

## Ćwiczenie C01A Ewolucja biologiczna i bioróżnorodność

**Początki życia na Ziemi.  
Ewolucja i metody jej badania.  
Zagrożenia cywilizacyjne dla bioróżnorodności.**

**Prof. dr hab. Roman Zieliński**

„Jaka tam ewolucja, zanim  
trafię do jednego myślącego,  
muszę pokonać dziewięć  
orangutanów” (C.R. Zafon).




Gorące źródła w Yellowstone (fot. J. Olszewska). Pozostałości dawnych wulkanicznych gorących źródeł. Cyrkulacja wody jest ciągła, chłodniejsza woda na powierzchni opada w dół, woda cieplejsza przemieszcza się w górę. W gorących źródłach żyją między innymi przedstawiciele Archaea. *Thermus aquaticus*, archeont, z którego pochodzi termostabilna polimeraza DNA, wykorzystywana w reakcji PCR, został odkryty w gorących źródłach Yellowstone.

## 1. Początki życia na Ziemi

**Abiogeneza: naturalny proces, który prowadzi do powstania życia z materii nie-ożywionej, w tym prostych związków organicznych. Uważa się, że pierwsze komórki były prokariotami.**

### 1.1. Warunki powstania życia na Ziemi

 Ziemia ukształtowała się około 4,6 mld lat temu. Pierwsze ślady życia pochodzą sprzed 3,5 mld lat. Aby mogło się rozwinąć życie musiały zaistnieć warunki umożliwiające przeprowadzanie procesów energetycznych, przekazywanie informacji i zachowanie integralności powstałych układów.

- Obecność wody jako uniwersalnego rozpuszczalnika ze względu na jej zdolność do wiązania jonów wodorowych. Woda na powierzchni Ziemi pojawiła się około 4 mld. Lat temu.
- Dostępność pierwiastków, z których zbudowane są organizmy żywe (C, H, N, O, P, S, Fe, Mg) oraz prostych związków ( $H_2$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ , CO,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $CH_4$ ,  $SO_2$ ). Na powierzchni Ziemi źródłem związków do budowy organizmów żywych są minerały, kominy hydrotermalne, wybuchy wulkanów, aerozole w wodzie morskiej oraz pierwotna atmosfera Ziemi. Dodatkowo źródłem związków są steroidy, meteoryty i komety. W pierwszym okresie istnienia Ziemi materia organiczna z komet i meteorytów docierała na naszą Planetę w ilości  $10^7$ - $10^9$ kg/rok.
- Odpowiednie warunki chemiczne umożliwiające tworzenie cząstek wchodzących w skład biomolekuł oraz odpowiednia temperatura, która aktywuje reakcje chemiczne.
- Organizmy żywe mogą istnieć tylko, gdy mają dostęp do energii. We wczesnej atmosferze Ziemi dominował dwutlenek węgla,  $CO_2$ . Warunkiem niezbędnym do powstania życia była zdolność redukcji  $CO_2$  do składników organicznych. Obecnie taką zdolność mają rośliny dzięki fotosyntezie, jednakże proces ten powstał później. Pierwotne organizmy prawdopodobnie wykorzystywały reakcje chemiczne indukowane promieniowaniem jonizującym lub reakcje na powierzchni minerałów, które funkcjonują jako katalizatory.

### 1.2. Obserwacja gorących źródeł

Proszę obejrzeć pokazy gorących źródeł w Yellowstone. Czy środowisko gorących źródeł może być podobne do środowiska pierwotnej Ziemi?

### 1.3. Korzystając ze źródeł internetowych proszę znaleźć informacje o:



- A. Meteorycie Murchisona (1 punkt)
- B. Yellowstone (1 punkt)

## 2. Ewolucja i metody jej badania

### 2.1. Ewolucja jako proces genetyczny

**Ewolucja to zmiana na przestrzeni czasu. Ewolucja biologiczna to zmiana cech dziedzicznych populacji na przestrzeni pokoleń. Ewolucja molekularna to ewolucja na poziomie kwasów nukleinowych i białek. Ewolucja jest procesem genetycznym. Wykrycie Praw Mendla potwierdziło ideę Darwina. Zmienność genetyczna jest podstawą ewolucji. Biologia ewolucyjna zajmuje się analizą zmienności na wszystkich poziomach organizacji biologicznej.**



Wydawałoby się, że teoria ewolucji opracowana przez Karola Darwina wiele lat temu jest ugruntowana. Tymczasem, cytując Carlosa Ruisa Zafona na początku ćwiczenia pokazuje jak wiele emocji budzi pojęcie ewolucji oraz jej mechanizmy. I nie chodzi tutaj tylko o niewinne żarty porównujące G.W. Busha do szympansa, czy protesty kreacjonistów w USA przeciwko mówieniu o ewolucji w szkołach. Postępy w analizie DNA prowadzą do zawężenia ewolucji jedynie do molekuł. I chociaż biologii molekularnej zawdzięczamy wykrycie, że niektóre białka o odmiennych funkcjach mają wspólnego przodka (wazopresyna i oksytocyna), to niestety często zapomina się, że ewolucja organizmów odbywa się na poziomie całego fenotypu, a nie pojedynczych cząsteczek. Nie każda zmiana na poziomie DNA przekłada się na zmianę fenotypową. Populacje mogą ewoluować na poziomie molekularnym podczas, gdy ich fenotyp pozostaje niezmienny. Zdarza się tak zwłaszcza, gdy mutacje zachodzą w niekodującym DNA, który stanowi większość genomu. Jednakże to fenotyp reaguje na zmiany środowiska i jako całość podlega Darwinowskiemu doborowi naturalnemu. Obecny postęp technologiczny pozwala na pozyskiwanie ogromnej ilości danych molekularnych. Dzięki temu wiemy coraz więcej o efektach zmian w niekodującym DNA, co więcej zmiany te nie zawsze mają charakter neutralny, a więc mogą wpływać na fenotyp. Okazuje się, że mutacje wywołane przemieszczeniem transpozonów mogą szczególnie często występować w warunkach stresowych, co zaobserwowano u *Hordeum spontaneum* w Kanionie Ewolucji w Izraelu, ale także u człowieka, u którego stres klimatyczny doprowadził do remobilizacji transpozonów *Alu* i w efekcie do rozwoju mózgu.

Ewolucja jest procesem genetycznym. Gatunki blisko spokrewnione są bardziej podobne genetycznie niż gatunki bardziej odległe. Inaczej mówiąc, gatunki blisko spokrewnione mają bardziej podobny genom i tym samym więcej sekwencji/genów wspólnych niż odległe taksony. Dlatego, aby ocenić zależności ewolucyjne pomiędzy poszczególnymi taksonami należy określić na ile podobne są ich genomy. W tym celu należy ocenić udział sekwencji wspólnych dla każdej pary gatunków, a następnie pogrupować gatunki na podstawie sekwencji wspólnych tworząc drzewo filogenetyczne.

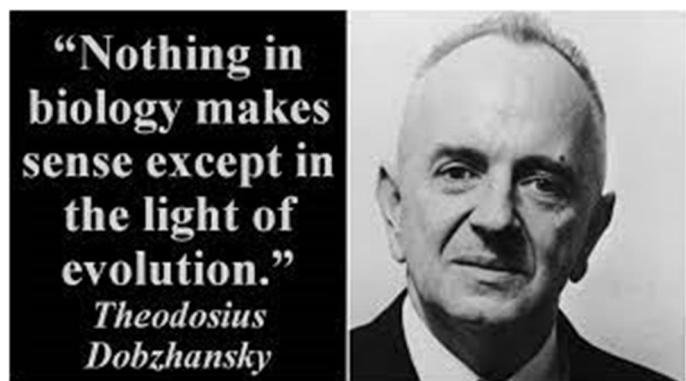
## 2.2. Znaczenie zmienności

Termin ewolucja pochodzi od łacińskiego słowa „evolvere”, który oznacza rozwijać, unaoczniać. Współcześnie ewolucja biologiczna oznacza zmiany dziedziczne zachodzące pod wpływem środowiska w określonym czasie. **Tak więc podstawą ewolucji jest zmienność – różnorodność form, cech w obrębie gatunku, a także pomiędzy gatunkami. Bez zmienności nie ma mowy o ewolucji i dlatego zmiana jest podstawowym zdarzeniem ewolucyjnym. Znaczenie ewolucyjne mają tylko zmiany dziedziczne.** Zmiany niedziedziczne, nawet jeżeli mają podłoże genetyczne (mutacja w komórkach somatycznych) giną wraz z osobnikiem. Zmienność dziedziczna to zmienność rekombinacyjna i mutacyjna. Rekombinacja umożliwia tworzenie nowych układów genów, natomiast mutacje prowadzą do powstania nowych genów.

Mutacje całego genomu, takie jak poliploidyzacja, mogą być przyczyną szybkiej specjacji. Tak powstała pszenica – podstawa diety współczesnego człowieka. Żeby jednak zmienność miała znaczenie ewolucyjne musi działać dodatkowy czynnik – selekcja. To selekcja odpowiada za dostosowanie do zmieniających się warunków środowiska. Teoria powstawania gatunków w wyniku selekcji najlepiej przystosowanych form była największym osiągnięciem Karola Darwina. Selekcja działa na przestrzeni czasu. Tak, więc mamy czwarty czynnik będący podstawą ewolucji – czas.

Obecnie nie ulega wątpliwości, że nie można zrozumieć mechanizmów ewolucji bez zrozumienia zmienności i jej genetycznego podłoża. Jednak nie zawsze było to oczywiste i nadal, dla niektórych nie jest oczywiste. Pierwszym człowiekiem, który powiązał Darwinowską teorię powstawania gatunków ze zmiennością genetyczną był Theodosius Dobzhansky. Jako pierwszy zrozumiał on znaczenie zmienności genetycznej w populacjach naturalnych. Wywodząc się jednocześnie ze szkoły Thomasa Morgana (był doktorantem w jego laboratorium), a także posiadając tradycyjną wiedzę i doświadczenie dotyczące historii naturalnej (wykształcił się w Kijowie), Dobzhansky stworzył ramy, które połączyły materialne podstawy ewolucji (geny) opisywane przez genetykę klasyczną ze zróżnicowaniem gatunków obserwowanym przez ewolucjonistów. Było to możliwe dzięki jego kreatywności i interdyscyplinarnym umiejętnościom. Był jednym z pierwszych naukowców, który zrozumiał, że do poznania mechanizmów ewolucji niezbędna jest wiedza z wielu obszarów.

W książce „Genetics and the Origin of Species (1937, 1951; ISBN 0-231-05474-0) T. Dobzhansky pierwszy wykazał **związek pomiędzy mikroewolucją (procesy obserwowane na poziomie populacji i gatunku), a makroewolucją (duże zmiany ewolucyjne prowadzące do powstawania wyższych taksonów).** Przekonująco zademonstrował on, że badania laboratoryjne materiału genetycznego dostarczają informacji o mechanizmach ewolucji. Książka Dobzhansky'ego nie tylko przyczyniła się do lepszego zrozumienia mechanizmów ewolucji, ale także stworzyła ramy dla współpracy pomiędzy różnymi specjalistami. Dlatego ma ona nie tylko znaczenie naukowe, ale należy ją uznać za podstawę



Rys. 2.2. Theodosius Dobzhansky

współczesnego zrozumienia badań – **podejścia interdyscyplinarnego, w którym istotne jest połączenie wysiłków różnych specjalistów**. Obserwowane cechy należy widzieć w szerszym kontekście, nawet wówczas, gdy analiza dotyczy takich zagadnień, wydawałoby się odległych od rozważań ewolucyjnych, jak odporność na aluminium u roślin, wyższa plenność czy rozprzestrzenianie się chorób w populacjach ludzkich. **Mechanizmy ewolucji powinny być rozumiane przez każdego wykształconego człowieka, zwłaszcza gdy chce zajmować się naukami o życiu.**

### 2.3. Filogeneza

**Filogeneza opisuje jak poszczególne taksony powstawały od wspólnego przodka. Filogeneza nie bada mechanizmów ewolucji, a jedynie ukazuje historię zmian.**



2.3.1. Poszukiwanie ostatniego wspólnego przodka.

Proszę wejść na stronę: <https://www.evogeneao.com> i wybrać opcję „Interactive Tree of Life”. Proszę chwilę poczekać, aż strona się załaduje.

**Ostatni wspólny przodek (LUCA) to populacja organizmów wymieniających się materiałem genetycznym w drodze horizontalnego transferu.**

- A. Ile lat wstecz obejmuje czasokres przedstawiony na drzewie?
- B. Proszę zaznaczyć na drzewie „bacteria”. Jaki gatunek bakterii został podany jako przykład? Proszę podać gdzie ta bakteria występuje i jakie ma znaczenie (np. na podstawie Wikipedii).
- C. Proszę odczytać ze skali (pojawia się szara nić, która wskazuje czas na skali po prawej stronie, bilion = miliard) kiedy istniał ostatni wspólny przodek tej bakterii i człowieka? Po zakończeniu pracy proszę zresetować ustawienia (Reset w prawym górnym rogu).
- D. Proszę zaznaczyć Archaea i podać nazwę organizmu, który podany został jako przykład, gdzie występuje i jakie ma obecnie zastosowanie oraz kiedy istniał ostatni wspólny przodek?

### 3. Bioróżnorodność: zagrożenia cywilizacyjne

Bioróżnorodność to zmienność form życiowych w obrębie taksonów, ale także ekosystemu i na całej Ziemi. Z reguły największa bioróżnorodność występuje w pobliżu równika. Bioróżnorodność obejmuje:

- zmienność genetyczną;
- różnorodność gatunkową;
- zróżnicowanie ekosystemów.



Na podstawie filmu „Groń” (<https://www.youtube.com/watch?v=M-lpj7BfHXI>) proszę omówić współczesne zagrożenia dla bioróżnorodności.

## Odpowiedzi

### 1. Początki życia na Ziemi

#### 1.3. Korzystając ze źródeł internetowych proszę znaleźć informacje o:

##### A. Meteorycie Murchisona (1 punkt)

- Meteoryt z grupy chondrytów węglistych o symbolu ogólnym C. Charakteryzują się kruchą budową. Po przejściu przez atmosferę na ogół rozpadają się. W tej grupie meteorytów występują aminokwasy.
- Meteoryt Murchisona znaleziony został w 1969 r. w Australii.
- Zawiera aminokwasy występujące w organizmach żywych, glicynę, alaninę i kwas glutaminowy. Ponadto zawiera nietypowe aminokwasy: izowalinę i pseudoleucynę. Ponadto znaleziono tzw. dwuaminokwasy.
- W próbach nie znaleziono seryny i treoniny, które uważane są za zanieczyszczenia ziemskie.
- Meteoryt zawiera mieszaninę L (left-handed) i R (R-handed) aminokwasów, przy czym przeważają aminokwasy L. Również w organizmach żywych występują aminokwasy L, co doprowadziło do podejrzeń o ziemskie zanieczyszczenia. Jednakże formy L przeważają także dla izowaliny, która nie występuje w organizmach żywych. Stanowi to jednoznaczny dowód pozaziemskiego pochodzenia meteorytu oraz asymetrii na korzyść form L w całym Układzie Słonecznym.
- W meteorycie występują puryny i pirymidyny, przy czym zawierają uracyl i ksantynę o stosunku stabilnych izotopów węgla  $^{12}\text{C}$  do  $^{13}\text{C}$  typowym dla pozaziemskiego pochodzenia.



Rys. 1.1.1a. Meteoryt Murchisona

##### B. Yellowstone (1 punkt)

- Najstarszy park narodowy na świecie.
- Park położony jest na płaskowyżu wulkanicznym (jest wulkanem). Komora magmowa znajduje się na głębokości 7-17 km. Ponadto 300 km pod ziemią znajdują się stopione skały. Teren ten był w przeszłości miejscem erupcji superwulkanu.
- Siedziby ludzkie na terenie Yellowstone datuje się na około 11 tys. lat. Należą one do Paleoindian z kultury Clovis, która charakteryzowała się smukłymi, starannie wykończonymi ostrzami liściowatymi. Podobne groty tworzyła kultura solutrejska na terenie Europy 21-18 tys. lat temu.
- Yellowstone uważany jest za ostatni nienaruszony ekosystem w klimacie umiarkowanym półkuli północnej.



Rys. 1.1.1b. Ostrze kultury Clovis

## 2. Ewolucja i metody jej badania

### 2.3. Filogeneza

2.3.1. Poszukiwanie ostatniego wspólnego przodka.

Proszę wejść na stronę: <https://www.evogeneao.com> i wybrać opcję „Interactive Tree of Life”.  
Proszę chwilę poczekać, aż strona się załaduje.

- A. Ile lat wstecz obejmuje czasokres przedstawiony na drzewie?  
**4 000 mln = 4 mld**
- B. Proszę zaznaczyć na drzewie „bacteria”. Jaki gatunek bakterii został podany jako przykład? Proszę podać gdzie ta bakteria występuje i jakie ma znaczenie (np. na podstawie Wikipedii).  
***E. coli*, beztlenowa pałeczka w jelicie zwierząt, organizm modelowy**
- C. Proszę odczytać ze skali (pojawia się szara nić, która wskazuje czas na skali po prawej stronie, bilion = miliard) kiedy istniał ostatni wspólny przodek tej bakterii i człowieka? Po zakończeniu pracy proszę zresetować ustawienia („reset” w prawym górnym rogu).  
**Okolo 3 mld lat temu**
- D. Proszę zaznaczyć Archaea i podać nazwę organizmu, który podany został jako przykład, gdzie występuje i jakie ma obecnie zastosowanie oraz kiedy istniał ostatni wspólny przodek?  
***Sulfolobus*, gorące źródła wulkaniczne, model do badania replikacji DNA, 2,5 mld.**

## 3. Bioróżnorodność: zagrożenia cywilizacyjne

Przykłady zagrożeń dla bioróżnorodności:

- Monokultura rolnicza związana z tworzeniem korporacyjnych, kilkasethektarowych gospodarstw. Zmniejszenie udziału odmian lokalnych oraz roli małych gospodarstw, które stosują bardziej ekologiczne metody produkcji.
- Wycinanie lasów i osuszanie terenów pod rolnictwo, przemysł, w tym wydobywanie kopaliny, a także uprawę gatunków wysokoenergetycznych, zakładanie farm wiatrowych i fotowoltaicznych.
- Rozlewanie się miast na tereny wiejskie i wprowadzanie miejskiego trybu życia, w tym zakładanie monokultury trawnikowej, wprowadzanie obcych gatunków (np. tuja), co prowadzi do erozji gleby, rozprzestrzeniania się gatunków inwazyjnych (np. nawłóć kanadyjska), zanikania gatunków rodzimych.
- „Betonoza”: zastępowanie terenów utwardzonych betonem lub kostką brukową, co zmniejsza retencję wodną i prowadzi do suszy hydrologicznej.
- Tworzenie korytarzy transportowych przez tereny cenne przyrodniczo.



**Rys. 3.** Przykład dewastacji na skutek złego koszenia traw. Prowadzi to do erozji gleby i wymierania gatunków łąkowych.