

ZARYS TEORII EWOLUCJI
BIOGENEZA - POWSTANIE ŻYCIA NA ZIEMI
PODSTAWY KLASYFIKACJI ŻYwych ORGANIZMÓW

Karol DARWIN

Teoria powstawania nowych gatunków drogą doboru naturalnego (1859):

- Ponieważ rodzi się więcej organizmów niż jest w stanie przeżyć, organizmy konkurują ze sobą, prowadząc **walkę o byt**.
- W procesach rozmnażania przychodzi na świat znacznie więcej organizmów, aniżeli może się wyżywić i utrzymać przy życiu.
- Cechą charakterystyczną organizmów żywych jest zmienność. Niektóre cechy różniące jedne organizmy od drugich ułatwiają utrzymanie się przy życiu w walce o byt, inne natomiast są niekorzystne i powodują wyeliminowanie nosicieli. W ten sposób przeżywa najlepiej przystosowany, co stanowi istotę **doboru naturalnego**.
- Osobniki, które przeżyły rozmnażają się przekazując swoje cechy potomstwu. Dzięki temu z pokolenia na pokolenie następuje coraz lepsze przystosowanie do środowiska. Jeśli środowisko się zmienia, zmieniają się również przystosowania kolejnych pokoleń.

SYNTETYCZNA TEORIA EWOLUCJI - neodarwinizm

- łączy odkrycia genetyki, systematyki i paleontologii w spójną teorię wywodzącą się z teorii Darwina.

- **Th. Dobzhansky (1937:** „Genetics and the Origin of Species”)
- **E. Mayr (1942:** „Systematics and the Origin of Species”)
- **J. Huxley (1942:** „Evolution: The Modern Synthesis”)
- **G. G. Simpson (1944:** „Tempo and Mode in Evolution”,
1953: „The major features of Evolution”)

Syntetyczna teoria ewolucji:

- Populacje naturalne charakteryzuje zmienność losowa, nieadaptacyjna, której źródłem są mutacje i rekombinacje.
- Populacje zmieniają się z pokolenia na pokolenie wskutek zmian frekwencji alleli, spowodowanych doбором naturalnym, dryfem genetycznym i przepływem genów.
- Większość wariantów adaptacyjnych daje niewielki efekt fenotypowy, dlatego obserwowane zmiany są stopniowe.
- Wzrost różnorodności organizmów zachodzi wskutek specjacji, która polega zwykle na stopniowym powstawaniu izolacji rozrodczej między populacjami.
- Te same procesy, jeśli trwają dostatecznie długo, powodują tak duże zmiany w organizmach, że istnieją podstawy do nadania im wyższej rangi taksonomicznej (rodzaju, rodziny itd.).

Mechanizmy ewolucji -

czynniki wywołujące proces ewolucji organizmów

- **Zmienność genetyczna**
 - pierwotna - powstająca w wyniku mutacji - jej efektem są nowe warianty genów (allele)
 - wtórna - powstająca w wyniku rekombinacji - jej efektem są nowe genotypy (nowe zestawy alleli)
- **Dziedziczenie**
- **Zjawiska losowe** - dryf genetyczny - zmiana frekwencji poszczególnych alleli wywołuje proces ewolucji w obrębie populacji tego samego gatunku.
- **Dobór naturalny = selekcja** - prowadzi do zmian przystosowawczych powodujących, że zmienność określonej populacji odpowiada wymogom środowiska, które ta populacja zajmuje; prowadzi zatem do powstania zróżnicowania genetycznego między populacjami.

Typy doboru naturalnego (selekcji):

- **Stabilizujący** = normalizujący, kanalizujący - faworyzuje cechy o wartościach średnich dla danej populacji, a eliminuje wartości skrajne, nie sprzyjające. Działa w obrębie populacji, które osiągnęły wysoki stopień przystosowania w stabilnym, nie zmieniającym się środowisku i utrzymuje ich zmienność genetyczną na stałym poziomie, nie prowadząc do zmian ewolucyjnych.
- **Kierunkowy** = dynamiczny, progresywny - faworyzuje jedno optimum, które jednak nie pokrywa się ze średnią wartością cechy w danej populacji, lecz odbiega od niej w jednym lub

drugim kierunku. Działa w warunkach progresywnie zmieniającego się środowiska i prowadzi do osiągnięcia nowego stanu przystosowania populacji.

- **Rozdzielający** = rozrywający, różnicujący - faworyzuje jednocześnie więcej niż jedno optimum wartości cechy, natomiast eliminuje formy pośrednie. Działa w populacji zasiedlającej niejednorodne środowisko i przystosowuje poszczególne formy do pewnych elementów siedliska, przy czym populacja jako całość utrzymuje wysoką zmienność genetyczną.

Prawidłowości ewolucji:

- **Kumulatywność** - zmiany ewolucyjne przebiegają drogą stopniowego gromadzenia drobnych zmian genetycznych i odpowiadających im cech fenotypowych.
- **Nieodwracalność** - przemiany ewolucyjne nigdy nie cofają się po tej samej drodze, którą postępowały wcześniej.
- **Kierunkowość** - w różnych liniach rozwojowych przez dłuższy czas utrzymuje się pewien niezmienny trend ewolucyjny, polegający na stałym i stopniowym wzroście (lub spadku) natężenia danej cechy.
- **Wzrost złożoności systemów żywych** - tendencja widoczna w przebiegu istotnych etapów historii życia na Ziemi
- **Zmienne tempo** - różnice w szybkości zmian ewolucyjnych dotyczą zarówno odmiennych linii rozwojowych organizmów żywych, jak i różnych okresów w rozwoju poszczególnych linii.

GATUNEK - jest to grupa organizmów mniej lub bardziej zróżnicowanych, zdolnych do krzyżowania się między sobą w przyrodzie, będących w izolacji rozrodczej wobec innych gatunków.

BIOLOGICZNA KONCEPCJA GATUNKU

Mechanizmy izolacji rozrodczej

- **Izolacja przegatunkowa** - mechanizmy zapobiegające przepływowi genów między gatunkami - uniemożliwiające odbycie kojarzeń
 - izolacja sezonowa
 - izolacja siedliskowa
 - izolacja etologiczna
 - izolacja mechaniczna
 - izolacja gametyczna
- **Izolacja postgatunkowa** - mechanizmy zapobiegające przepływowi genów między gatunkami, które po zapłodnieniu uniemożliwiają rozwój lub rozród mieszańców
 - nieżywołność mieszańców
 - nieplodność mieszańców
 - depresja mieszańcowa

Specjacja - proces powstawania nowych gatunków

- **Specjacja allopatryczna** - powstawanie gatunku następuje wówczas, gdy jakaś populacja zostanie odizolowana geograficznie od reszty populacji danego gatunku, a następnie podlega dalszej ewolucji; zwana również specjacją geograficzną.
- **Specjacja sympatryczna** - powstanie nowego gatunku na obszarze zajmowanym przez gatunek wyjściowy (bez izolacji geograficznej).

EWOLUCJA świata organicznego jest to nieodwracalny, historyczny, przebiegający w różnym tempie proces powstawania, zmieniania i różnicowania się grup organizmów, trwający równolegle i zależnie od zmian zachodzących w środowisku i powodujący przystosowanie do owych zmian poprzez wymieranie mniej przystosowanych, a przeżycie bardziej przystosowanych form istot żywych.

BIOGENEZA - proces powstawania życia na Ziemi.

Etapy powstawania życia na Ziemi

- Ewolucja prebiologiczna - abiogenna synteza prostych związków organicznych.

- Powstawanie polimerów prostych związków (powstawanie układów złożonych: polisacharydy, białka, kwasy nukleinowe)
- Powstanie struktur błoniastych oddzielających makrocząsteczki od środowiska - powstanie pracomórki - zapewnienie mikrośrodowiska dla przebiegu specyficznych reakcji chemicznych charakterystycznych dla systemów żywnościowych.
- Powstanie aparatu genetycznego - możliwość powielania pierwotnych kwasów nukleinowych i pierwotnych polipeptydów w warunkach abiotycznych i możliwość przekazywania informacji umożliwiającej powielanie komórki.
- Powstanie mechanizmu dostarczającego energii.

Abiogeniczna synteza związków organicznych

I:

Założenie Urey'a i doświadczenie Millera (1953):

- skład atmosfery: atmosfera beztlenowa, zawierająca głównie H_2 , NH_3 , CH_4 , H_2O , właściwości redukujące
- źródło energii: promieniowanie ultrafioletowe, wyładowania atmosferyczne, energia jądrowa
- miejsce syntezy: atmosfera, a powstałe związki organiczne opadają do oceanów i ulegają rozpuszczeniu w wodzie tworząc tzw. „pierwotną zupę (bulion)”

II:

Inne poglądy (lata 70. XX wieku):

- skład atmosfery: atmosfera beztlenowa, zawierająca głównie N_2 , CO_2 , H_2O
- źródło energii: energia cieplna z wnętrza Ziemi
- miejsce syntezy: woda w sąsiedztwie źródeł hydrotermalnych w aktywnych wulkanicznie rejonach oceanicznych lub gorące źródła na skraju wulkanów

Powstawanie polimerów prostych związków

- Łączenie się związków organicznych w bardziej złożone układy - polimery - może być spontaniczne, bez udziału katalizatorów.
- Dłuższe oligonukleotydy czy peptydy można uzyskać wtedy, gdy polimeryzacja odbywa się na powierzchni materiałów ilastych, bez udziału wody, która sprzyja hydrolizie.
- Polimeryzacja aminokwasów może zachodzić w wodzie morskiej wzbogaconej w sole żelaza, cynku, miedzi, kobaltu, manganu, sodu i chloru i ogrzanej do temp. $105^{\circ}C$.
- Powstawanie polimerów mogło zatem mieć miejsce w wodzie, w glebie (w związku z występowaniem cząstek ilów) lub na obszarach, na których tworzyły się piana i bąble.

Powstanie pracomórki - kształtowanie strukturalnych podstaw życia

- Przedkomórkowe formy organizacji materii:
 - Koacerwaty (A. Oparin) - protobionty, agregaty cząstek koloidalnych (dwu lub więcej rodzajów cząsteczek organicznych) otoczone warstwą cząsteczek rozpuszczalnika.
 - mogą wchłaniać cząsteczki z otoczenia, powiększać objętość i dzielić się
 - wykazują prosty metabolizm
 - Mikrosfery (S. Fox) - kuliste protobionty powstałe wskutek przyłączenia wody do protenoidów (polipeptydów tworzących się w wyniku spontanicznej polimeryzacji aminokwasów).
 - mają właściwości osmotyczne
 - mogą pochłaniać substancje z otoczenia
 - mogą wytwarzać potencjał elektryczny w poprzek powierzchni
- Wytworzenie struktur błoniastych, pęcherzyków zawierających agregaty samopowielających się polimerów
 - Struktury błoniaste powstają spontanicznie w mieszaninach lipidów lub fosfolipidów z wodą.
 - Błony te mogły komplikować swoją budowę przez przyłączanie polipeptydów, które zapewniały większą stabilność i wymianę materii z otoczeniem.

Powstanie aparatu genetycznego

- Autokataliza białek
- Autokataliza kwasów nukleinowych
- Hipercykl białek i kwasów nukleinowych
 - Teoria hipercykli Eigena:

- Częsteczki pierwotnych kwasów nukleinowych różniły się między sobą m.in. stopniem stabilności, szybkością „replikacji”, czasami życia, dokładnością kopiowania.
- Populacje cząsteczek biopolimerów podlegały działaniu doboru naturalnego.
- Pierwotne „geny” mogły mieć długość dzisiejszych cząsteczek tRNA.
- Powstawały kooperacje (sprzężenia, hipercykle) w samoodtworzeniu pomiędzy pierwotnymi kwasami nukleinowymi a pre-białkami (białka mogły pełnić funkcje biokatalizatorów).
- Hipercykle podlegały doborowi naturalnemu, w efekcie powstały układy kwasu nukleinowego z białkiem o odpowiedniej sekwencji aminokwasów (prymitywny proces translacji).
- Hipercykle ulegały odizolowaniu od otoczenia i innych hipercykli - powstała kompartmentacja.

Powstanie i ewolucja pierwszych organizmów żywych

Kalendarz:

Pierwsze *Procaryota* - ok. 3,2-3,8 mld lat temu

Pierwsze *Cyanobacteria* - ok. 2,5 mld lat temu

Pierwsze *Eucaryota* - ok. 2,1 mld lat temu

EWOLUCJA PROCARYOTA

- Pierwsze probakterie były beztlenowymi heterotrofami (żyły w beztlenowym środowisku bogatym w związki organiczne) miały tylko enzymy ułatwiające transport substratów przez błonę.
- Pierwsze prototrofy były zdolne do przeprowadzania prostych syntez.
- Pierwsze autotrofy to metanogenne archebakterie uzyskujące energię w reakcji **redukcji** dwutlenku węgla, zdolne do wiązania CO₂ przez acetylokoenzym A.
 - Pierwsze chemolitotrofy to bakterie uzyskujące energię w reakcji **utleniania** prostych związków nieorganicznych (bakterie nitryfikacyjne, żelaziste, wodorowe, siarkowe), zdolne do wiązania CO₂ drogą, kolejno, hydroksypropionową, przez reduktywny cykl kwasów karboksykowych, oraz przez cykl Calvina.
- Pierwsze fotoautotrofy to beztlenowe bakterie fotoautotroficzne wykorzystujące jako źródła elektronów zredukowane związki mineralne siarki lub wodór.
 - Pierwsze tlenowe fotoautotrofy to sinice, wykorzystujące wodę jako reduktor i produkujące tlen.

Znaczenie fotoautotrofów dla środowiska Ziemi

- Czas powstania bakteriochlorofilu - ok. 2,8 - 2,5 mld lat temu
 - Wstępowe (prążkowane) formacje żelaziste (BIF - Banded Iron Formations)
 - Stromatolity
- Czas powstania II systemu fotosyntezy - powstanie atmosfery tlenowej (układ fotosyntetyzujący wykorzystujący jako reduktor wodę i produkujący tlen) - ok. 2 mld lat temu
 - Obecność heterocyst w nitkowatych koloniach sinic tworzących stromatolity
 - Zanikanie BIF

EWOLUCJA EUCARYOTA

- Pra-*Eucaryota* powstały prawdopodobnie równocześnie z *Procaryota* jako beztlenowe twory, nieobłonione, amebowate, wyposażone w jądro z pałeczkowatymi chromosomami, zdolne do odżywiania się na drodze fagocytozy. Pokarmem ich mogły być pra-*Procaryota*.
- Etapy ewolucji *Eucaryota*:
 - Powstanie chromosomów i jądra komórkowego:
 - fragmentacja genomu bakteryjnego

lub

- powielenie genomów bez podziału komórki
- Powstanie mitochondriów - mitochondria pochodzą z endosymbiotycznych fotosyntetyzujących bakterii purpurowych - alfa-proteobakterii
- Powstanie chloroplastów - chloroplasty pochodzą z endosymbiotycznych sinic

Pierwsze organizmy eukariotyczne

Grypania – pierwsze ok. 2,1 mld lat temu - pierwsze

Protista złożone z zakreconych rurek

Akritarchy – pierwsze ok. 1,9 - 1,6 mld lat temu - mikroskamieliny „o niepewnym pochodzeniu” - stadia przetrwalnikowe (cysty) pierwotnych eukariontów o różnych pokrewieństwach, prawdopodobnie nawiązujące do różnych grup glonów.

PODSTAWY KLASYFIKACJI ŻYWYCH ORGANIZMÓW BIORÓŻNORODNOŚĆ NA ZIEMI:

Bakterie	3 000
Sinice	500
Glony eukariotyczne	17 000
Mszaki	23 000
Paprotniki	12 000
Rośliny nasienne	240 000
Grzyby	120 000
Porosty	16 500
Pierwotniaki	30 000
Bezkęgowce	1 000 000
Kęgowce	50 000

RAZEM 1 512 000

- **SYSTEMATYKA** (gr. *systema*) jest to nauka badająca różnorodność organizmów żywych i wszelkie związki między nimi oraz klasyfikująca organizmy na podstawie pokrewieństw i filogenezy.
- **TAKSONOMIA** (gr. *taksis* - porządek, *nomos* - prawo) - poddyscyplina systematyki - jest to teoria i praktyka **klasyfikowania** organizmów żywych. Zajmuje się sztuką opisywania roślin i zwierząt i tworzenia taksonów; w jej skład wchodzi nazewnictwo biologiczne.
- **KLASYFIKACJA** (łac. *classis* - oddział, *facio* - czynię) jest to postępowanie związane z zaszeregowaniem organizmów żywych do odpowiednich kategorii systematycznych
 - **Takson** - grupa podobnych do siebie organizmów, na tyle odrębna od innych, że zasługuje na zaliczenie jej do odrębnej kategorii systematycznej. Termin ten odnosi się zawsze do konkretnego obiektu biologicznego.
 - **Kategoria** - ranga, poziom w klasyfikacji hierarchicznej; jest to zespół wszystkich taksonów danej rangi.

HISTORIA TEORII KLASYFIKACJI

Arystoteles (384 - 322 p.n.e) - ojciec klasyfikacji biologicznej

Wyróżnił kategorie zbiorcze, rodzaje, stosując określone kryteria różnicujące, np. krwistość lub bezkrwistość, owłosienie lub pokrycie piórami, itp.

Uszeregował wszystkie zwierzęta w jednej stopniowanej „scala naturae” zgodnie ze stopniem ich „doskonałości”; wprowadził pojęcie zwierząt „niższych” i „wyższych”.

Zapoczątkował empiryczne metody badań przyrodniczych.

Linneusz (1707 - 1778) - ojciec taksonomii

Zastosował binominalną metodę nomenklatury zwierząt i roślin

Darwin (1809 - 1882) - twórca ewolucyjnej interpretacji zmienności organizmów

Uznał, że oddzielanie taksonów musi być oparte na pokrewieństwie pochodzenia, a zaliczanie taksonów do różnych kategorii powinno uwzględniać przebyte stopnie modyfikacji.

TEORIE KLASYFIKACJI BIOLOGICZNEJ

Przed rokiem 1859

- **Esencjalizm** (od Arystotelesa do Linneusza) - zadaniem wiedzy jest poznawanie i opisywanie ukrytej, prawdziwej natury rzeczy, czyli „istoty”; esencjalizm przyporządkowuje zmienność przyrody do ustalonej liczby typów różnych szczebli; wszyscy członkowie taksonu są odzwierciedleniem tej samej istotnej natury, odpowiadają temu samemu typowi.
- **Empiryzm** - wyróżnia taksony w oparciu o cały zespół cech, a nie tylko te najbardziej istotne; poszukuje wspólnych cech i bada korelacje tych cech z innymi

- Nominalizm - grupy naturalne nie istnieją, istnieją jedynie osobniki, a taksony są sztucznymi tworem ludzkiego umysłu

Po 1859 roku - ewolucjonizm jako podstawa klasyfikacji

- Fenetyka - taksonomia numeryczna; przyjmuje ogólne podobieństwo organizmów za podstawę klasyfikacji; celem fenetyki jest wyeliminowanie elementów subiektywnych, związanych z wyborem cech; polega na badaniu wszystkich możliwych cech, którym przypisuje się jednakową wagę i obliczaniu średniego podobieństwa.
- Kladyzm- organizmy są szeregowane i klasyfikowane wyłącznie w zależności od wspólnego pochodzenia. Celem kladystyki jest odtworzenie kolejności rozszczepiania się linii filetycznych.
- Klasyfikacja ewolucyjna - taksony są wyodrębniane tak, aby pokrywały się z grupami filogenetycznymi; klasyfikacja powinna być odbiciem filogenezy

Drzewo filogenetyczne (dendrogram) - graficzne ujęcie ewolucyjnych pokrewieństw

- **Fenogram** - graficzne ujęcie zaznaczające pokrewieństwa i względny czas pojawienia się jednostek systematycznych w ewolucji. Fenogramy mogą być złożone z nieregularnych linii (odgałęzień) lub regularnych.
- **Kladogram** - na osi czasu podawana jest ocena czasu w pojawieniu się jednostki systematycznej, na osi odciętych stopień różnicy cech. Stopień pokrewieństwa jest określany za pomocą położenia punktów odgałęzień.
- **Filogram** - podaje, podobnie jak kladogram, stopnie różnicy między jednostkami systematycznymi mierzone na osi odciętych, czasy ich powstania mierzone są na osi rzędnych, a ponadto stopnie zróżnicowania jednostek systematycznych wyrażone są za pomocą kątów odchylenia.

GATUNEK jest podstawową kategorią systematyczną.

Gatunek jest to grupa populacji naturalnych, które obecnie lub potencjalnie krzyżują się ze sobą i są izolowane od innych takich grup

HIERARCHIA KATEGORII TAKSONOMICZNYCH

	wilk	pszczoła
KRÓLESTWO	<i>Animalia</i>	<i>Animalia</i>
TYP	<i>Chordata</i>	<i>Arthropoda</i>
GROMADA	<i>Mammalia</i>	<i>Insecta</i>
RZĄD	<i>Carnivora</i>	<i>Hymenoptera</i>
RODZINA	<i>Canidae</i>	<i>Apidae</i>
RODZAJ	<i>Canis</i>	<i>Apis</i>
GATUNEK	<i>lupus</i>	<i>mellifera</i>

KLASYFIKACJA ORGANIZMÓW ŻYWYCH

Nadkrólestwo: **Prokarionty**

Królestwo: **Bakterie**

Nadkrólestwo: **Eukarionty**

Królestwo: **Protisty**

Królestwo: **Grzyby**

Królestwo: **Rośliny**

Królestwo: **Zwierzęta**

Alternatywne klasyfikacje organizmów żywych