

## Ewolucja złożoności biologicznej

Krzysztof Spalik  
Zakład Filogenetyki Molekularnej i Ewolucji



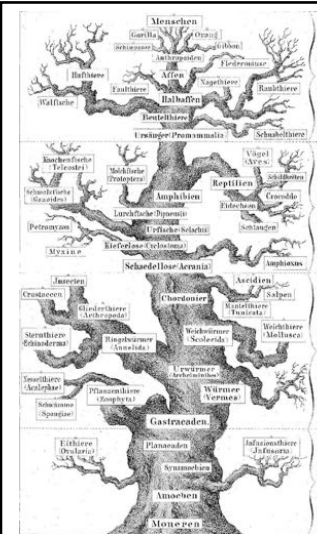
## Scala naturae

- Koncepcja **drabiny bytów** wywodzi się od Arystotelesa i została włączona przez św. Tomasza z Akwinu do teologii katolickiej
- „Ziemska” część skali rozpoczyna się od minerałów, a kończy na człowieku
- Człowiek – koroną stworzenia (silny antropocentryzm)

## Systema naturae Karola Linneusza

I LINNÆI		REGNUM A	
IV. PISCES	V. AVES	VI. QUADRUPEDÆ	VII. INSECTA
Salmo	Falcones	Equus	Formica
Trutta	Struthiones	Bos	Melica
Sturio	Accipiter	Asinus	Formica
Salmo	Falcones	Equus	Formica
Trutta	Struthiones	Bos	Melica
Sturio	Accipiter	Asinus	Formica
Salmo	Falcones	Equus	Formica
Trutta	Struthiones	Bos	Melica
Sturio	Accipiter	Asinus	Formica

- System Linneusza w założeniu miał oddawać porządek stworzenia – a zatem hierarchię bytów
- Otwierają go ssaki naczelne z człowiekiem na pierwszym miejscu
- Zrywał on z silnym antropocentryzmem – człowiek został uznany za gatunek zwierzęcia

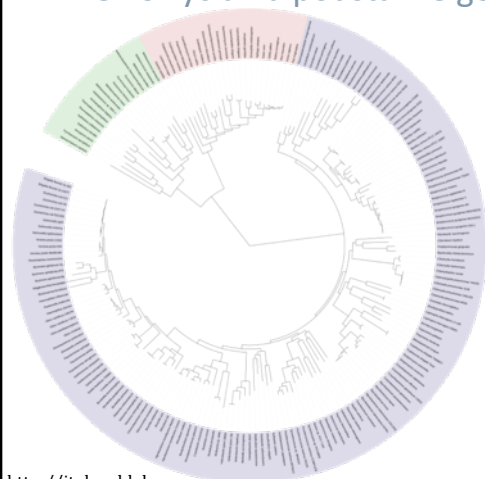


## Drzewo życia Ernsta Haeckla

- Na wielu wczesnych przedstawieniach filogenezy organizmów człowiek jest umieszczony na przedłużeniu pnia – jako sam wierzchołek drzewa – co sugeruje postępowość i kierunkowość ewolucji

## Drzewo życia na podstawie genomów

5

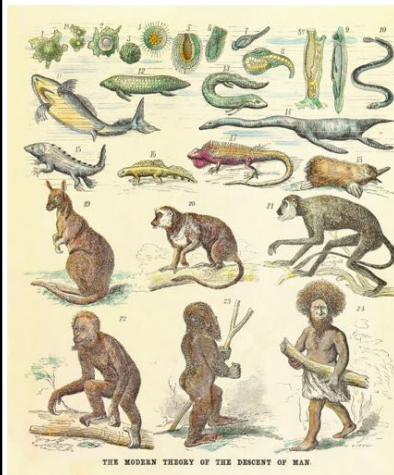


- Drzewo życia oszacowane na podstawie genomów organizmów dostępnych 10.12.2018 r.
- Nie ma wyróżnionych taksonów – wszystkie współcześnie żyjące gatunki mają identyczny status

<http://itol.embl.de>

## Drabina bytów a teoria ewolucji

6



- Uproszczone postrzeganie ewolucji jako ciągu zależności między współczesnymi grupami organizmów (ssaki pochodzą od gadów, które pochodzą od płazów...)
- Retrospektywna analiza wybranych linii ewolucyjnych, pokazujących określone tendencje (czy pochodzenie *E. coli* będzie równie ładne co pochodzenie człowieka?)

## Ewolucja **nie** jest:

7

- **celowa** – nie dąży do określonego celu, choć rozważana retrospektywnie czasem może takie wrażenie sprawiać (np. występowanie preadaptacji)
- **kierunkowa** – choć długo działający dobór kierunkowy może przez pewien czas nadawać jej określony kierunek
- **postępowa** – choć analizując retrospektywnie wybrane linie filogenetyczne albo jedynie budowę określonych układów (narządów, struktur) taki postęp, w tym **wzrost złożoności**, możemy obserwować

## Ważne pytania o ewolucję złożoności

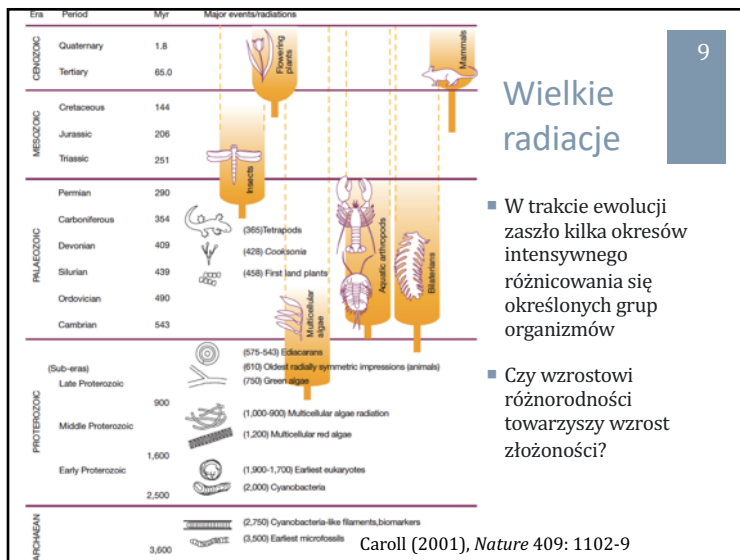
8

### Aspekt naukowy

- Czy wzrost złożoności biologicznej w toku ewolucji jest koniecznością?
- Czy ma on charakter pasywny, czy może istnieją wspierające go mechanizmy?
- Jaki jest mechanizm powstawania nowości ewolucyjnych?

### Aspekt społeczny

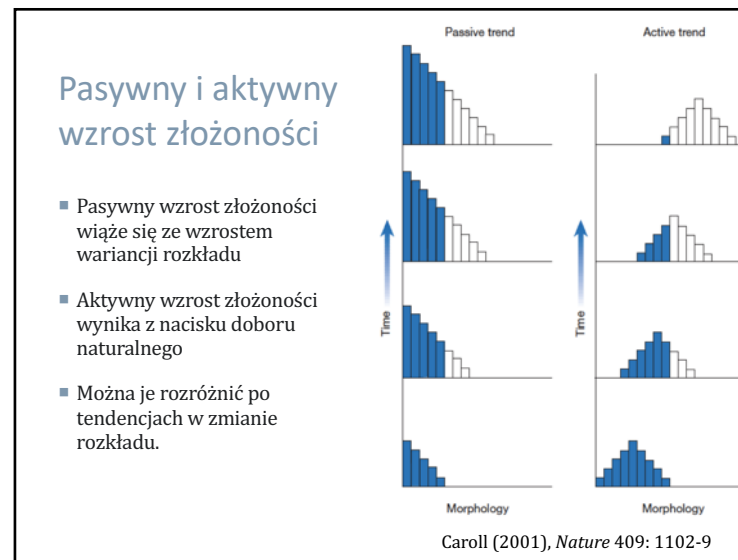
- Przekonanie o celowości, kierunkowości i postępie ewolucji są powszechne w społeczeństwie („ewolucja prowadziła do człowieka”), w tym w edukacji szkolnej
- Argument o „nieredukowalnej złożoności” jest używany przez kreacjonistów do podważania teorii ewolucji



## Wielkie radiacje

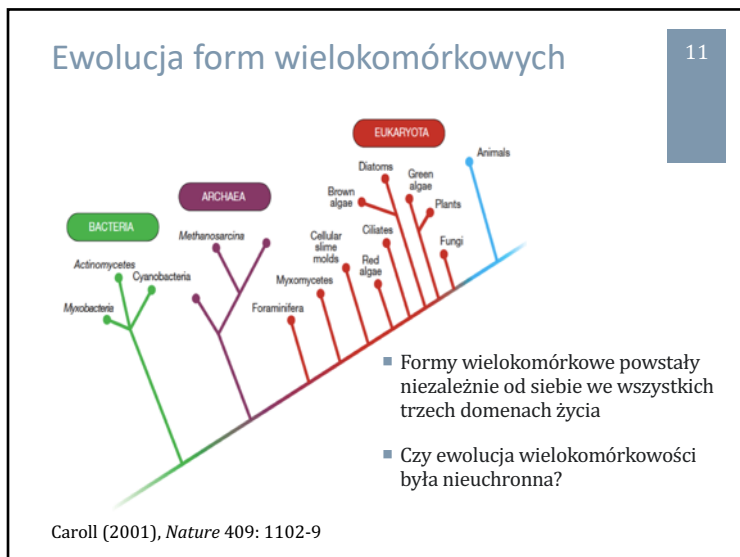
9

- W trakcie ewolucji zaszło kilka okresów intensywnego różnicowania się określonych grup organizmów
- Czy wzrostowi różnorodności towarzyszy wzrost złożoności?



## Pasywny i aktywny wzrost złożoności

- Pasywny wzrost złożoności wiąże się ze wzrostem wariacji rozkładu
- Aktywny wzrost złożoności wynika z nacisku doboru naturalnego
- Można je rozróżnić po tendencjach w zmianie rozkładu.



11

- Formy wielokomórkowe powstały niezależnie od siebie we wszystkich trzech domenach życia
- Czy ewolucja wielokomórkowości była nieuchronna?

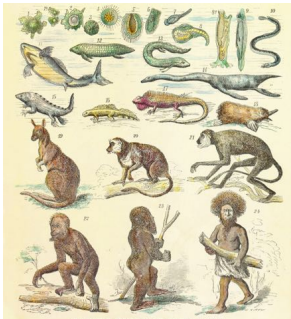


12

13

## Czy obserwujemy globalny wzrost złożoności?

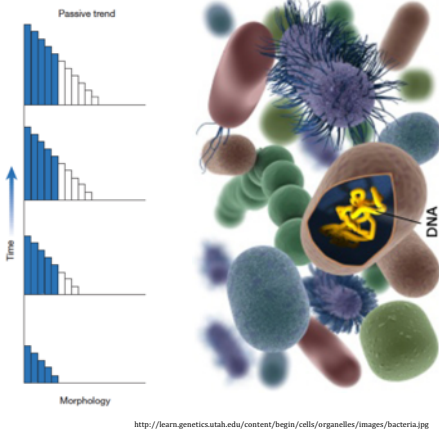
- Można mówić o globalnej tendencji wzrostowej, jeśli wzrastają wartość średnia i maksymalna
- Taką tendencję można zaobserwować w trakcie ewolucji – od organizmów jednokomórkowych przez wielokomórkowe do tkankowych, o ciałach silnie różnicowanych na narządy lub organy, pełniące określone funkcje



14

## Globalnie – pasywny wzrost złożoności

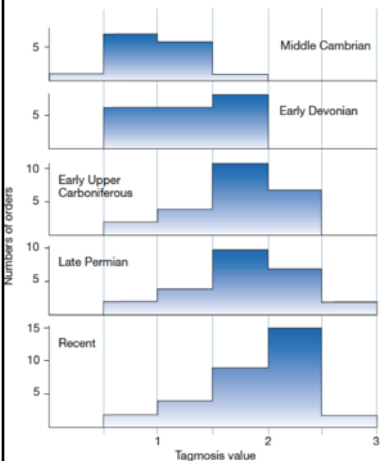
- Pod względem liczby, różnorodności siedlisk oraz różnorodności metabolizmu dominują bakterie
- Organizmy najbardziej złożone pod względem organizacji ciała są niezbyt liczne (np. ssaków jest niespełna 5 tys. gatunków)



<http://learn.genetics.utah.edu/content/begin/cells/organelles/images/bacteria.jpg>

15

## Lokalnie – trendy aktywne



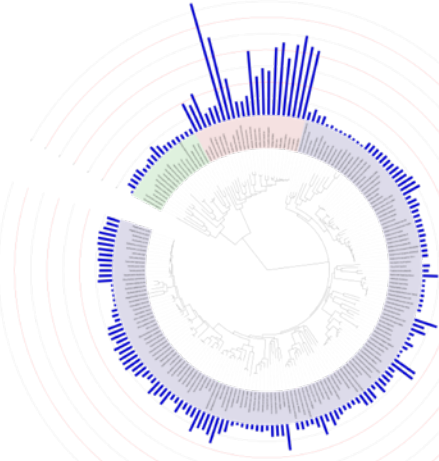
- Zróżnicowanie odnóży u stawonogów ma duże znaczenie adaptacyjne
- Dominanta rozkładu stopnia tagmizacji ciała (i różnorodności odnóży) u wodnych stawonogów wzrastała od środkowego kambru do czasów współczesnych
- UWAGA – to mogą być pseudotendencje

Caroll (2001), *Nature* 409: 1102-9

16

## Wielkość genomu

Drzewo filogenetyczne organizmów, dla których znane są genomy, pokazuje, że wielkość genomu ma aspekt filogenetyczny.



<http://itol.embl.de>

## Przyczyny aktywnego wzrostu złożoności

17

**Table 1 Evolution of cell type and gene number**

Number of cell-types*	Species	Number of genes in genome
1	<i>Mycoplasma genitalium</i>	470
	<i>Rickettsia prowazekii</i> (intracellular parasite)	834
	<i>Haemophilus influenzae</i>	1,709
	<i>Escherichia coli</i>	4,288
	<i>Campylobacter jejuni</i>	1,654
	<i>Aquifex aeolicus</i> (thermophile)	1,512
	<i>Neisseria meningitidis</i>	2,121
	<i>Archaeoglobus fulgidus</i> (Archaea)	2,436
	<i>Methanococcus jannaschii</i> (Archaea)	1,738
	<i>Synechocystis</i> sp. (cyanobacterium)	3,168
2	<i>Bacillus subtilis</i>	~4,100
3	<i>Caulobacter crescentus</i>	
4	<i>Volvox</i>	
7	<i>Ulva</i> (sea lettuce) placozoans	
11	Mushrooms	
30	Kelp	
~11	Sponge, cnidarians	
~30	<i>Arabidopsis thaliana</i> (plant)	~24,000
~50	<i>Caenorhabditis elegans</i> (nematode)	18,424
~120	<i>Drosophila melanogaster</i> (fruitfly)	13,601
~120	Zebrafish	~80,000-100,000
~120	Human	~80,000-100,000

- „Ewolucyjny wyścig zbrojeń” – koewolucja organizmów pozostających w związku antagonistycznym wymusza powstawanie coraz bardziej złożonych adaptacji neutralizujących „broń” drugiej strony
- Wzrost złożoności organizacji ciała umożliwia specjalizację jego części, a tym samym sprawniejsze funkcjonowanie

Caroll (2001), *Nature* 409: 1102-9

## Większa złożoność – więcej genów?

18

### Nie zawsze

- Jednokomórkowa zwiłotnia (*Chlamydomonas reinhardtii*) i wielokomórkowy toczek (*Volvox carteri*) należące do zielenic mają porównywalną liczbę genów, ale u toczka występują dodatkowe geny regulujące czas, liczbę i rodzaj podziałów komórkowych

**Table 1. Comparison of the *Volvox* and *Chlamydomonas* genomes.**

Species	Genome size (Mbp)	Number of chromosomes	% G and C	Protein-coding loci	% coding
<i>V. carteri</i>	138	14*	56	14,520	18.0
<i>C. reinhardtii</i>	118	17	64	14,516	16.3

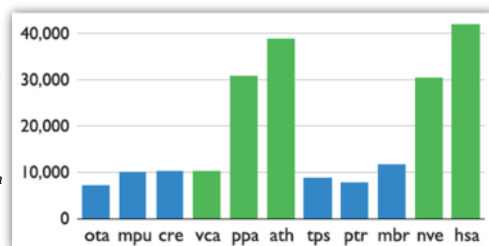
Prochnik et al. (2010), *Science* 329: 223-6

## Większa złożoność – więcej domen białkowych? Może

19

- Liczba stwierdzonych domen białek (Pfam) jest znacznie wyższa u organizmów wielokomórkowych niż u jednokomórkowych (z wyjątkiem *Volvox*)

*Ostreococcus tauri*  
*Micromonas pusilla*  
*Chlamydomonas reinhardtii*  
*Volvox carteri*  
*Physcomitella patens*  
*Arabidopsis thaliana*  
*Thalassiosira pseudonana*  
*Phaeodactylum tricorutum*  
*Monosiga brevicollis*  
*Nematostella vectensis*  
*Homo sapiens*

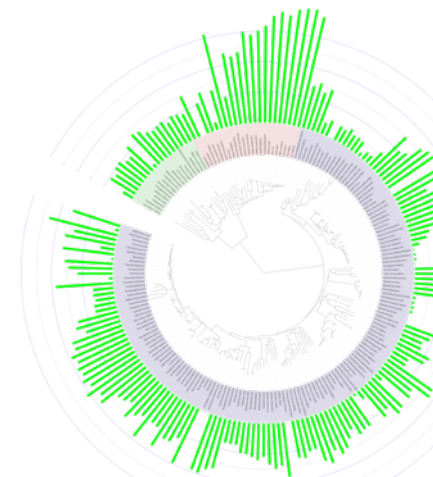


Prochnik et al. (2010), *Science* 329: 223-6

## Liczba domen

20

Liczba domen jest silnie zróżnicowana wśród jednokomórkowców, ale jednak wyraźnie wyższa u wielokomórkowców.



<http://itol.embl.de>

