ efektów świetlnych i dźwiękowych towarzyszących odpalaniu fajerwerków na zwierzęta (zwłaszcza psy i koty).

**Postawy,** które przejawiać się będą w:

- zdolności oceny zachowań w okresie sylwestra, które mają wpływ na środowisko;
- umiejętności aktywnego współuczestnictwa w ochronie lokalnego środowiska.

**Metody i formy zajęć:** dyskusja panelowa.

**Środki dydaktyczne:** teksty opracowane przez uczniów na podstawie literatury i internetu.

**Narrator.** Sylwester jest dniem szczególnym. Pożegnanie starego i powitanie Nowego Roku to dla wielu okazja do zabaw i balów, którym towarzyszą pokazy fa-

jerwerków i petard. Zachowania te nie są obojętne dla środowiska.

W mediach czytamy o różnych akcjach podejmowanych przez różne środowiska. Celem naszej dyskusji panelowej jest ukazanie sylwestra jako zwyczaju w aspekcie kulturowym i ekologicznym. Myślę, że większość ludzi nie zna genezy tego zwyczaju, dlatego oddajmy głos historykowi, który wprowadzi nas w to zagadnienie.

**Historyk.** Tradycja sylwestrowej nocy ma ponad 1000 lat. Ludzie żyjący na przełomie wieków wierzyli w prorocтва Sybilli, które głosiły, jakoby to właśnie z rozpoczęciem roku tysięcznego miał nastąpić koniec świata. Mieszkańcy Europy, w tym głównie Włoch, przeżyli więc 31 grudnia 999 roku bardzo niespokojną noc. Gdy nastąpiła północ, nie doszło jednak do zapowiadanego końca świata. Rozentuzjasmowani ludzie wybiegli więc na ulice miast i zaczęli świętować nadejście Nowego Roku.

Nadejście roku tysięcznego nie zakończyło się zapowiadaną tragedią. Ówczesny papież Sylwester II po raz pierwszy udzielił błogosławieństwa *Urbi et Orbi*, czyli *Miastu i Światu*. Stąd też ostatni wieczór każdego roku nazywany jest sylwestrem. W ten sposób staliśmy się spadkobiercami zwyczaju, który przetrwał do dziś. Sposoby świętowania tego wyjątkowego wieczoru zmieniały się i były zależne od kraju i ludzi, którzy go organizowali. Warto pamiętać, że starożytni Rzymianie byli miłośnikami rozrywek, a hasło *chleba i igrzysk* wywodzące się z tamtych czasów przyświeca dziś wielu ludziom prezentującym postawę konsumpcyjną.

**Narrator.** Zwyczaj ten przybierał różne formy. Człowiek określany przez socjologów jako homo ludens lubi się bawić. Zabawy są źródłem kultury. Któż z was nie lubi się bawić? Jednak niektóre zabawy homo ludens szkodzą środowisku. Warto zwrócić uwagę głównie na masowe używanie fajerwerków i petard. Fachowcem w tej dziedzinie jest chemik – aktywny członek szkolnego koła LOP.

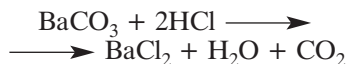
**Chemik.** Sztuczne ognie wynaleziono w Chinach przed narodzeniem Chrystusa, a jeszcze do niedawna były wystrzeliwane za pomocą prochu. Obecnie stosowane są środki bardziej zaawansowane technologicznie, ale zasada ich działania jest właściwie wciąż ta sama. Środki pirotechniczne dostarczają niezwykłych doznań wizualnych, ale przy tym są też wielką bombą chemiczną, której zawartość po wystrzeleniu zawsze opada na ziemię. Warto jednak pomyśleć o wpływie fajerwerków na środowisko. Czy wiecie, w czym tkwi tajemnica efektów świetlnych, które towarzyszą pokazom sztucznych ogni? Olsniewająca czerwień, zieleń, biel, spadające kolorowe gejzery to barwy związane ze spalaniem metali: baru i strontu. Otóż ognie białe powstają w wyniku spalania mieszanin soli baru, głównie azotanu baru. Końcowym produktem spalania jest tlenek baru lub węglan baru. Światło zielone towarzyszy spalaniu soli baru, w wyniku czego powstaje trujący chlorek baru. Co dzieje się z tymi związkami.? Nietrudno sobie wyobrazić – dostają się do gleby, wody, pozostają na ubraniach lub ciele osób obserwujących pokazy na świeżym powietrzu. Środki masowego przekazu donosiły, że w wieczór sylwestrowy na rynek we Wrocławiu przybyło 70 tys. osób. Jeżeli przyjąć, że co piaty przyniósł i odpalił jakieś fajerwerki, w których znajdowały się przynajmniej 2 g soli baru, to do atmosfery w najbliższym otoczeniu dostało się około 50 kg silnie toksycznych soli baru. Ilość ta stanowi śmiertelną dawkę dla 50 tys. dorosłych.

**Narrator.** Nadszedł moment, żeby od dać głos ekologowi.

**Ekolog.** Ekologia to nauka o wzajemnych zależnościach pomiędzy organizmami żywymi a środowiskiem. Ekolodzy, ukazując obieg materii w ekosystemach, potrafią prześledzić również krążenie substancji toksycznych, takich jak związki baru. Wiadomo, że włączają się one do obiegu materii w różnych ekosystemach, do których wnikną. Wiele z nich opadnie na dachy domów, ubrania ludzi, część dostanie się do gleby. Mogą się one również przedostać przez układ pokarmowy i oddechowcy do naszego organizmu.

**Narrator.** Jakie skutki w organizmie mogą one wywołać? Zapytajmy o to lekarza.

**Lekarz.** Tlenek baru i węglan barowy po przedostaniu się do żołądka reagują z kwasem solnym zawartym w soku żołądkowym. Przedstawiają to reakcje:



Powstający w wyniku tych reakcji chlorek barowy ma właściwości trujące i wpływa negatywnie na nasz organizm. W wyniku spalania substancji zawartych w fajerwerkach tworzą się związki, które często bywają szkodliwe, choćby wysoce toksyczne związki baru. Badania na temat zawartości baru w środkach pirotechnicznych przeprowadzili między innymi naukowcy z Uniwersytetu Technologicznego w Wiedniu. Przedmiotem ich analiz był śnieg znajdujący się w miejscu pokazów sztucznych ogni. Stężenie baru w śniegu pobranym po pokazie było nawet 500 razy większe niż przed nim. Wyniki badań pokazują, jak wielkie ilości trujących substancji muszą wdychać uczestnicy takich imprez. Tymczasem bar i jego związki wpływają negatywnie na drogi oddechowe oraz mogą potęgować objawy astmy. Szkodliwe działanie nie ogranicza się jednak do ludzi – wszystkie wspomniane wyżej trujące substancje wnikają do wód oraz gleby i tam pozostają na lata.

Badania na temat szkodliwości fajerwerków przeprowadzali także naukowcy z Politechniki Śląskiej. Zwracają oni uwagę na to,

że niebezpieczne substancje odkładają się w organizmie i wywołują choroby kości, wątroby i nerek. Postulują też, aby zamiast szkodliwego baru i strontu używać berylu, magnezu i wapnia, które nie mają właściwości toksycznych.

Jeszcze inne badania dotyczące szkodliwości fajerwerków przeprowadzili naukowcy z University of Leeds, którzy badali stopień zapylenia powietrza podczas pokazów. Najpierw określili stopień normalnego zapylenia dla badanej okolicy. Porównanie poziomów zapylenia przed pokazem i po nim wykazało, że koncentracja zanieczyszczeń w atmosferze potrafi wzrosnąć nawet dziesięciokrotnie. Wdychane przez człowieka mogą wywołać choroby układu oddechowego i układu krążenia.

**Narrator.** Jak zatem możemy zneutralizować skutki tego zjawiska? Oddaję głos ekologowi.

**Ekolog.** Przyroda uwięziła atomy szkodliwych metali występujących w skorupie ziemskiej w związkach, które są nieszkodliwe dla ludzi. Nierozpuszczalny i nieszkodliwy dla człowieka siarczan baru zalega w pokładach jako baryt. Spróbujmy – podobnie jak to uczyniła natura – unieszkodliwić sole baru, wykorzystując reakcje wymiany:



Najlepiej jednak szkodliwy bar i stront zastąpić wapniem i berylem.

**Narrator.** Pokazy sztucznych ogni, którym towarzyszy kanonada wybuchów petard, to formy fetowania, które tak naprawdę mają niewiele wspólnego z kulturą. Warto zastanowić się, czemu to służy. Chyba tylko producentom tych produktów. A komu to na pewno nie służy? Oddaję głos zoologowi i miłośnikowi kotów i psów.

**Zoolog.** Zwierzęta drapieżne w drodze ewolucji wykształciły nader czułe zmysły, co umożliwia im sprawne zdobywanie pożywienia. Nasze domowe drapieżniki mają bardzo czułe zmysły, a to wpływa na skalę

nieprzyjemnych doznań, jakich doświadczają w sylwestra. Pies doskonale słyszy dźwięki w zakresie częstotliwości 16–50 000 Hz, podczas gdy człowiek obdarzony doskonałym słuchem może usłyszeć tony do 20 000 Hz. Słuch kota jest jeszcze czulszy, a na dodatek dzięki szybkim ruchom uszu znacznie szybciej niż pies potrafi zlokalizować źródło hałasu. Niestety, wrażliwość zwierzęcych uszu jest ich zmorą w czasie sylwestra. Umiarkowany hałas, jaki często towarzyszy wystrzałom fajerwerków, dla zwierząt może oznaczać już fizyczny ból. Do tego dochodzi stres związany z częstotliwością i długo-trwałością takich dźwięków – wszak nierzadko już o dwudziestej słychać pierwsze wystrzały. Do tego dochodzą błyski kojarzące się zwierzętom z piorunami. Nic dziwnego, że wiele zwierząt wpada wtedy w panikę i stara się ukryć lub uciec jak najdalej. Wiele z nich boi się zwykłej burzy, a w sylwestra dla zwierząt panuje taka kilkugodzinna burza, tylko znacznie głośniejsza.

**Narrator.** Co zatem zrobić, by nasi podopieczni możliwie spokojnie przetrwali sylwestrową noc i przywitali Nowy Rok? Odpowiedzi na to pytanie udzieli specjalista weterynarz.

**Weterynarz.** Wszystko zależy od tego, jak bardzo nasz pupil boi się sylwestrowych wystrzałów. Małe psy można już od młodości oswajać z niespodziewanym hałasem, tak by później go się nie bały. Gdy zwierzę jest już dorosłe, na taki trening jest za późno, pozostają zatem inne środki zaradcze.

■ Jeżeli pies lub kot reagują silnie, wręcz panicznie, warto odwiedzić najbliższą klinikę weterynaryjną. Specjalista zaaplikuje zwierzęciu odpowiednie środki uspokajające, dostosowane do jego wagi, kondycji i wieku. Wskazane jest, by odwiedzić weterynarza już kilka dni przed sylwestrem, bo podawanie środków uspokajających trzeba zacząć wcześniej. Nie można ich aplikować zwierzęciu bez konsultacji ze specjalistą. Reakcje zwierząt na poszczególne składniki preparatów medycznych są inne od naszych, a nieumiejętne podanie specyfiku czy jego

niewłaściwa dawka mogą tylko zaszkodzić zwierzęciu.

- Warto pamiętać, by psa wyprowadzać tylko na smyczy – ta zasada jest szczególnie ważna w sylwestra. Fajerwerki słychać już od rana, a zwierzę spuszczone ze smyczy może w panice gdzieś uciec. Co roku strażnicy miejscy odwożą do schronisk kilkanaście psów, które zgubiły się w sylwestra, dlatego warto, by zwierzę miało przy obroży dane właściciela. Ostatni wieczorny spacer z czworonogiem powinien zakończyć się przed dwudziestą, bo od tej godziny coraz częściej słychać już fajerwerki. Zmęczony zabawą pies czy kot po prostu łatwiej i szybciej zaśnie oraz spokojnie prześpi „wybuchowe godziny”.
- Warto, by zwierzę miało w domu miejsce, gdzie czuje się bezpiecznie. Wiele zwierząt, słysząc pierwsze petardy, zaszyje się w takim miejscu i za nic nie będzie chciało opuścić przytulnej przestrzeni pod szafą czy łazienki ze zgaszonym światłem. Takich zwierząt nie wolno wyciągać z ich kryjówek. Dobrze jest przy okazji spuścić żaluzje i zasłonić zasłony lub powiesić koc – wszystko to odizoluje zwierzęta od błysków i hałasu. Zwierzęta spokojniej reagują na wszelkie stresowe sytuacje, gdy obok jest właściciel – jednak nie zawsze jest to możliwe w sylwestra, stąd też bezpieczna i ciemna kryjówka jest tak ważna.

**Narrator.** Uzupełniając, dodam, że również dzikie zwierzęta reagują stresem na błyski i dźwięki. Ciekawe, co na to by powiedział święty Franciszek?

**Franciszkanin.** Szkoda, że przy okazji świąt tak mało mówi się o świętym Franciszku, który jest patronem ekologów i autorem pierwszej szopki. Święty Franciszek jest największym ekologicznym myślicielem, który cieszy się światem, kocha go i szanuje, a rośliny i zwierzęta budzą jego najpiękniejsze uczucia. Przyroda jest dziełem Boga i zasługuje na szacunek, ponieważ stanowi odbicie piękna Bożego. Jako chrześcijanie powinniśmy wsłuchać się w to, co mówił, i zastanowić się nas zachowaniami ludzi podczas świąt.

Spośród 10 przykazań sformułowanych na konferencji żydów i chrześcijan w Halling Hoog w październiku 1982 roku 3 brzmi: *Nie okradaj przyszłości, szanuj swoje dzieci, dając im możliwość długiego życia.* Jego treść stanowi przesłanie zrównoważonego rozwoju. Może ono być osnową dla formułowania treści noworocznych życzeń.

**Narrator.** W sylwestrową noc odnotowujemy wiele wypadków. O tym opowie lekarz.

**Lekarz.** Tak, co roku odnotowujemy wiele wypadków, którym ulegają ludzie nieumiejętnie odpalający różne środki pirotechniczne. O ile profesjonalne środki pirotechniczne z zasady wybuchają w powietrzu, o tyle popularne petardy z racji wybuchania na ziemi stanowią zagrożenie. Najczęściej używają ich ludzie młodzi, którzy nie tylko nie zachowują podstawowych zasad bezpieczeństwa, ale wręcz sami stwarzają niebezpieczne sytuacje. Potrafią rzucić petardę pod nogi, na ubranie – nigdy nie wiadomo, gdzie wybuchnie, i czy nie spowoduje nieodwracalnych uszkodzeń nie tylko słuchu, ale i całego ciała. Warto też zauważyć, że wiele osób ulega wypadkom podczas odpalania różnych środków pirotechnicznych. Dlatego apeluję o ostrożność, choć najlepszym rozwiązaniem tego problemu jest ograniczenie skali takiego fetowania nadejścia Nowego Roku do rozmiarów symbolicznych, jeżeli uważamy, że ten symbol ma jakieś znaczenie dla naszej pomyślności w Nowym Roku.

**Narrator.** Widok ulic pełnych opakowań po fajerwerkach stanowi smutne dopełnienie skutków, jakie są następstwem zabaw sylwestrowych. Tak więc zabawy, które są formą kultury ludzi, przybierają często formę, która nie ma nic wspólnego zarówno z kulturą homo ludens, jak i mądrością *Homo sapiens*.

A teraz zapraszam wszystkich do dyskusji.

## PIŚMIENNICTWO

- Boryczko E., *Sylwestrowe szaleństwo i ekologia*, „Aura” 1993, nr 3. Dodatek ekologiczny dla szkół nr 7.
- <http://empatia.pl/str.php?id=901&dz=3>
- Kaczorowski M., *Noc Sylwestrowa dla zwierząt to koszmar. Jak pomóc naszym pupilom?*, Ekologia. pl.

# Fotosynteza – propozycja rozwiązań metodycznych

■ MARLENA ZIELIŃSKA, ALINA TREJGELL

**F**otosynteza to jeden z najważniejszych procesów przebiegających w organizmach żywych i jednocześnie kluczowa reakcja dla istnienia życia na Ziemi. To produkty powstające podczas tego procesu umożliwiają życie na naszej planecie. W jego wyniku w ciągu roku jest magazynowanych ponad 10 mld ton węgla na Ziemi, w formie węglowodanów i innych związków organicznych. Wytworzone związki nie tylko stanowią źródło budulca i energii dla samych roślin, ale również są pokarmem dla organizmów cudzożywnych. Z kolei dzięki wiązaniu dwutlenku węgla i uwalnianiu tlenu fotosynteza zapewnia utrzymanie równowagi gazowej atmosfery.

Fotosynteza jest procesem tak bardzo skomplikowanym, że pomimo iż jest dobrze poznana, jak dotąd nie udało się jej odtworzyć w warunkach laboratoryjnych i nadal pozostaje w zielonych „rękach” chlorofilu.

W celu ułatwienia uczniom zrozumienia istoty tego procesu w niniejszej pracy przedstawiono doświadczenia łatwe do przeprowadzenia i sprawdzone w warunkach szkolnych, dotyczące wybranych czynników warunkujących przebieg fotosyntezy oraz wykrywania produktów tego procesu.

Zadaniem szkoły akcentowanym w podstawie programowej jest umożliwienie uczniom projektowania i prowadzenia obserwacji oraz doświadczeń biologicznych. Uczniowie zaś powinni nabyć umiejętności dostrzegania, formułowania problemów badawczych, stawiania hipotez i ich weryfikacji, planowania, przeprowadzania i dokumentowania doświadczeń, rozróżniania próby badawczej i kontrolnej, analizowania



i interpretowania wyników oraz na ich podstawie wysuwania wniosków. Dlatego też na nas, nauczycielach przedmiotów przyrodniczych, spoczywa obowiązek stwarzania możliwości rozwijania myślenia problemowego i kształtowania wyżej wymienionych kompetencji składających się na postawę badawczą ucznia i jego kreatywność. Wśród zalecanych w podstawie programowej doświadczeń znajdują się te sprawdzające obecność skrobi w produktach spożywczych oraz dotyczące badania wpływu wybranych czynników na intensywność fotosyntezy.

Biorąc pod uwagę zarówno istotę procesu fotosyntezy, jak również zalecenia wynikające z podstawy programowej, w niniejszej publikacji zamieszczono gotowe karty pracy, które można wykorzystać na lekcjach biologii/przyrody. Zostały one tak skonstruowane, aby przy okazji przeprowadzania eksperymentów można było kształtować postawę badawczą ucznia. Doświadczenia zostały wzbogacone o komentarz dla nauczyciela. Na końcu zamieszczono również kilka zadań problemowych, które mogą służyć nauczycielowi do sprawdzenia umiejętności uczniów.



## Karta pracy 1.

### WYKRYWANIE SKROBI W PRODUKTACH SPOŻYWCZYCH

**Problem badawczy:** \_\_\_\_\_

**Hipoteza badawcza:** \_\_\_\_\_

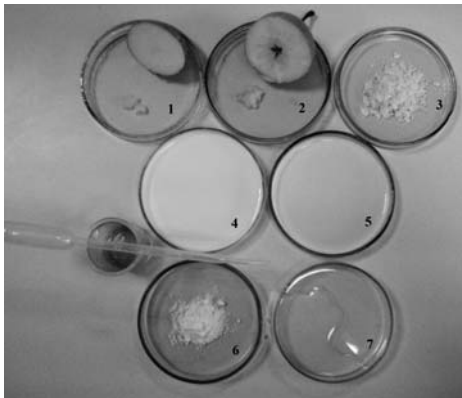
#### Przeprowadzenie doświadczenia:

**Niezbędne materiały:** szalki lub talerzyki, woda, pipety, nożyk, płyn Lugola lub jodyna. Produkty spożywcze: mąka ziemniaczana, śmietana I, śmietana II (wymieszana wcześniej przez nauczyciela z mąką ziemniaczaną), ziemniak, jabłko, ryż, makaron, kawalek jasnego pieczywa, kasza oraz: \_\_\_\_\_

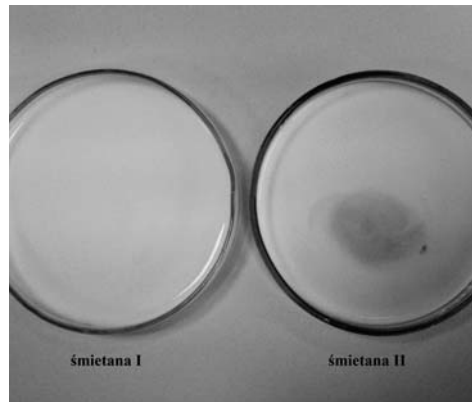
#### Przebieg doświadczenia (w punktach):

#### Wyniki doświadczenia (tabela):

**Wniosek:** \_\_\_\_\_



**Fot. 1.** Zestaw doświadczalny: 1 – ziemniak, 2 – jabłko, 3 – płatki ryżowe, 4 – śmietana I, 5 – śmietana II, 6 – mąka, 7 – woda



**Fot. 2.** Efekt działania płynu Lugola na śmietanę I i śmietanę II (granatowe zabarwienie świadczy o obecności skrobi – mąki)



**Komentarz dla nauczyciela:** Silnie rozcieńczony roztwór jodu w jodku potasu służy do wykrywania skrobi w fazie stałej i ciekłej. Wszystkie produkty spożywcze zawierające ten wielocukier będą pod wpływem płynu Lugola barwić się na kolor granatowo-fioletowy. Z roztworu jodu w jodku potasu jod jest absorbowany przez cząsteczki skrobi i dlatego pojawia się ciemnoniebieskie zabarwienie. Warto przy okazji tego doświadczenia zwrócić uwagę na kontrolę negatywną (woda) i pozytywną (mąka ziemniaczana).

*Przygotowanie płynu Lugola:*

W 10 ml wody destylowanej rozpuszczamy 0,5 g jodu metalicznego oraz 1 g jodku potasu. Otrzymany roztwór rozcieńczamy 400 ml wody destylowanej i otrzymujemy płyn Lugola (taki sam skład ma jodyna sprzedawana w aptekach). Rozcieńczony płyn Lugola lub jodyna powinny mieć kolor słabej herbaty.



## Karta pracy 2.

### WYKRYWANIE SKROBI W MATERIALE ROŚLINNYM

**Problem badawczy:** \_\_\_\_\_

**Hipoteza badawcza:** \_\_\_\_\_

#### Przeprowadzenie doświadczenia:

**Niezbędne materiały:** liście roślin rosnących na świetle, liście roślin etiolowanych (rosnących w ciemności co najmniej kilka dni) lub liście mozaikowe, ok. 10 ml mieszanki etanol-aceton lub 70–95-procentowy alkohol etylowy do odbarwiania liści, zlewka lub słoik, płyn Lugola do barwienia liści (lub 2 ml jodyny z apteki rozpuść w 100 ml wody destylowanej), szalki lub talerzyki, gorąca łaźnia wodna o temperaturze ok. 95°C (w misce), pęsetka, pipetka, woda.

#### Wykonanie:

1. Liście umieść w zlewce (słoiku) i zalej niewielką ilością etanolu (cienką warstwą).
2. Umieść słoik w gorącej łaźni wodnej i mieszaj zawartość słoika, delikatnie nim kołysząc. Uważaj, aby woda nie dostała się do środka słoika.

**UWAGA!** Staraj się nie wdychać oparów ze słoika! Praca powinna być prowadzona pod wyciągiem lub w dobrze wentylowanym pomieszczeniu.

3. W ciągu około 15 minut liście powinny się odbarwić, a barwniki fotosyntetyczne przejść do etanolu.
4. Odbarwiony liść przenieś delikatnie za pomocą pęsety na szalkę i przepłucz niewielką ilością wody destylowanej. Wylej wodę. Zalej liść 10 ml płynu Lugola. Po 10 minutach obserwuj zmianę koloru liści.

**Wyniki:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Wniosek:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Komentarz dla nauczyciela:** Skrobia jest materiałem zapasowym magazynowanym w fotosyntetycznie aktywnych chloroplastach w ciągu dnia, w nocy ulega rozkładowi (hydrolizie) do maltozy, która jest w cytoplazmie wykorzystana do syntezy sacharozy. Sacharoza jest transportowana do wszystkich części rośliny, które zużywają ją w procesie oddychania, a także do tych, w których z powrotem syntetyzowana jest skrobia – organów spichrzowych, nasion. Większość roślin przechowuje zapasy cukrów właśnie w postaci skrobi, np. ziemniak, pszenica.

Doświadczenie dotyczy akumulacji produktu fotosyntezy, jakim jest skrobia. Przeprowadzane jest na całych liściach, z których wypłukujemy barwniki fotosyntetyczne, używając gorącej mieszaniny etanol-aceton, aby umożliwić zabarwienie skrobi. Odbarwiony liść zanurzony w roztworze jodu w jodku potasu barwi się na ciemnognanatowo, jeżeli zawiera skrobię. W liściach etiolowanych (czyli hodowanych w ciemności) procesy fotosyntezy praktycznie nie zachodzą i skrobia nie jest produkowana, a liść nie barwi się na granatowo. Bardzo dobrze doświadczenie wychodzi na liściach mozaikowych.



### Karta pracy 3.

## WYKRYWANIE TLENU JAKO PRODUKTU FOTOSYNTEZY

**Problem badawczy:** \_\_\_\_\_

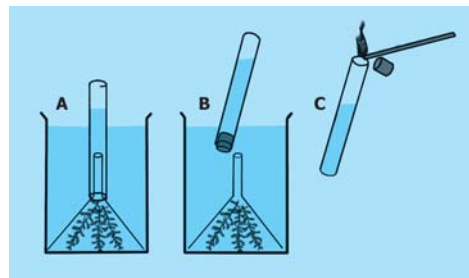
**Hipoteza badawcza:** \_\_\_\_\_

### Przeprowadzenie doświadczenia:

**Niezbędne materiały:** kilka pędów moczarki kanadyjskiej lub rogatka, zlewka, probówka, lejek, woda, zapałki, łuczywko, źródło światła.

#### Wykonanie:

1. Umieść w zlewce pęd moczarki kanadyjskiej obciętymi końcami łodyg do góry.
2. Wlej do zlewki wodę.
3. Pędy przykryj lejkiem.
4. Do probówki nalej wody i zatkaną palcem wprowadź pod wodę, nakładając na lejek.
5. Postaw zestaw przy źródle światła na minimum kilka godzin (ewentualnie do następnej lekcji).
6. Ostrożnie zdejmij probówkę z lejka, uważając, aby nie wyjąć z wody, zatknij



**Rys. 1.** Zestaw doświadczalny przed wykonaniem eksperymentu (A) i po jego zakończeniu (B). Identyfikacja tlenu (C).

palcem jej wylot. Wyjmij probówkę ze zlewki, obróć ją i do jej wylotu przyłóż żarzące się łuczywko.

**Wyniki:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Wniosek:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



#### Karta pracy 4.

### WYKRYWANIE CHLOROFILU W LIŚCIACH CZERWONYCH

**Problem badawczy:** \_\_\_\_\_

**Hipoteza badawcza:** \_\_\_\_\_

#### Przeprowadzenie doświadczenia:

**Niezbędne materiały:** liście czerwonych odmian buka, leszczyny lub innych roślin, liście buraka ćwikłowego, probówka, zlewka lub słoik o pojemności 250 ml, nożyczki, palnik, trójnóg, 20 ml alkoholu etylowego, 5 ml benzyny (benzyna ekstrakcyjna dostępna jest w sklepach z farbami jako rozcieńczalnik lub w sklepach chemicznych), moździerz, trochę piasku.

#### Wykonanie:

1. Świeże rośliny potnij na kawałki, dokładnie utrzyj w moździerzu z odrobiną piasku kwarcowego i zalej 96-procentowym alkoholem etylowym. Całość ucieraj jeszcze kilka minut. Otrzymaną masę przesącz przez bibułę filtracyjną. (Można pocięte liście zalać gorącą wodą, po 5 minutach odlać wodę, a liście zalać alkoholem i wytrząsać przez 2 minuty).
2. Z otrzymanego czerwonego ekstraktu odlej ok. 5 ml do probówki i dodaj 5 ml benzyny oraz kilka kropel wody. Probówkę zatkać korkiem lub kciukiem i dokładnie wstrząśnij.
3. Probówkę odstaw na kilka minut w celu rozdzielenia się warstw mieszaniny.
4. Zaobserwuj zabarwienie warstw mieszaniny.

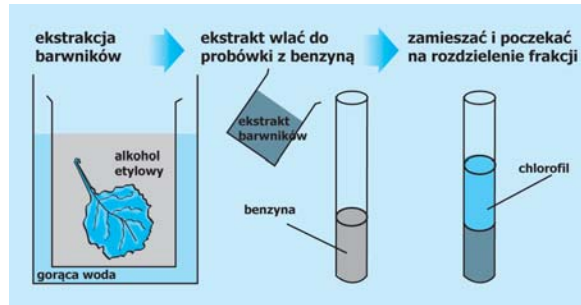
**Wyniki:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Wniosek:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Komentarz dla nauczyciela:** W chloroplastach występują dwa typy barwników: zielone – chlorofil a i b oraz żółte – karoteny i ksantofile. Pochłaniają one światło widzialne, przy czym różne barwniki pochłaniają światło o różnej długości fali. Chlorofil, główny barwnik fotosyntetyczny, pochłania światło widzialne w zakresie światła niebieskiego i czerwonego widma, nie pochłania światła zielonego, które się od niego odbija. W procesie fotosyntezy główną rolę odgrywa chlorofil a, pozostałe barwniki tylko przekazują pochłanianą przez nie energię świetlną chlorofilowi a. Większość roślin zawiera 2–3 razy więcej chlorofilu a niż chlorofilu b. Chlorofil a ma barwę niebiesko-zieloną, chlorofil b – żółto-zieloną, karoteny – żółtopomarańczową, ksantofile – jasnożółtą.



Rys. 2. Ekstrakcja chlorofilu z liści o zabarwieniu czerwonym

Barwniki roślinne, ze względu na hydrofobowe właściwości i lokalizację w membranach tylakoidów, izoluje się za pomocą rozpuszczalników organicznych, takich jak: aceton, benzyna, metanol czy eter naftowy. Aby ograniczyć rozkład chlorofilu, izolację należy przeprowadzić przy ograniczonym dostępie światła. Dodanie  $\text{CaCO}_3$  do rozartego materiału zapobiega rozkładowi chlorofilu do feofityny.

Barwniki można ekstrahować z materiału suchego, zamrożonego lub świeżego, po uprzednim jego roztarciu.

Po wytrząsaniu zawartości probówki roztwór dzieli się na dwie warstwy: górną – o barwie jasnozielonej i dolną – o barwie czerwonej, podobnej do roztworu wyjściowego.

W liściach zabarwionych na czerwono zawarty jest chlorofil, który po rozpuszczeniu w alkoholu możemy oddzielić za pomocą benzyny. Zielony chlorofil jest maskowany w liściach czerwonymi barwnikami.

## Karta pracy 5.

### WPLYW NATĘŻENIA ŚWIATŁA NA FOTOSYNTEZĘ

**Problem badawczy:** \_\_\_\_\_

**Hipoteza badawcza:** \_\_\_\_\_

#### Przeprowadzenie doświadczenia:

**Niezbędne materiały:** 2 probówki, 3 patyczki, nić, lampka z żarówką 40 W, żarówka 80 W, woda, moczarka kanadyjska (rogatek) – 3 jednakowej długości pędy, zegarek (Uwaga! Zamiast 2 żarówek można lampkę ustawiać w różnych odległościach od probówki, np. 0,25 m, 0,5 m i 0,75 m).

**Wykonanie:**

1. Do wszystkich probówek nalej taką samą ilość wody.
2. Do każdego z patyczków przywiąż nicią łydżkę moczarki, a miejsce cięcia skieruj ku górze.
3. Patyki z moczarką włóż do probówek.
4. Moczarkę w I probówce wystaw na światło dzienne.
5. Moczarkę w II probówce doświetl lampką z żarówką 40 W.
6. Moczarkę w III probówce doświetl żarówką 80 W.
7. Przez 3 minuty licz pęcherzyki gazu wydobywające się z poszczególnych łydżek moczarki.

**Wyniki:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

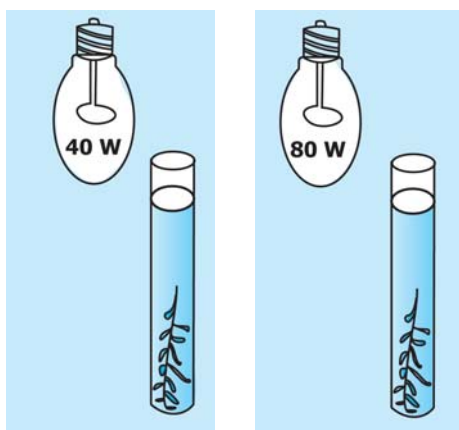
**Wniosek:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Komentarz dla nauczyciela:** Światło jest czynnikiem niezbędnym dla fotosyntezy, ponieważ warunkuje reakcję świetlną, która dostarcza energii i czynnika redukującego dwutlenek węgla. Proces fotosyntezy zależny jest zarówno od natężenia, jak i długości fali świetlnej (barwy).

**Natężenie.** Dla wszystkich roślin można stwierdzić minimalne natężenie światła, przy którym zaczyna się fotosynteza. Wskaźnik intensywności światła warunkującego normalny rozwój jest różny dla poszczególnych gatunków roślin. Na tej podstawie rozróżniamy rośliny światłolubne i cieniolumne. Rośliny cieniolumne, np. runa leśnego, osiągają największą wydajność fotosyntezy już przy 1/10 (0,1) intensywności pełnego światła słonecznego. Rośliny światłolubne, np. zboża, w warunkach ocienienia rosną wolno, a największą wydajność fotosyntezy osiągają przy świetle silnym, o intensywności podobnej do pełnego światła słonecznego. Zbyt silne światło hamuje fotosyntezę, ponieważ cząsteczki chlorofilu, utleniając się, ulegają inaktywacji. Przy zbyt silnym świetle wzrasta też nadmiernie transpiracja, komórki tracą turgor i szparki zamykają się, co hamuje dopływ dwutlenku węgla. Światło jest również czynnikiem powodującym rozwój miękiszu zieleniowego liści i tworzenie się chloroplastów i chlorofilu.

**Długość fali.** Największe natężenie fotosyntezy obserwujemy przy świetle czerwonym (o długości fali 622 nm), a w niektórych przypadkach również przy świetle niebieskim (o długości fali 432 nm). Światło o tych długościach fali jest też najsilniej absorbowane przez chlorofil.



Rys. 3. Zestawy doświadczalne

## Karta pracy 6.

## WPLYW STEZENIA DWUTLENKU WĘGLA NA FOTOSYNTYZE

**Problem badawczy:** \_\_\_\_\_

**Hipoteza badawcza:** \_\_\_\_\_

**Przeprowadzenie doświadczenia:**

**Niezbędne materiały:** 4 zlewki o pojemności 300 ml, 4 patyczki, nić, woda, soda oczyszczona (odważone 0,3 g i 0,6 g sody do sporządzenia roztworu 0,1- i 0,2-procentowego, 300 ml wody), moczarka kanadyjska – 4 pędy jednakowej wielkości (Uwaga! Zamiast sody można użyć wody źródlanej gazowanej lub wdmuchnąć powietrze do wody w celu wzbogacenia w dwutlenek węgla).

**Wykonanie:**

1. Do jednej ze zlewek nalej 300 ml wody przegotowanej, a do pozostałych taką samą ilość wody wodociągowej.
2. Do drugiej wsyp 0,3 g sody, do trzeciej wsyp 0,6 g sody.
3. Do patyczków przywiąż nitką łożysko moczarki, tak aby miejsce cięcia skierowane było ku górze.
4. Patyki z moczarką włóż do zlewek.
5. Przez 3 minuty licz pęcherzyki gazu wydobywające się z poszczególnych łożysk moczarki.

**Wyniki:** \_\_\_\_\_

**Wniosek:** \_\_\_\_\_

**Komentarz dla nauczyciela:** Dostępność  $\text{CO}_2$  w atmosferze, obok natężenia światła i temperatury, jest czynnikiem limitującym wydajność fotosyntezy. Stężenie dwutlenku węgla w atmosferze wynosi zaledwie 0,033%. Nie jest to stężenie optymalne, jego wzrost do 0,15% podnosi trzykrotnie intensywność fotosyntezy, która w tym doświadczeniu jest mierzona ilością wydzielających się pęcherzyków tlenu. Sztuczne podwyższanie stężenia tego gazu w uprawach szklarniowych daje w wielu przypadkach znaczne podwyższenie plonów.  $\text{CO}_2$  przedostaje się przez szparki do systemu przestworów międzykomórkowych, skąd dyfunduje do komórek miękiszu zieleniowego.

Rośliny wodne mogą czerpać  $\text{CO}_2$  do fotosyntezy z zawartych w wodzie wodorowęglanów.

Asymilacja  $\text{CO}_2$  zapoczątkowuje reakcje fazy ciemnej fotosyntezy, której produktami są cukry proste – z nich następnie powstaje skrobia. Ograniczenie fotosyntezy spowodowane brakiem dwutlenku węgla w atmosferze przejawia się brakiem skrobi w liściach.

## Karta pracy 7.

## WPŁYW TEMPERATURY NA FOTOSYNTEZĘ

**Problem badawczy:** \_\_\_\_\_

**Hipoteza badawcza:** \_\_\_\_\_

**Przeprowadzenie doświadczenia:**

**Niezbędne materiały:** 3 zlewki (szklanki, słoiki) o pojemności ok. 300 ml, 3 patyczki, nić, woda, 2 płytkie naczynia, lód, gorąca woda, termometr, moczarka kanadyjska – 3 łożki jednakowej wielkości.

**Wykonanie:**

1. Do wszystkich zlewek nalej taką samą ilość wody.
2. Zmierzy temperaturę wody w jednej zlewce – jeśli będzie ok. 18–20°C, odstaw na bok.
3. Drugą zlewkę wstaw do naczynia z wrzątkiem, tak by uzyskać temperaturę 30°C.
4. Kolejną zlewkę wstaw do naczynia z lodem, tak by uzyskać temperaturę ok. 4°C.
5. Do patyczków przywiąż nicią łożkę moczarki, tak aby miejsce cięcia było skierowane ku górze.
6. Patyki z moczarką włóż do zlewek.
7. Przez 3 minut licz pęcherzyki gazu wydobywające się z łożek moczarki.

**Wyniki:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Wniosek:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Komentarz dla nauczyciela:** Temperatura wpływa wyraźnie na fotosyntezę, ponieważ jest to proces enzymatyczny. Optimum termiczne dla fotosyntezy wynosi 20–30°C. Po przekroczeniu tych temperatur obserwuje się szybki spadek intensywności fotosyntezy, a przy temperaturze 40°C ulega ona zahamowaniu. Minimum termiczne jest różne dla różnych gatunków. Zakres temperatur oraz wartości temperatury optymalnej waha się w dużym przedziale nie tylko dla różnych gatunków roślin, lecz również w zależności od natężenia światła, stężenia dwutlenku węgla i innych czynników wpływających na fotosyntezę.

U roślin iglastych i zbóż ozimych proces ten może zachodzić przy kilku stopniach poniżej 0°C, a u ciepłolubnych roślin ustaje już przy kilku stopniach powyżej 0°C, np. u ogórka jest to temperatura +5°C.

## ZADANIA PROBLEMOWE

### Zadanie 1.

Masz do dyspozycji następujący zestaw doświadczalny: 3 probówki, woda destylowana, 0,1- i 0,2-procentowy roztwór sodы oczyszczonej, moczarkę kanadyjską – 3 pędy, pęsetę, skalpel i statyw do probówek.

Sformułuj problem badawczy.

---

---

Przedstaw hipotezę badawczą.

---

---

Wskaż próbę kontrolną i badawczą.

---

---

Opisz przebieg eksperymentu.

---

---

---

---

Zaproponuj sposób przedstawienia wyników.

---

---

---

---

### Zadanie 2

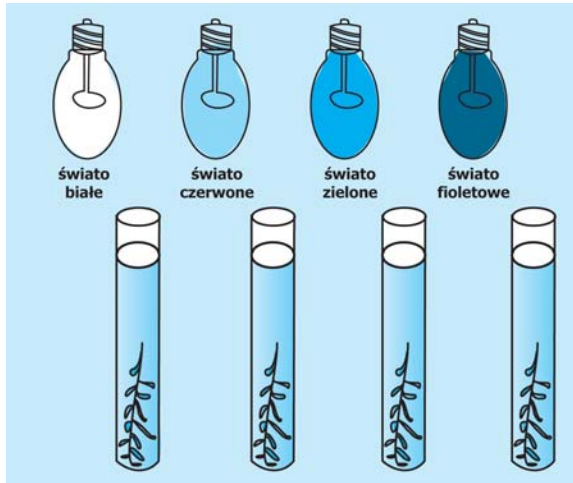
Obecność cukrów prostych można wykryć za pomocą odczynnika Fehlinga, który po dodaniu do badanego materiału, a następnie podgrzaniu powoduje ceglastoczerwone zabarwienie próby.

Zaplanuj doświadczenie, w którym wykażesz obecność glukozy w soku z winogron lub innych owoców. Do dyspozycji masz: sok z owoców, probówki, palnik, roztwór glukozy, odczynnik Fehlinga. W opisie doświadczenia uwzględnij próbę kontrolną i badawczą.



**Zadanie 3**

Przygotowano zestaw doświadczalny, który zilustrowano na poniższym rysunku.



Sformułuj problem badawczy do tego doświadczenia.

Postaw hipotezę badawczą.

Wskaż próbę kontrolną i badawczą.

**P**ISMIENICTWO

- Domka L., *Czynniki warunkujące proces fotosyntezy*, „Biologia w Szkole” 1981, nr 2.
- Górecki R. i in., *Ćwiczenia z fizjologii roślin*, Olsztyn, Wyd. ART 1998.
- Kriesel K., Galoch E., Kęsy J., Burkacka-Laukajtys E., *Instrukcje do ćwiczeń z fizjologii roślin*, Toruń, UMK 1998.
- Müller J., Palka P., *Obserwacje i doświadczenia w nauczaniu biologii*, Warszawa, WSiP 1988.

dr **MARLENA ZIELIŃSKA**

Pracownia Dydaktyki Wydziału BiNoZ UMK w Toruniu,  
Spółeczna Szkoła Podstawowa i Gimnazjum im. J. Słowackiego  
w Toruniu

dr **ALINA TREJGELL**

Zakład Biotechnologii IBOiM, UMK w Toruniu

## I. PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM WYDAWCY

Zamawiając roczną prenumeratę czasopism za pośrednictwem Wydawcy, otrzymują Państwo promocyjny rabat od ceny czasopisma w wysokości 5%. Prenumeratę za pośrednictwem Wydawcy można zamówić:

- **przez Internet**, zakładka „Prenumerata” na stronie [www.edupress.pl](http://www.edupress.pl);
- **e-mailem**: [prenumerata@raabe.com.pl](mailto:prenumerata@raabe.com.pl);
- **telefonicznie**, pod numerem (22) 244 84 78;
- **faksem**, z dopiskiem „Prenumerata”, fax: (22) 244 84 10;
- **listownie**, pod adresem: Dr Josef Raabe Spółka Wydawnicza Sp. z o.o. Wola Plaza, ul. Młynarska 8/12, 01-194 Warszawa

## II. PRENUMERATA DOSTARCZANA PRZEZ FIRMY KOLPORTERSKIE:

1. **RUCH SA** – Zamówienia drogą elektroniczną: [www.prenumerata.ruch.com.pl](http://www.prenumerata.ruch.com.pl)  
Termin przyjmowania wpłat na prenumeratę krajową do 5. dnia każdego miesiąca poprzedzającego okres rozpoczęcia prenumeraty.
2. **GARMOND PRESS** – [www.garmondpress.pl](http://www.garmondpress.pl), tel. (22) 836 70 08, 836 69 21
3. **KOLPORTER S.A.** – Prenumeratę instytucjonalną można zamawiać w oddziałach firmy Kolporter S.A. na terenie całego kraju. Informacje pod numerem infolinii 801 205 555 lub na stronie internetowej <http://dp.kolporter.com.pl/>

## III. PRENUMERATA DOSTARCZANA PRZEZ POCZTĘ POLSKĄ:

4. Zamówienia we wszystkich **urzędach pocztowych** lub u **listonoszy**. Zamówienia drogą elektroniczną – [www.poczta-polska.pl/prenumerata](http://www.poczta-polska.pl/prenumerata). Infolinia: 801 333 444.

## IV. PRENUMERATA ZAMAWIANA PRZEZ INTERNET – [www.kiosk24.pl](http://www.kiosk24.pl). katalog Edukacja, oświata.

- V. **SPRZEDAŻ NUMERÓW ARCHIWALNYCH** z 2011 r. za pośrednictwem Wydawcy pod adresem: [prenumerata@raabe.com.pl](mailto:prenumerata@raabe.com.pl).  
Wydania z lat 2010 i 2009 są dostępne wyłącznie w wersji elektronicznej za pośrednictwem Wydawcy [www.raabe.com.pl](http://www.raabe.com.pl).

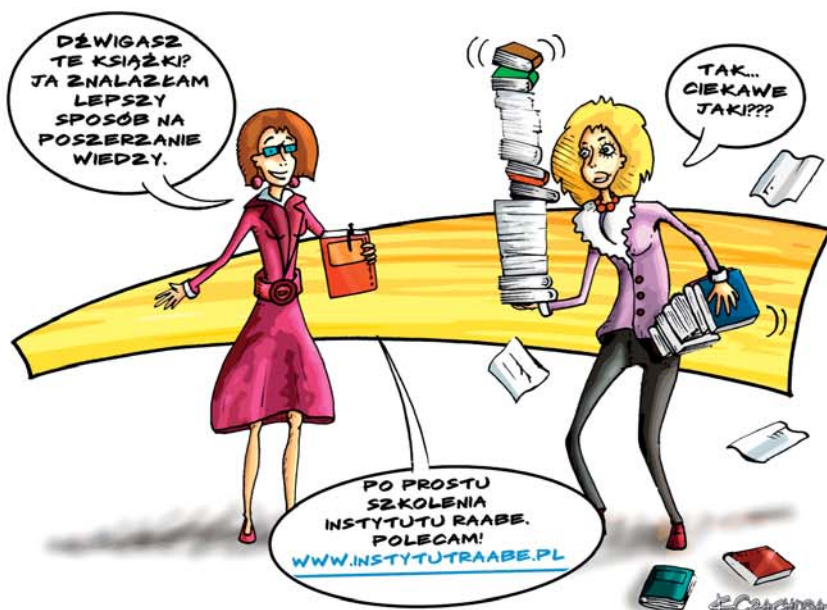
Liczba wydań w 2012 r. (I i II półrocze)	Tytuł czasopisma	Cena 1 wyd. w 2012 r. (w tym 5% VAT)	Prenumerata roczna w 2012 r. (w tym 5% VAT)	Prenumerata na I półrocze 2012 r. (w tym 5% VAT)
MIESIĘCZNIKI 11 (6+5)	Matematyka	15,50	170,50	93,00
	Polonistyka	15,50	170,50	93,00
	Wychowanie Fizyczne i Zdrowotne	18,50	203,50	111,00
	Wychowanie w Przedszkolu z dodatkiem „Poradnik Prawny Nauczyciela i Dyrektora Przedszkola”	17,50	192,50	105,00
	Życie Szkoły dla klas 1–3	16,50	181,50	99,00
DWUMIĘSIĘCZNIKI 6 (3+3)	Biblioteka Szkolne Centrum Informacji	18,50	111,00	55,50
	Biologia w Szkole			
	Chemia w Szkole			
	Fizyka w Szkole			
	Geografia w Szkole			
	Polski w Praktyce			
	Wiadomości Historyczne	9,90	59,40	29,70
	Emocje – czasopismo wychowawców, pedagogów i psychologów oraz rodziców			
Język Niemiecki	22,50	135,00	67,50	

**Zamów prenumeratę przez Internet**  
[edupress.pl](http://edupress.pl) [kiosk24.pl](http://kiosk24.pl) [raabe.com.pl](http://raabe.com.pl)



## ISTNIEJE MINIMUM SZEŚĆ POWODÓW, DLA KTÓRYCH WARTO NAM ZAUFAC...

- bogata oferta konferencji, seminariów, kursów i szkoleń dla oświaty
- doświadczeni wykładowcy i trenerzy
- doskonała atmosfera i komfortowe warunki
- indywidualne podejście do każdego uczestnika
- profesjonalne materiały edukacyjne
- praktyczne podejście do prezentowanych tematów



**SZKOLENIA TO NAJLEPSZA INWESTYCJA W ROZWÓJ!  
SPRAWDŹ NAS!**

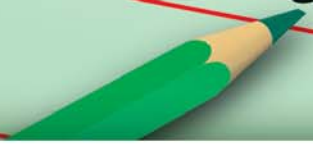
**[www.instytutraabe.pl](http://www.instytutraabe.pl)**





# Czasopisma pedagogiczne **uczą z pasją!**

- Nowocześnie!
- Skutecznie!
- Ciekawie!



**Prenumerata 2012 rok**

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 78, faks 22 244 84 10, e-mail: prenumerata@raabe.com.pl

**[www.edupress.pl](http://www.edupress.pl)**