



Wojciech Grajkowski

Szkoła Festiwalu Nauki, ul. Ks. Trojdena 4, 02-109 Warszawa
www.sfn.edu.pl | sfn@iimcb.gov.pl

Budowanie drzewa filogenetycznego

Cel

Ćwiczenie polega na budowaniu uproszczonych drzew filogenetycznych w oparciu o cechy morfologiczne organizmów przedstawionych na rysunkach. Stanowi doskonałe wprowadzenie do współczesnej systematyki klasyfikującej organizmy pod względem pokrewieństwa.

Wstęp

Współczesna systematyka stara się klasyfikować organizmy pod względem pokrewieństwa ewolucyjnego, w odróżnieniu od systemów klasyfikacji stosowanych wcześniej, które uwzględniały podobieństwo morfologiczne czy anatomiczne, nie zawsze odzwierciedlając faktyczne pokrewieństwo. Nowoczesne drzewa filogenetyczne oparte na pokrewieństwie można budować zarówno na podstawie danych anatomicznych, jak i na podstawie danych molekularnych.

Przedstawiamy kilka fikcyjnych organizmów, narysowanych w taki sposób, aby nie było wątpliwości w rozpoznaniu różnic cech, np. czy ogon jest długi czy krótki, nie ma też cech pośrednich. Pominięto w ten sposób wszystkie te czynniki, które sprawiają, że uchwycenie różnic pomiędzy poszczególnymi organizmami jest trudne i bez użycia danych liczbowych zależy od subiektywnej oceny badacza. Z takimi problemami zwykle stykamy się przy obserwacji cech morfologicznych organizmów żywych w naturze. Problemu tego nie ma, jeśli budujemy drzewa w oparciu o sekwencje aminokwasowe, bądź nukleotydowe różnych, nawet odległych ewolucyjnie organizmów. Bez trudu możemy wtedy opisać różnice pomiędzy poszczególnymi organizmami – wystarczy, że policzymy iloma aminokwasami/nukleotydami różnią się poszczególne sekwencje.

Każda z trzech grup uczniów ma za zadanie sporządzić drzewo pokrewieństwa w oparciu o przedstawiony zestaw organizmów, przedstawiamy trzy zestawy: roślin, ptaków oraz motyli.

Materiały

- Kolorowe karty przedstawiające organizmy
- Tabela do zapisu i analizy danych
- Kartka papieru
- Coś do pisania

Procedura

- 1 Przyjrzyj się organizmom przedstawionym na kolorowych kartach. Zidentyfikuj siedem cech, którymi mogą się między sobą różnić. Wypisz cechy w pierwszym wierszu tabeli. Każda grupa uczniów analizuje inny zestaw organizmów – rośliny, ptaki lub motyle. Przykładowe cechy, które analizujemy, to liczba płatków, długość nóg, czy kolor odwłoka.
- 2 Zanotuj w tabeli jakimi cechami charakteryzują się i różnią między sobą poszczególne organizmy analizowanej grupy (A – F).

Cecha \ Organizm							
A.							
B.							
C.							
D.							
E.							
F.							

- 3 Policz iloma cechami dany organizm różni się od każdego innego i wpisz wyniki do małej tabeli. Tworzysz w ten sposób macierz danych, która posłuży do budowania drzewa filogenetycznego.
- 4 Na podstawie otrzymanych danych narysuj drzewo pokrewieństwa analizowanych organizmów. Aby dowiedzieć się jak prawidłowo zbudować drzewo filogenetyczne, przeczytaj i przeanalizuj przykład opisany w dziale „Jak rysować drzewo pokrewieństwa?”.

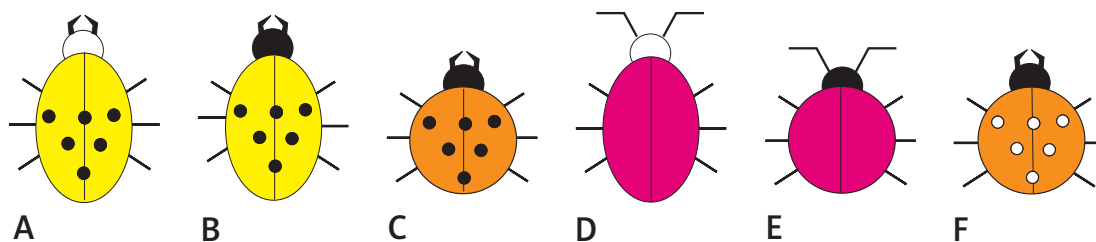
	B	C	D	E	F
A					
B					
C					
D					
E					

Jak rysować drzewo pokrewieństwa?

Poniższy opis wyjaśnia dokładną procedurę budowania drzewa filogenetycznego na podstawie przykładowego zestawu obrazków przedstawionego poniżej. Dane te nie ilustrują faktycznego rozwiązania żadnego z analizowanych w protokole organizmów. Aby zbudować właściwe drzewo pokazujące pokrewieństwo analizowanych przez Ciebie organizmów musisz bazować na przygotowanej przez Ciebie macierzy.

Nasze drzewo będzie na górze przedstawiało „teraźniejszość” czyli analizowane, żyjące współcześnie organizmy. Im niżej, tym bardziej zapuszczamy się w „przeszłość ewolucyjną”, aż dojdziemy do ostatniego wspólnego przodka wszystkich analizowanych organizmów.

- Zaczynamy od wypisania w pierwszym wierszu tabeli cech, które będą brane pod uwagę przy ustalaniu podobieństw i różnic między organizmami. W analizowanym przykładzie będą to: kształt ciała, kolor ciała, kolor głowy, obecność czułków i żuwaczek oraz obecność i kolor kropek.
- Wypełniamy tabelę notując cechy charakterystyczne każdego badanego organizmu.



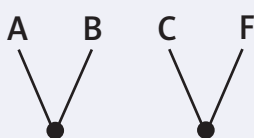
Cecha Organizm	kształt ciała	kolor ciała	kolor głowy	obecność czułków	obecność żuwaczek	obecność kropek	kolor kropek
A.	owal	żółty	biały	-	+	+	czerni
B.	owal	żółty	czarny	-	+	+	czerni
C.	koło	pomarańczowy	czarny	-	+	+	czerni
D.	owal	czerwony	biały	+	-	-	brak
E.	koło	czerwony	czarny	+	-	-	brak
F.	koło	pomarańczowy	czarny	-	+	+	biel

- Następnie liczymy iloma cechami różnią się każde dwa organizmy między sobą. Wyniki zapisujemy w małej tabeli tworząc w ten sposób macierz danych podobieństwa organizmów A - F.

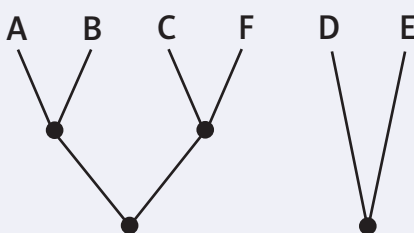
	B	C	D	E	F
A	1	3	5	7	4
B		2	6	6	3
C			7	5	1
D				2	7
E					5

- Rysując drzewo, zaczynamy od znalezienia najbliższych krewnych, czyli takich organizmów, które różnią się najmniejszą liczbą cech: w przedstawionej macierzy między A i B jest jedna różnica, więc to najbliżsi krewni. Między C i F występuje też tylko jedna różnica, więc to najbliżsi krewni. Zapisujemy zidentyfikowane pary. Ostatni wspólny przodek A i B żył stosunkowo niedawno. Zaznaczamy go kropką poniżej, pokazując, że tutaj nastąpiło rozdzielenie się linii prowadzących do współczesnych form A i B. Powtarzamy rysunek łącząc C z F i zaznaczając ich ostatniego wspólnego przodka (rysunek 1).
- Między którymi organizmami występują większe różnice? B różni się dwiema cechami od C, zatem ostatni wspólny przodek żył dawniej niż wspólny przodek A i B oraz C i F. Zaznaczamy wspólnego przodka dla obu tych grup łącząc je ze sobą. Z rysunku widać teraz, że ostatni wspólny przodek B i C jest także przodkiem A oraz F (rysunek 2). Sprawdźmy to w następnym kroku. Organizmy D i E różnią się między sobą dwiema cechami, zatem są blisko spokrewnione ze sobą, ale nie z pozostałymi organizmami. Łączymy je zaznaczając ich wspólnego przodka.
- Szukamy organizmów różniących się trzema i czterema cechami. Potwierdzamy w ten sposób domniemane wcześniej pokrewieństwo między A, B, C i F.
- Ustalamy które organizmy różnią się pięcioma cechami - A i D, C i E oraz E i F, a kiedy połączymy ich przodków, okazuje się, że połączyliśmy razem już wszystkie analizowane organizmy. Na samym dole drzewa (czyli najdawniej) znajduje się ostatni wspólny przodek wszystkich tych organizmów.

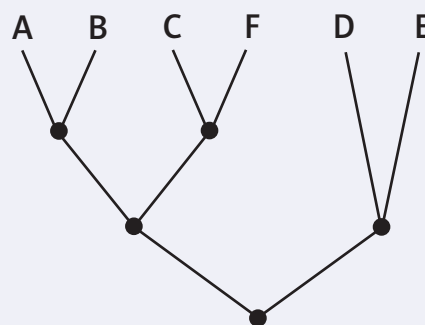
Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3



Dodatkowe pytania

Jak możesz nazwać główne grupy widoczne na stworzonym przez Ciebie drzewie? Zaproponuj nazwy systematyczne pochodzące od charakterystycznych cech wspólnych dla każdej grupy, np.: siedmiopłatkowe i pięciopłatkowe.

Znajdź cechy organizmów, które są wynikiem konwergencji. Konwergencja to niezależne wystąpienie tej samej cechy u dwóch daleko spokrewnionych ze sobą organizmów. Na przykład niektóre z analizowanych kwiatków straciły kolce niezależnie od siebie, a nie odziedziczyły braku kolców po wspólnym przodku. Konwergencji zazwyczaj nie widać na pierwszy rzut oka, dopiero po analizie i stworzeniu drzewa filogenetycznego łatwiej rozpoznać to zjawisko. W ten sposób możemy ustalić, które cechy mają rozkład zgodny z pochodzeniem ewolucyjnym organizmów (np. 7 płatków i ułożenie skrętoległe liści ma tylko grupa blisko ze sobą spokrewnionych roślin), a które – tak jak obecność kolców – są wynikiem konwergencji.

Co sądzisz o podziale prezentowanych organizmów na ptaki krótkodziobe i długodziobe, motyle czarnoodwłokowe i szaroodwłokowe lub rośliny kolczaste i bezkolcowe? Czy taki podział jest zgodny z zaprezentowanym pokrewieństwem?

W podobny sposób można przeanalizować pokrewieństwo innych, rzeczywistych grup organizmów lub przedmiotów, np. różnych typów ciastek, śrubek czy monet.

Dodatkowe źródła informacji

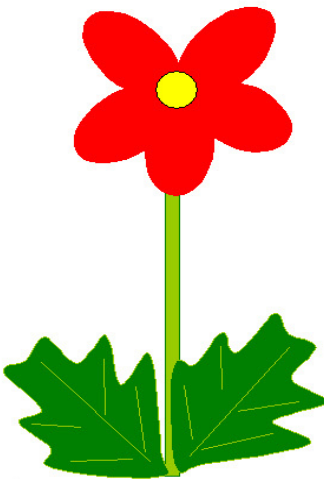
Projekt Tree of Life: <http://tolweb.org/tree/>

Podziękowania

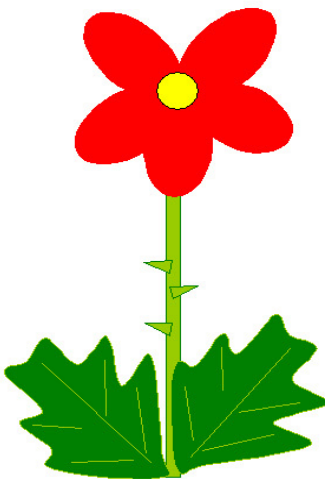
Protokół powstał jako materiał dydaktyczny do kursu dla nauczycieli pt.: „Biologia molekularna na początku XXI wieku” realizowanego w ramach projektu „Continuing Education for European Biology Teachers” finansowanego przez Komisję Europejską.

Prezentowany protokół został przygotowany w ramach projektu Volvox finansowanego z Szóstego Programu Ramowego Komisji Europejskiej.

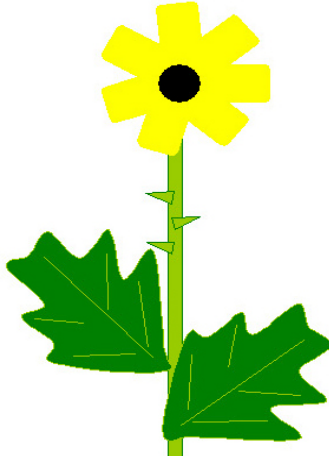




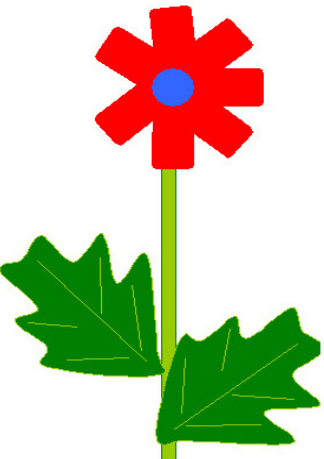
A



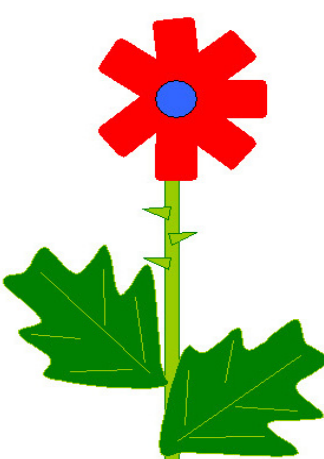
B



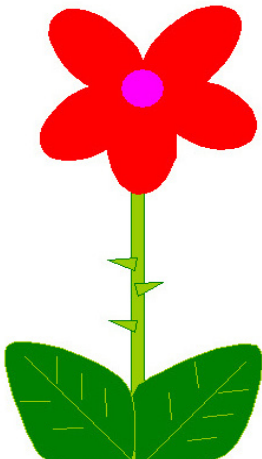
C



D



E



F

