

Úvod do biologie

1.r. PŘ 1/0/0

**Vznik a vývoj života (na Zemi)  
a podmínky života (ve Vesmíru)**

Doc. RNDr. B. Rychnovský, CSc.

Kat. biologie PdF MU

**Kdy?** ↑  
**Kde?** ↓  
**Jak?**

Hypotetické odpovědi s rozdílným stupněm pravděpodobnosti v důsledku existence sporných bodů

Současná hypotéza (vědecká domněnka, tj. vědecky přijatelné, ale neprokazatelné vysvětlení):

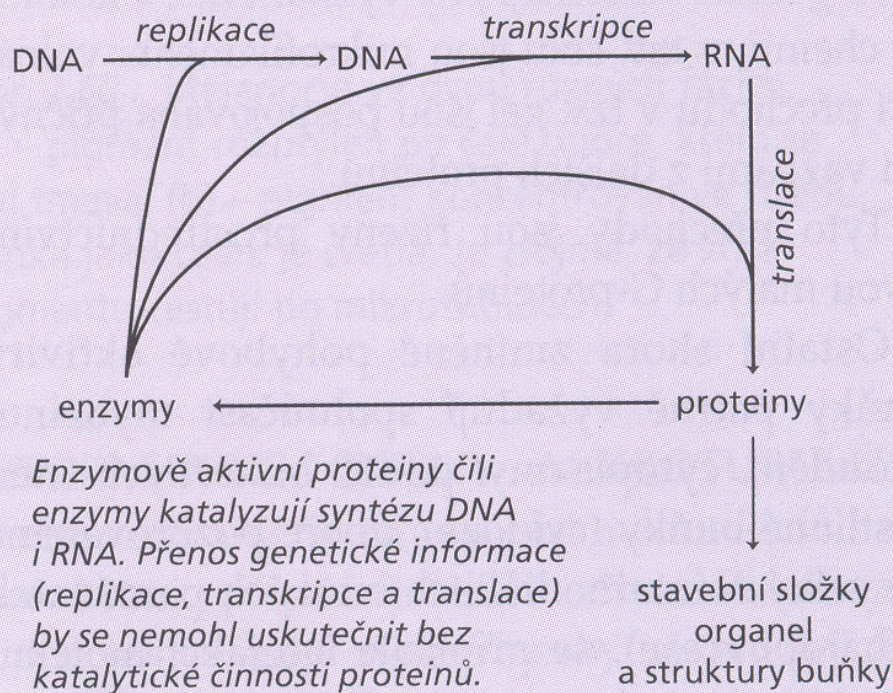
**založená na ústředním dogmatu (postulátu) molekulární biologie** a odpovídající požadavkům kladeným na přírodovědní hypotézy tj. vysvětlení nesmí být nevysvětlitelné, musí být vědecky zdůvodnitelné, naznačovat řešení a vyvratitelné, tj. vysvětlitelné jiným jevem)

### **Ústřední dogma molekulární biologie:**

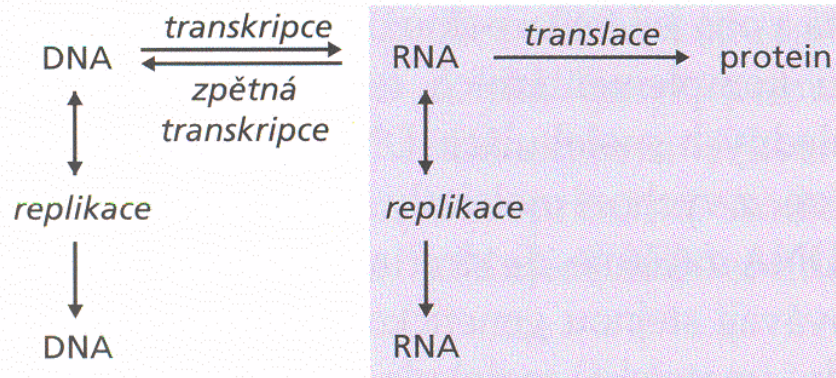
přenos genetické informace je jedině možný z NK do NK nebo z NK do P. Zpětný přenos z P do NK **není možný** (ani z P do P).

DNA:	<b>A</b>	<b>T</b>	<b>G</b>	<b>C</b>
RNA:	<b>A</b>	<b>U</b>	<b>G</b>	<b>C</b>

NK: pentózoový **cukr** (ribóza - RNA nebo deoxyribóza - DNA), **fosfát** (zbytek kyseliny fosforečné) a postranní (komplementární)  **dusíkaté báze** (purinové – A,G a pyrimidinové –T,U,C )



Obr. 2.70 Schéma funkčních vztahů mezi nukleovými kyselinami a proteiny.



Šipkou je znázorněn směr přenosu genetické informace.  
 U všech eukaryotických organizmů a DNA-virů probíhá přenos genetické informace v plném rozsahu.  
 U RNA-virů probíhá jen v rozsahu vyznačeném obdélníkem.

Obr. 2.71 Schéma ústředního dogmatu molekulární biologie.

## **Definice života (živých soustav):**

- schopnost biosyntézy látek (závislost biosyntézy Nukleových Kyselin a Proteinů na proteinech jako biokatalyzátorech, tedy enzymech)
- závislost biosyntézy proteinů na přenosu genetické informace a tím na NK

Lze vyjádřit: biosyntéza NK a P v živé soustavě je závislá na proteinech jako biokatalyzátorech (enzymech) a NK jako nositelích genetické informace (to je ve sledu nukleotidů).

Způsoby přenosu:

replikace – kopírování (DNA → DNA, RNA → RNA)

transkripce – přepis (DNA → RNA, RNA → DNA – zpětná transkripce)

translace – překlad genetické informace z mRNA do primární struktury proteinu (prostřednictvím kódující nukleotidové sekvence)

Postupný vývoj cyklického vztahu  $\begin{matrix} \downarrow & \leftarrow & \uparrow \\ NK \rightarrow P \end{matrix}$

## Kde?

- na Zemi? (námitka: doba pro vznik genetického kódu – 500 mil. let – je příliš krátká)
- jinde? (dřívější teorie panspermie a přenosu na Zemi – hypotetické; přenos otázek jinam)

## Kdy?

Vznik Země před  $4,6 \cdot 10^9$  let → 600 mil let bez podmínek → tvorba kůry, snížení počtu meteoritů → přijatelné podmínky pro vznik organických látek → **progenoty** (primitivní formy života)

(hypotetická existence života před  $3,8 \cdot 10^9$  let)

→ nejstarší **fosílie buněk**  $3,5 \cdot 10^9$  let staré

proces vzniku života od výchozích látek k nejstarším buňkám  $4,0 \cdot 10^9$  až  $3,5 \cdot 10^9$  let (chemická evoluce)

doba 500 mil. let považována za překvapivě krátkou  
(?vznik života opravdu zde?)



## Jak?

Zohlednění cest vedoucích k vztahům mezi NK a P (ústřednímu dogmatu molekulární biologie)

**Základní alternativy vzniku stávajícího obecného organizačního principu** (tj. princip koexistence NK a P):

NK uchovávají a kumulují genetickou informaci, zajišťují vertikální přenos mezi generacemi. Informace je o tvorbě P. P vykonávají všechny biologické funkce včetně těch, které jsou nezbytné pro kopírování informace v NK)

- A. původní „organismy“ se skládaly z P, neobsahovaly NK
- B. původní „organismy“ se skládaly z NK (něco podobného), neobsahovaly P
- C. už od samého počátku biologické evoluce existovala dělba funkcí mezi NK a P
- D. původní „organismy“ byly založeny na úplně jiném principu

Nejjednodušší živá soustava (představitel. systém): translační systém s třífunkční RNA:

- funkce mRNA
- funkce genoforu, tj. nositele genů
- replikační funkce

obdoba: RNA-viry (RNA se v hostitelské buňce replikuje do virového potomstva a je překládána do virových proteinů hostitelské buňky pomocí translačního systému hostitelské buňky) → **možnost života na úrovni RNA jako předchůdce DNA-úrovně**  
Z toho plyne otázka jak vznikl jednoduchý translační systém založený na replikující se RNA jako genoforu, který by měl současně funkci mRNA:

### Jak se na Zemi vytvořila RNA?

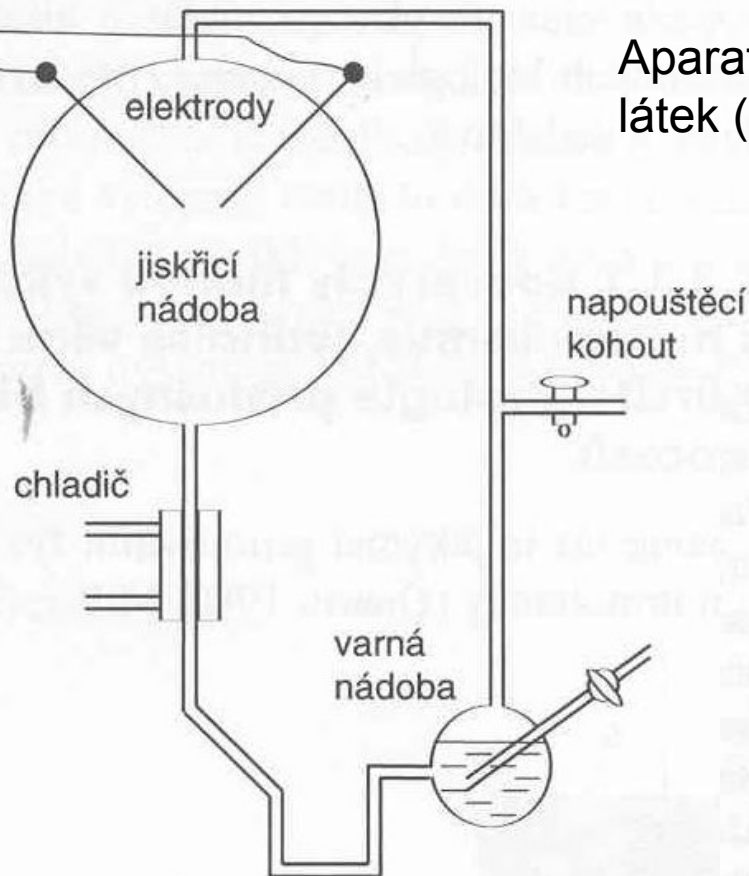
Jak se mohla vytvořit na Zemi replikující se molekula RNA bez enzymů (proteinů)?

Hypotéza (opory: dogma molekulární biologie, fakta z pokusů – tehdejší podmínky na Zemi, výskyt organických sloučenin v meteoritech a další):  
Všechny základní složky N, K a P lze připravit abiotickou cestou (bez P jako enzymy). Existence RNA-virů ukazuje, že již před vznikem života existovaly translační systémy reprodukcující se prostřednictvím RNA (podpora: existence zpětné transkriptázy u prokaryot).

Hypotetické dobové prostředí (**abiotické a prebiotické**): hromadění a koncentrování látek potřebných pro interakční vznik života v uzavřených lagunách blízko sopek, kde interakce mohly vést k prvotním ribonukleovým translačním systémům. Ty mohly být splachovány do oceánů.

Jiné lokalizace: podpovrchové podmořské vývěry teplých vod nebo hydrotermální zóny v hlubších partiích kůry)

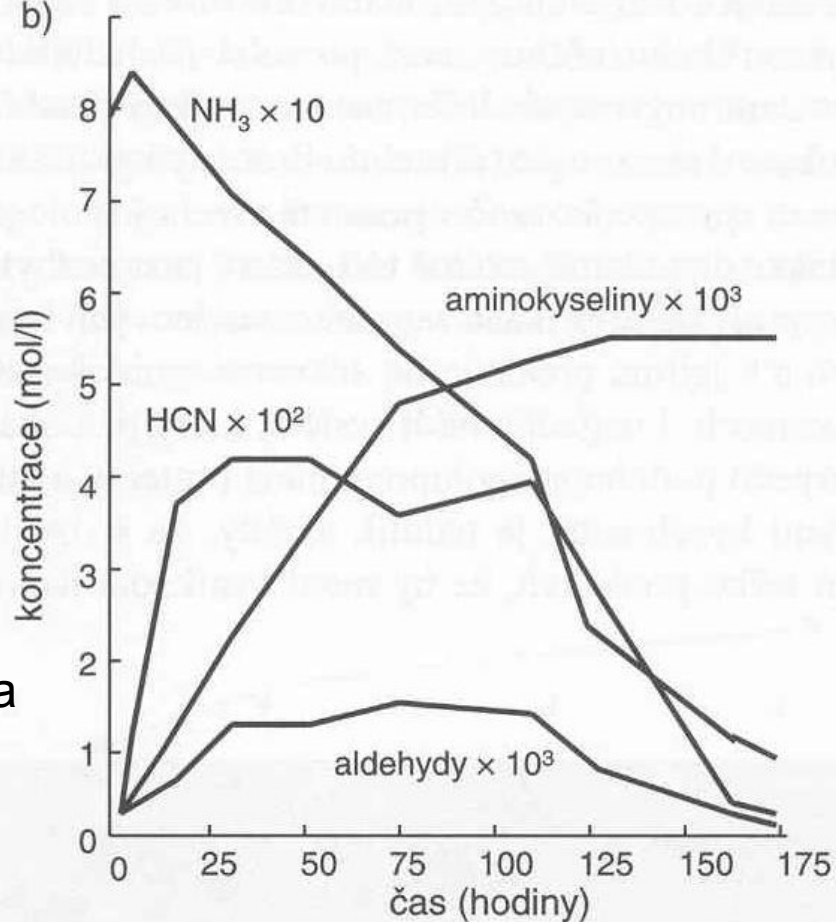
a)



Aparatura pro abiotickou syntézu organických látek (voda, metan, amoniak, vodík)

Průběh tvorby látek (po 150 h kyselina mravenčí, **glycin**, kys. glykolová, **alanin**, laktát,  **$\beta$ -alanin**, acetát, kys. propionová v konc. 2,3 – 0,13 mmol/l)

b)



## **Prebiotická atmosféra Země**

Chemická evoluce tvorby jednoduchých organických sloučenin – horká voda na Zemi ( $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Atmosféra z plynů pocházejících z nitra zemského tělesa. Význam složení (využití obsažených plynů nezbytných pro syntézu P a NK).

Původní předpoklad: silně redukční atmosféra s  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$

Současná úvaha: mírně redukující atmosféra s  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , až neredukující atmosféra s  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$  bez volného  $\text{O}_2$ . Jeho množství se začíná zvyšovat až vznikem a činností cyanobakterií (sinic v období před  $2,5 - 2,9 \times 10^9$  let).

**Další obohacování atmosféry molekulárním vodíkem:** v důsledku nepřítomnosti kyslíku v prvotní atmosféře Země chybí i ozón, proto UV-záření dopadá na vodný povrch → uvolňování vodíku. Současná oxidace  $\text{Fe}^{2+}$  na  $\text{Fe}^{3+}$  se srážením magnetitu – oxid železnato-železitý  $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  (výskyty usazenin v prekambriických vrstvách).

Prebiotická syntéza kyanovodíku a aldehydů – z teorie plyne dřívější existence RNA před proteiny, tím i aminokyselinami (Ak). Výjimky: Ak nepostradatelné pro nukleotidy, tj. **glycin** pro purin a **kyselina asparagová** pro pyrimidin. Kromě nich i aldehydy (východiska pro Ak) a HCN (východisko pro purinové i pyrimidinové báze).

Kromě G a kAs brzká tvorba alaninu, serinu, k. glutamové, prolinu a cysteinu. Doloženo pokusy ve všech třech typech atmosféry.

**Prebiotická** syntéza purinových a pyrimidinových bází – experimentální důkazy výchozí látky HCN (puriny), popř. oligomerů HCN (hydrolyzou vznik pyrimidinové báze), případně kyanoacetylenu pro vznik uracilu přes cytozin.

**Prebiotická syntéza ribonukleotidů** – nejasnosti

Nezbytnost kondenzačních činidel při syntéze polyribonukleotidů (polyfosfáty pro oligonukleotidy, karbodiimid pro aminokyseliny do peptidů, monmorillonit pro oligoribonuklotidy)

**Syntéza polypeptidů v prebiotickém prostředí**

- syntéza polypeptidů neřízenou matricí  
(neenzymatický experimentální vznik protenoidů)
- syntéza polypeptidů **řízenou** matricí

Možnosti vzniku oligoribonukleotidů až polyribonukleotidů s pravděpodobností autokatalytické schopnosti.

Podpora: izolace intronové RNA se schopností vyštěpovat sama sebe (jako intron mezi dvěma exony a konce estericky spojit) za nepřítomnosti enzymů. Štěpení i spojení je katalyzováno samotnou intronovou RNA. To je považováno za evoluční relikv kdysi katalyticky významné RNA. Katalytická RNA je schopná na sebe řadit volné oligonukleotidy a estericky je spojit, což naznačuje autoreplikaci. To nazýváme autoreplikující se RNA jinak **autoreplikující se ribozym**.

Obecně **ribozym je molekula RNA s katalytickými vlastnostmi**. Byly izolovány z některých současných organismů (molekulární fosílie RNA), ale i laboratorně připraveny nové.

**Existence ribozymů výrazně podpořila hypotézu o vzniku života založenou na logice ústředního dogmatu molekulární biologie.**

Prebiotické prostředí s replikovatelnými ribozymy – mnoho variant (i chybných) – **říše RNA** (dosud bez matricově řízené syntézy polypeptidů)

**Říše RNP** – další komplikování ribozymů (příjem dalších ribozymů s novými katalytickými funkcemi související se syntézou proteinů) – **říše ribonukleoproteinových komplexů** – s rozvojem schopností syntézy peptidů až proteinů. Funkční rozrůznění RNA: **prvotní tRNA** s funkcí tRNA a **prvotní mRNA** s funkcí matrice.



Přechod na syntézu polypeptidů řízenou maticí /tři fáze) → **vývoj prvotního translačního systému.**

1. molekuly prvotních tRNA se schopností přenosu aktivovaných aminokyselin
2. význam velké ribozomové podjednotky jako vazebný povrch pro molekuly aminoacylované tRNA (aa-tRNA) a katalyzátoru syntézy polypeptidů
3. krátký polyribonukleotid jako matrice pro komplementární vazbu prvotních molekul aa-tRNA

Prvotní ribonukleoproteinový translační systém obsahoval:

- prvotní proteinovou RNA-replikázu s funkcí genoforu pro replikaci RNA
- protoribozom jako komplex proteinů s RNA, kdy na mRNA se řadily tRNA nesoucí aminoacyly
- později aminoacyl-tRNA-syntetázy

Stabilizace RNP translačního systému pro udržení a reprodukci

- a) ohraničení proti okolí – snadné vlastnostmi fosfolipidů v komplexu s proteiny (dvouvrstevná fosfolipidová kulovitá struktura – **lipozom** – se po dehydrataci mění na lineární strukturu a po zpětné rehydrataci vzniká původní kulovitá podoba s RNA uvnitř
- b) zpřesnění překladu sekvence RNA do prvotní tRNA-replikázy a proteinů pomocí aminoacyl-tRNA-syntetázy

Vysoká genetická variabilita RNA potlačena a zdokonalena **dvouřetězcovým RNA-genomem**, který při replikaci tvoří dvouřetězcový replikační produkt

Nestabilita RNA-genoforových soustav – zdokonalení **oddělením replikace od translace** – zpětná transkripce RNA do DNA ve zdokonaleném ribonukleoproteinovém translačním systému.

Katalyzátor: **zpětná transkriptáza**.

Pokrok: DNA je stabilnější s přesnější replikací.

## Obecná charakteristika živých soustav:

- hlavní molekulární složky ve všech živých soustavách - NK a P pro zajištění základních funkcí (přeměny látek a energií tj. metabolismus a autoreprodukci s genetickou informací uloženou v NK pro syntézu proteinů, z nichž některé katalyzují syntézu i NK)
- vysoká organizovanost a hierarchická uspořádanost hlavně mnohobuněčných organismů
- otevřenost živých soustav z hlediska výměny látek a energií (metabolismu) a informačního toku (primárního prostřednictvím NK a sekundárního vzhledem k okolí)
- schopnost autoregulace
- nezbytnost metabolismu (souhrn vnitřních enzymatických reakcí přeměňujících látky v energii a naopak ana- a katabolismus)
- schopnost autoreprodukce a vývoje (ontogenetický a fylogenetický)

## Základní strukturální typy živých soustav

- nebuněčné živé soustavy
  - viry, viroidy, virusoidy
- prokaryotické buněčné soustavy
  - bakterie, archea
- eukaryotické buněčné soustavy
  - prvoci, chromista, houby, rostliny, živočichové

## Základní alternativy vzniku stávajícího obecného organizačního principu

- A) P bez NK
- B) NK bez P
- C) dělba funkcí – P i NK
- D) jiný princip

ad A) Oparinovy **koacerváty**, Foxovy **mikrosféry** – struktury založené na P s náznaky metabolismu (mikrosféry) a růstu (koacerváty), ne autoreprodukce. Nejdůležitější vlastností koacervátů je semipermeabilní membrána, uvnitř molekuly s enzymatickou aktivitou. V koloidních roztocích proniká voda dovnitř, dojde k rozdělení na dceřiné koacerváty. Enzymatické molekuly se tím vyředují. Naopak mikrosféry (polymerovaný protenoid kondenzovaných Ak bez membrány) vykazují katalytické aktivity

ad B) **genová hypotéza vzniku života** v současnosti asi uznávanější – struktura schopná biologické evoluce: NK (jiná podoba) se schopností autoreplikace – **hypotéza RNA-světa** (molekulární relikty: ribozymy)

ad C) společná evoluce NK a P (vznik náhodné události, produkt cílevědomé činnosti rozumných bytostí – obé překonávají nepřímé doklady evoluce)

ad D) přenos informace anorganickou látkou typu jílu neřeší problém vzniku genetického kódu a proteosyntetického aparátu

Výsledné kroky oddělení toků genetické informace:

- transkripce DNA do RNA
- replikace prostřednictvím DNA jako genoforu (přenos genetické informace)
- translace mRNA do primární struktury proteinů (sekvence Ak – viz dále)

Změna funkce katalyzátoru – proteiny lepší, náhrada.

Vývoj nejjednodušších živých soustav – **progenot** (viz výše) s jednoduchými základními vlastnostmi a funkcemi živých soustav –

**počátek biologické evoluce.**

## Biologická evoluce

Anaerobní podmínky. Metabolismové možnosti: **chemoheterotrofie** (fermentace)

i **chemoautotrofie** ( $\text{FeCO}_3 + 2\text{H}_2\text{S} = \text{FeS}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$   
 $\text{FeS} + \text{H}_2\text{S} = \text{FeS}_2 + \text{H}_2$  .

Dostatečná množství základních látek.  $\text{H}_2$  jako donor elektronů pro redukci síry na  $\text{H}_2\text{S}$  (znak některých archeí).

Další pokrok v metabolismu – **fotosyntéza**. Nezbytnost vzniku porfyrinů (základ cytochromů nezbytných pro přenos elektronů), tetrapyrrolů (základ bakteriochlorofylů). Exploze života.

Primitivní anoxygenní fototrofové syntetizují ATP pomocí slunečního záření, donor elektronů  $\text{H}_2\text{S}$ .

Podobné recentní: purpurové a zelené sírné bakterie.

Oxygenní autotrofové: donor elektronů  $\text{H}_2\text{O}$ . ATP i pyrimidinové nukleotidy se tvoří fotosynteticky. Výsledek: hromadění kyslíku v atmosféře. Recentní podobné: cyanobakterie (sinice). Následek: vznik ozónu a rozvoj ozónové ochranné vrstvy násobí další evoluční cesty.

**Endosymbióza** – vývoj eukaryotické buňky – spojení **protomitochondrie** (aerobní bakterie s protochloroplastem) s **protoeukaryotem** (eukaryotická prabuňka)

## **Evoluce organismů**

je proces hromadění postupných změn ve vlastnostech populací organismů podmíněný změnami genofondu (nevratné, vratné, opakovatelné, jedinečné). Probíhají jak v ekologickém čase (generace) tak v geologickém (dlouhodobě) včetně environmentálních událostí. Nesměřuje k předem určenému cíli.

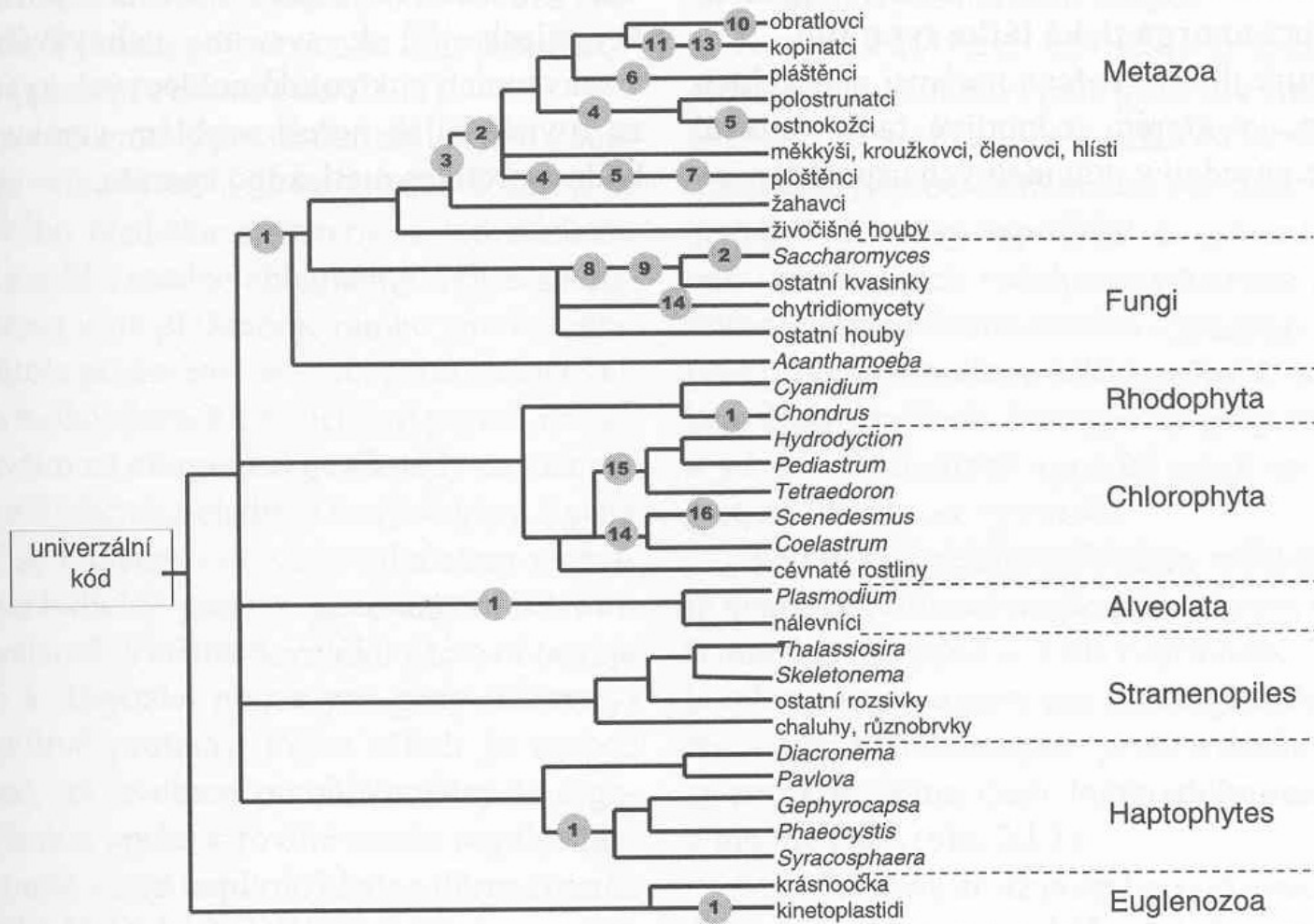
**Mikroevoluce** – změny v populacích téhož druhu

**Speciace** – štěpení vývojových linií – vznik nového druhu

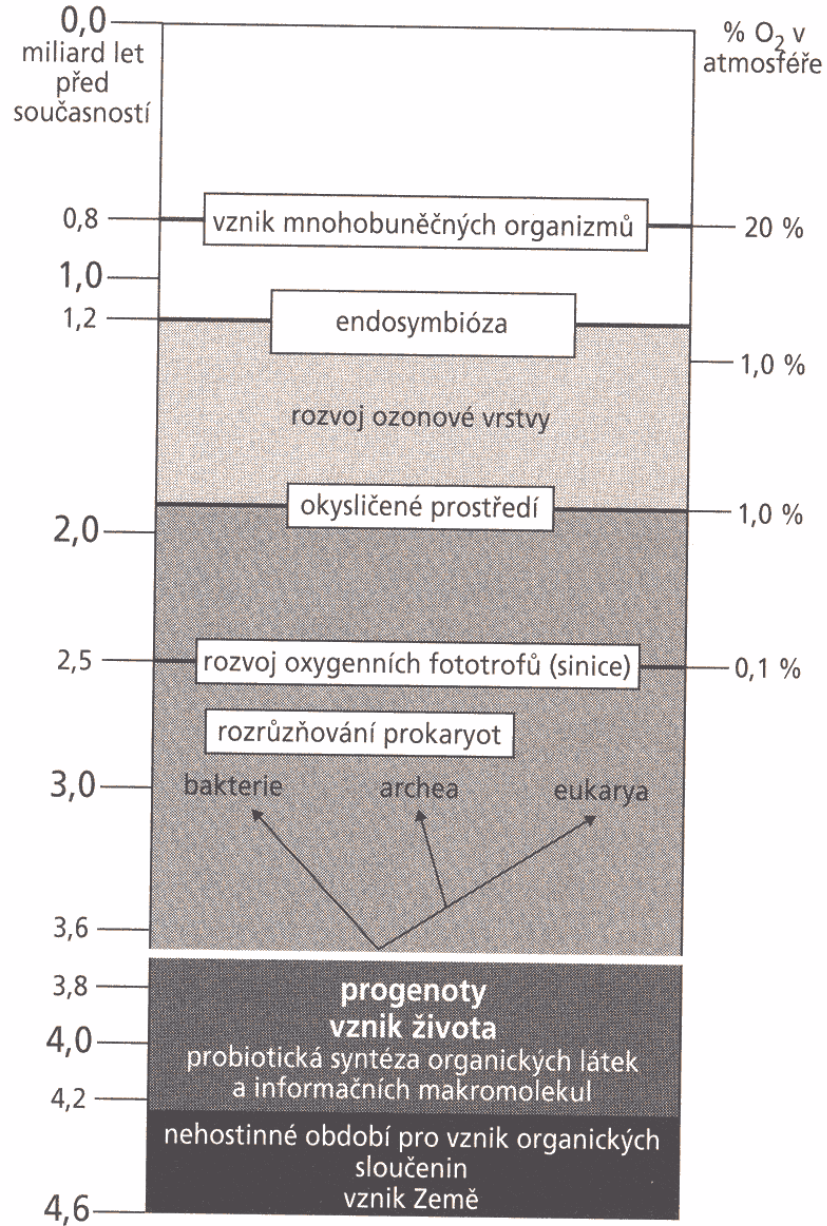
**Makroevoluce** – vznik monofyletických nadruhových vývojových linií (změny biodiverzity, transformace existujících a vznik nových biot)

**Molekulární, organismální, populační a biocenotická úroveň evoluce**





Obr. X.9 Změny mitochondriálního genetického kódu v průběhu fylogeneze eukaryot. Jednotlivé změny mitochondriálního genetického kódu byly při respektování principu maximální parsimonie umístěny na fylogenetický strom eukaryot vytvořený na základě sekvencí genů pro rRNA. Z rozmístění jednotlivých evolučních událostí je zřejmé, že k některým změnám muselo dojít opakovaně. Význam jednotlivých evolučních událostí: 1 – UGA stop → Trp, 2 – AUA Ile → Met, 3 – AGA, AGG Arg → Ser, 4 – AUA Met → Ile, 5 – AAA Lys → Asn, 6 – AGA, AGG Ser → Gly, 7 – UAA stop → Tyr, 8 – CUN (kde N = U, C, A, G) Leu → Thr, 9 – CGN Arg → ?, 10 – AGA, AGG ? → stop, 11 – AGA ? → Gly, 12 – AGA, AGG Ser → ?, 13 – AGA ? → Ser, 14 – UAG stop → Leu, 15 – UAG stop → Ala, 16 – UCA Ser → stop. Zakořenění fylogenetického stromu je třeba chápat pouze jako provizorní, podle některých autorů se kořen fylogenetického stromu eukaryot nachází v jiných místech a celková topologie může ještě doznat podstatných změn. Upraveno podle Knighta *et al.* (2001).



Obr. 10.17 Globální pohled na hlavní etapy biologické evoluce.

**Pojetí živé přírody ve starověku** – poplatná společenskému vědomí dané doby. Znalosti o reprodukci organismů, ale představy o samovolném vzniku (**samoplození, abiogeneze**) určitých organismů z anorganických látek („červi“ z bláta, mouchy z masa,...) nejhluběji formuloval Aristoteles (4. stol. př.n.l.: 384 – 322). Nezávisle vznikly kromě antického Řecka i v jiných vyspělých kulturách – Čína, Indie, Egypt a Babylónie. Poznatky se týkaly zoologie, botaniky, lékařství.

**Středověk** potlačil přírodovědné bádání, otázky víry a některé poznatky Aristotelova učení byly formulovány do scholastického učení středověku.

**Renesance** vrací význam logického uvažování a experimentálních činností. Z mnoha nejvýznamnějších myšlenek a jejich autorů:

J.B. Lamarck (1809) – první ucelený názor na vývoj přírody (pozdější lamarkizmus)

**Ch. Darwin (1859) – teorie o vzniku druhů přírodním výběrem**  
(darwinizmus jako základ moderní teorie evoluce, neodarwinizmus)

E. Haeckel (1866) jmenoval ontogenezi jako zkrácení fylogeneze a definoval ekologii

**A.I. Oparin (1924) vyslovil teorii o vzniku a vývoji života na Zemi**

V.I. Vernadskij (1926) rozpracoval učení o povrchu Země, ovlivňovaném živými organismy.

T. Avery, C.H. MacLeod a M. McCarthy (1944) prokázali a chemicky identifikovali DNA jako nositelku dědičnosti

**J.D. Watson, F.H. Crick a M.H.F. Wilkins (1953, 1962 N.c.) objasnění struktury DNA**

S.Ochoa a A. Kornberg (1959 N.c) objevy syntézy DNA a RNA

Calvin M. (1961 N.c.) biochemický výklad fotosyntézy

R. Halley (1968 N.c.) struktura tRNA

T. Cech a S. Altman (1989 N.c. ) objev autokatalytické RNA

R.J. Roberts a P.A. Sharp (1993 N.c.) objasnění dědičného programu eukaryot na rozdíl od prokaryot

# Vznik a vývoj života na Zemi – shrnutí

před 3,5 (2 – 1,5) mld let

## A/ Kreacionistické představy (stvoření života)

1. teorie samoplození (naivní abiogeneze) – živá hmota vznikla samovolně z hmoty neživé
2. hypotéza panspermie – věčný život (eternismus), jeho zárodky putují vesmírem a na jednotlivých kosmických tělesech se mohou vyvinout do vysoké úrovně (periodicky obnovována)

Experiment ruských vědců provedený letos (2013) s družicí Bion-M1 potvrdil hypotézu, že život byl na Zemi zanesen z vesmíru. Podle zástupce ředitele Ústavu lékařství a biologie Syčova jeden kmen termofilních bakterií existujících v prostředí bez kyslíku dokázal ve vesmíru přežít. Navíc ho dokonce nezahubil návrat na Zemi se žhavým průletem atmosférou.

## B/ Evoluční teorie

1. vznik života postupným vývojem uhlíkatých, tj. organických sloučenin včetně aminokyselin, následně podbuněčných struktur
    - 1a. Oparinova teorie evoluční abiogeneze koacervátů
    - 1b. Foxova teorie mikrosfér následovaných prokaryontními eobionty (prvotních živých soustav) s látkovou výměnou a reprodukcí
  2. genová hypotéza vzniku života (RNA-světla)
  3. přenos informace anorganickou látkou typu jílu (Cairn-Smith)
- Eukaryonta jednobuněčná, mnohobuněční, chromista, rostliny, živočichové, houby.  
Psychosociální úroveň.

## **Další studijní literatura**

Rosypal, S. a kol., Nový přehled biologie. Scientia Praha 2003

**Flegr, J., Evoluční biologie. Academia, 2005**

**Flegr, J., Úvod do evoluční biologie. Academia, 2007**