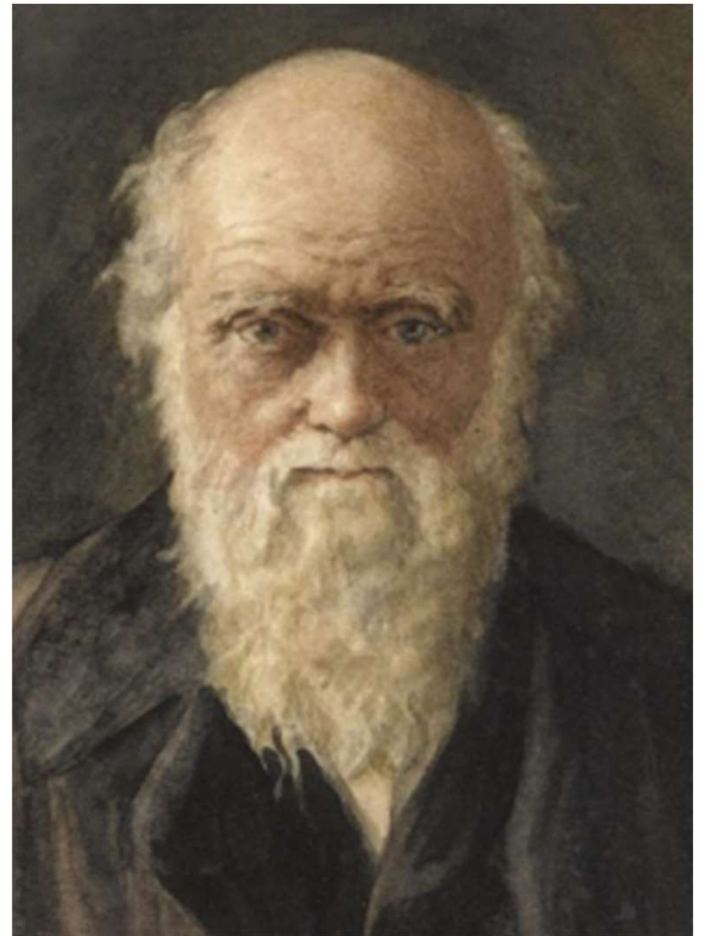
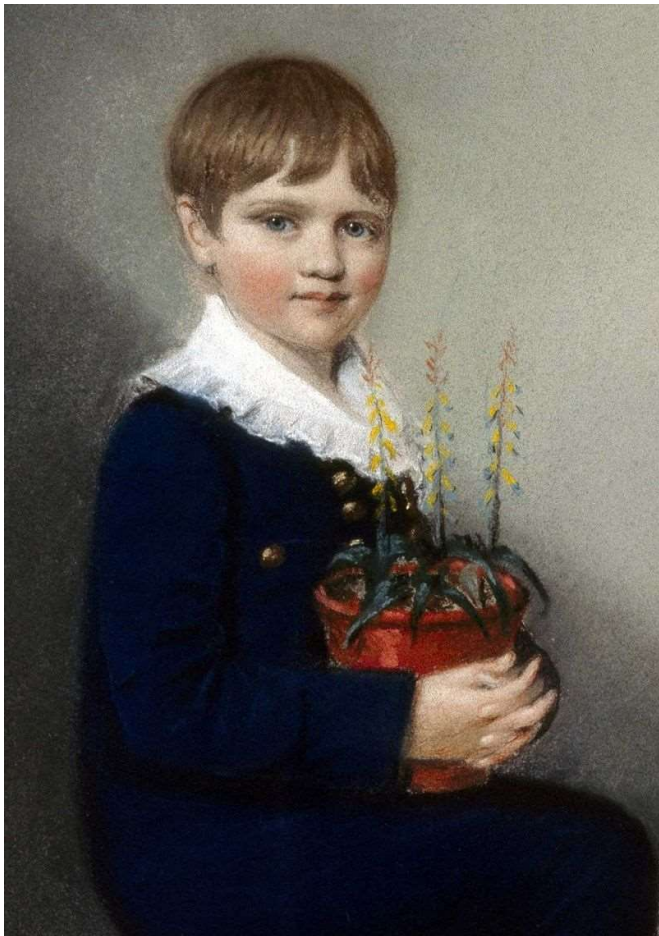


# Evoluce 150 let po Darwinovi

Miroslav Oborník



# Struktura semináře:

- **Molekulární základy dědičnosti**

  - Zrod genetiky, Mendelovy zákony

  - Od Mendela k chromozomu

  - Struktura DNA a RNA

  - Sekvenování DNA

  - Od DNA k proteinu

  - Negentická dědičnost

- **Zdroje variability DNA**

  - Mutace

  - Genový transfer

  - Metody genového inženýrství

- **Evoluce**

  - Pro a proti

  - Před Darwinem

  - Darwinismus

  - Neodarwinismus

  - Postneodarwinismus

  - EvoDevo

- **Endosymbióza - hyperevoluce**

  - Endosymbióza jako mikrodomestikace

  - Endosymbiotický genový transfer

  - Jsme genetické chiméry

  - Reduktivní evoluce

# Molekulární základy dědičnosti



Rodiče a jejich děti vykazují obvykle jistou podobnost



**Dědičnost** je schopnost živých organismů předávat znaky (vzhled, vlohy a schopnosti z rodičů na potomstvo (z generace na generaci)

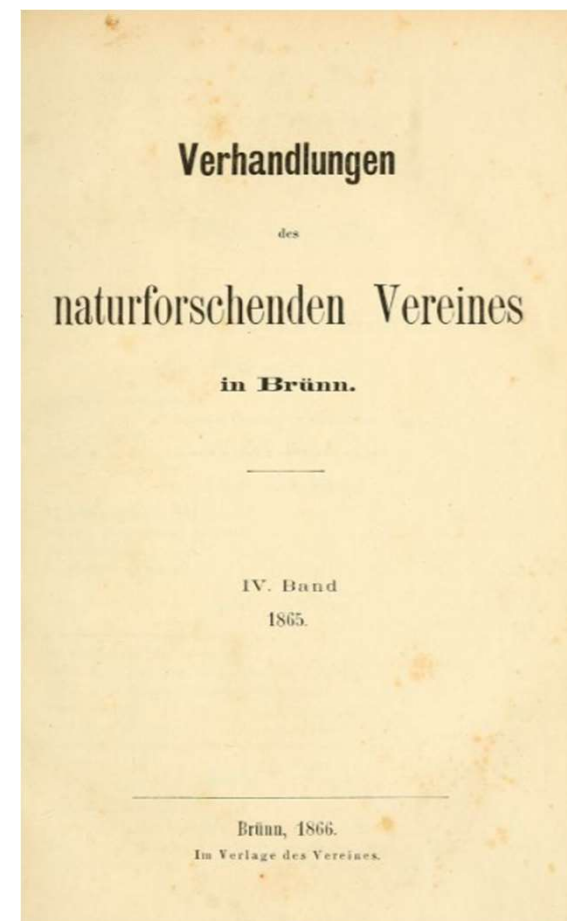


20. 7. 1822- 6. 1. 1884

## **Gregor Johann Mendel**

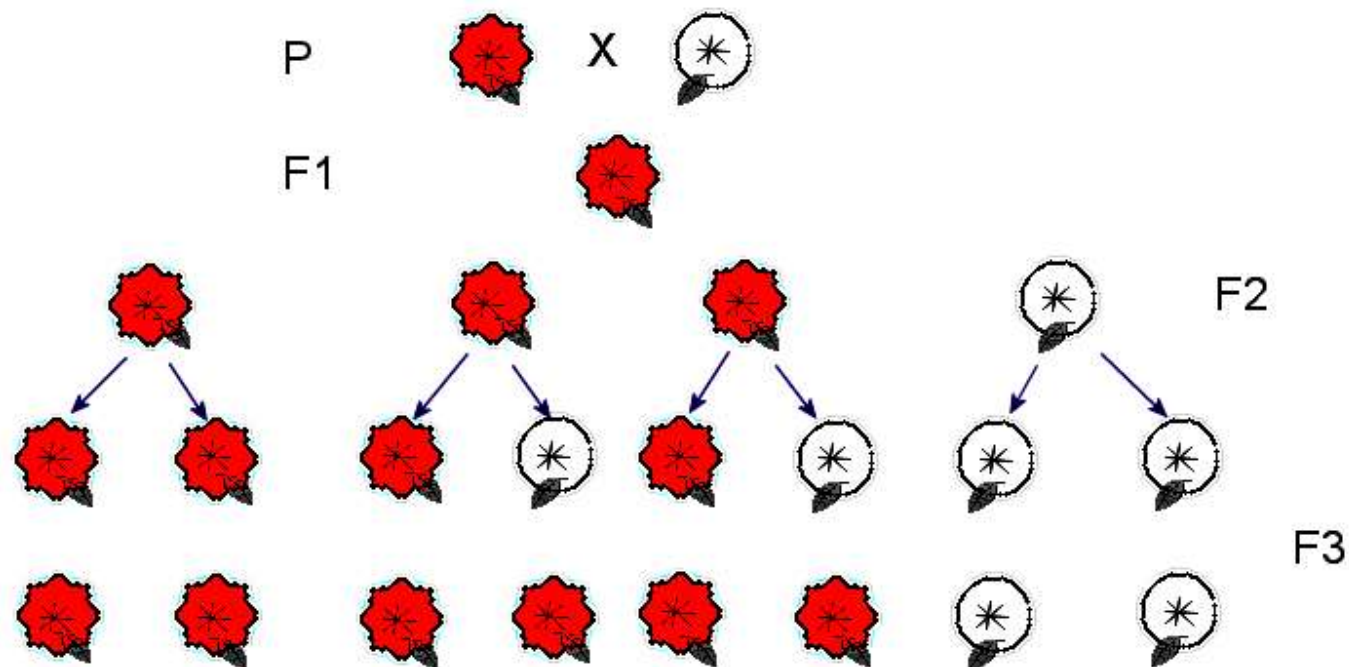
biolog, genetik, včelař, matematik, botanik, meteorolog, učitel, mnich, kněz, opat augustiniánského kláštera, ředitel Hypotéční banky

Výsledky svých pokusů přednesl 8. února a 8. března 1865 na setkáních Brněnského přírodovědeckého spolku a následně publikoval v práci „**Pokusy s rostlinnými hybridy**“ (1866) (německy Versuche über Pflanzen-Hybriden). 464 stran  
13 publikací, z toho 9 o meteorologii  
viceprezident Přírodovědeckého spolku v Brně





semeno		květ	plod		stonek	
tvar	dělohy	barva	tvar	barva	umístění květů	velikost
kulatý	žluté	bílá	klenutý	žlutý	úžlabní	vysoké rostliny
hranatý, svraskalý	zelené	fialová	zaškrcovaný	zelený	vrcholové	nízké rostliny
1	2	3	4	5	6	7



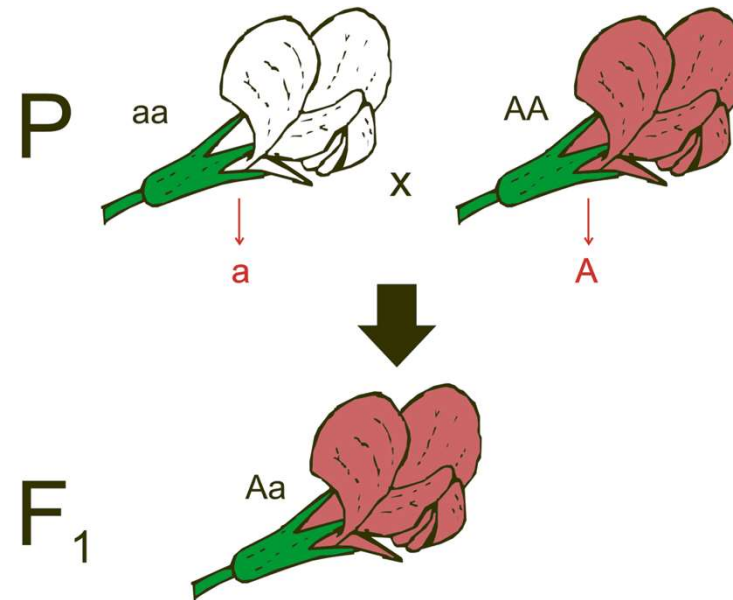
# Mendelovy zákony dědičnosti



## 1. Mendelův zákon - zákon o uniformitě F1 generace

Při vzájemném křížení 2 homozygotů vznikají potomci genotypově i fenotypově jednotní. Pokud jde o 2 různé homozygoty jsou potomci vždy heterozygotními hybridy.

	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>a</b>	Aa	Aa
<b>a</b>	Aa	Aa



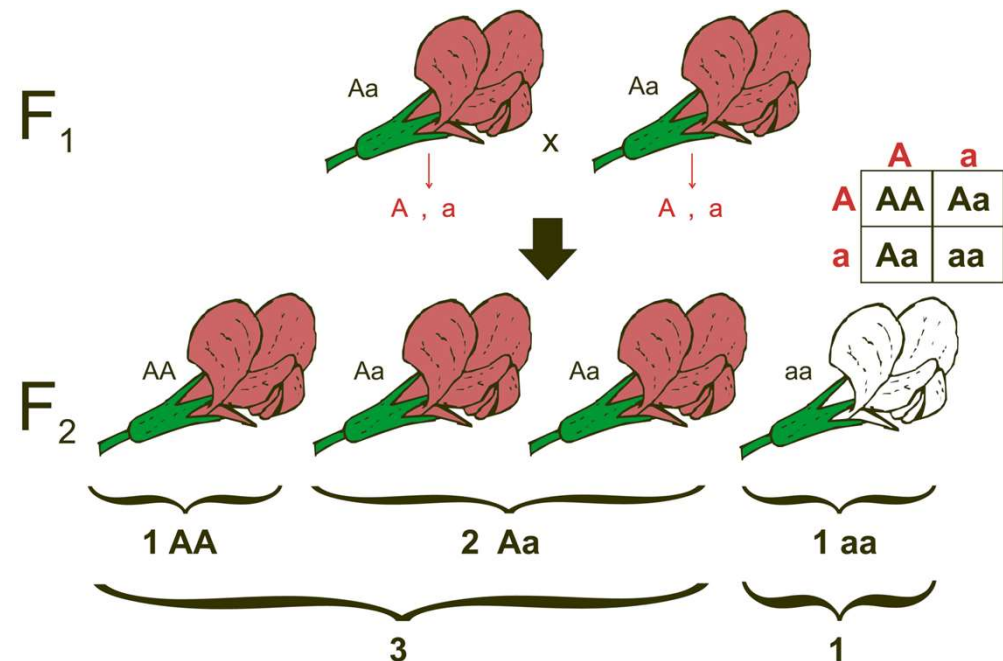
# Mendelovy zákony dědičnosti



## 2. Mendelův zákon – zákon o náhodné segregaci genů do gamet

Při křížení 2 heterozygotů může být potomkovi předána každá ze dvou alel (dominantní i recesivní) se stejnou pravděpodobností. Genotypový štěpný poměr je 1:2:1, fenotypový štěpný poměr je 3:1 při úplné dominanci nebo 1:2:1 při kodominanci.

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa





# Mendelovy zákony dědičnosti



## 3. Mendelův zákon - zákon o nezávislé kombinovatelnosti alel

U 2 polyhybridů AaBb může každý tvořit 4 různé gamety (AB, Ab, aB, ab).

Při křížení vzniká **16 různých zygotických kombinací**. Některé kombinace

se ovšem opakují, takže nakonec vzniká pouze **9 různých genotypů** (poměr 1:2:1:2:4:2:1:2:1). Nabízí se nám pouze

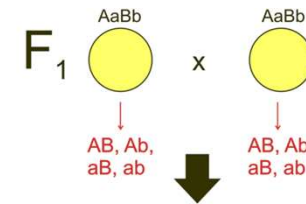
4 možné fenotypové projevy (dominantní v obou

znacích, v 1. dominantní a v 2. recesivní,

v 1. recesivní a v 2. dominantní, v obou recesivní).

**Fenotypový štěpný poměr je 9:3:3:1.**

Platí pouze v případě, že sledované geny se nachází na různých chromozomech.



F <sub>2</sub>	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb
9  : 3  : 3  : 1				

**Augustin Sageret** (27. 7.1763 – 23. 3. 1851) francouzský botanik  
pokusy s melounem, zavedl termín **dominance**

**Carl Friedrich von Gärtner** (1. 5.1772 – 1. 9. 1850) německý  
botanik, objevil **fenotypovou uniformitu kříženců F1 generace**



(20. 7. 1822- 6. 1. 188)

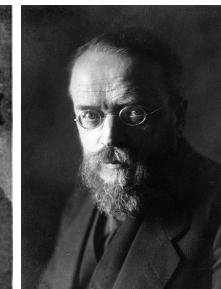
**August Weismann** (17. 1. 1834 – 5. 11. 1914) za **dědičnost**  
jsou zodpovědné **chromozómy**



**Hugo de Vries, Carl Correns, Erich von Tschermak**  
1900 – znovuobjevení Mendela, jejich pokusy  
odpovídaly tomu, co on publikoval v roce 1865



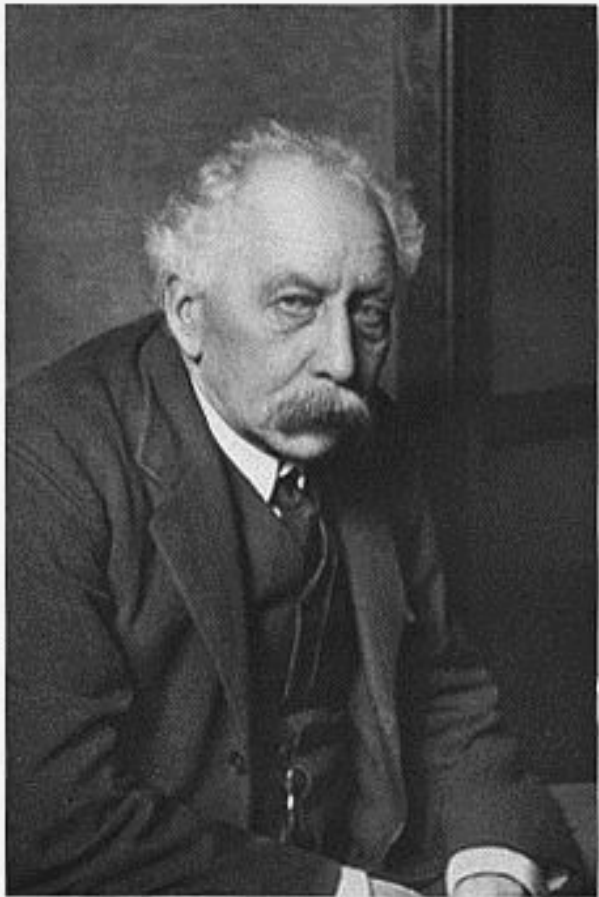
De Vries



Correns



von Tschermak



*W. Bateson*

## **William Bateson (1861-1926)**

Přeložil Mendelovy práce do angličtiny  
Zavedl termín „**genetika**“ pro vědní obor  
zabývající se dědičností

**Carl Correns** – mimojaderná dědičnost

**William Bateson, Edith Rebecca Saunders, Reginald Punnett** – nejen volná kombinovatelnost vloh (genů), ale i jejich vazba



**Thomas Hunt Morgan** (25. 9.1866 – 4. 12.1945) (Nobelova cena 1933 za odhalení funkce chromozomů) zavedl octomilku jako genetický model

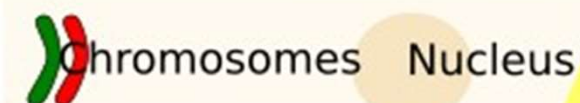
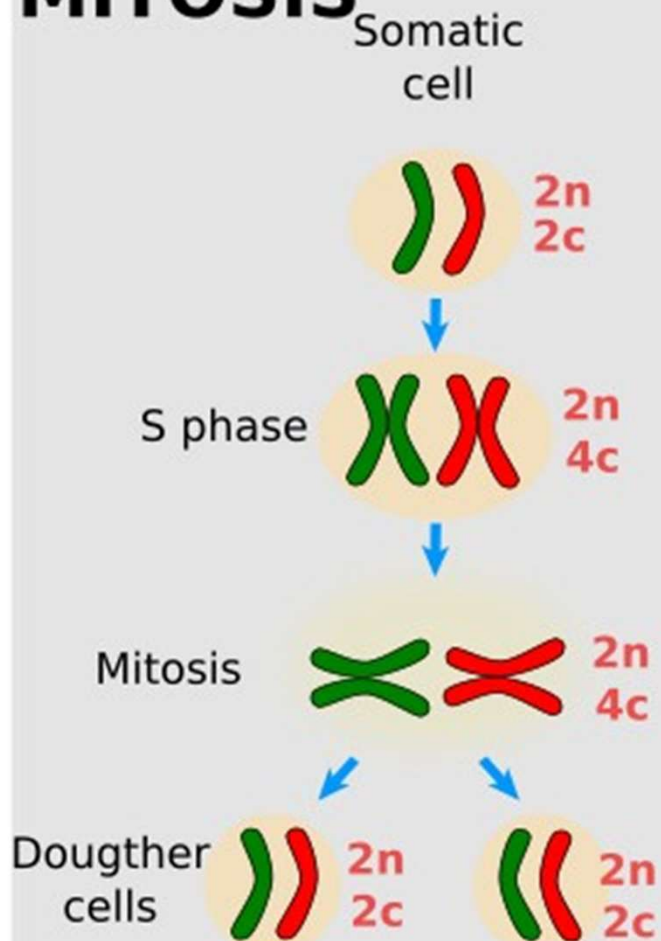


## **Morganovy zákony** (chromozómová teorie dědičnosti)

1. Geny jsou vždy uloženy na chromozomu lineárně za sebou.
2. Geny jednoho chromozomu tvoří **vazebnou skupinu**. Počet vazebných skupin organismu je shodný s počtem párů homologních chromosomů příslušného organismu.
3. Mezi geny homologického páru chromozomu může prostřednictvím **crossing-overu** probíhat genová výměna. Frekvence crossing-overu je úměrná vzdálenosti genů.



# MITOSIS

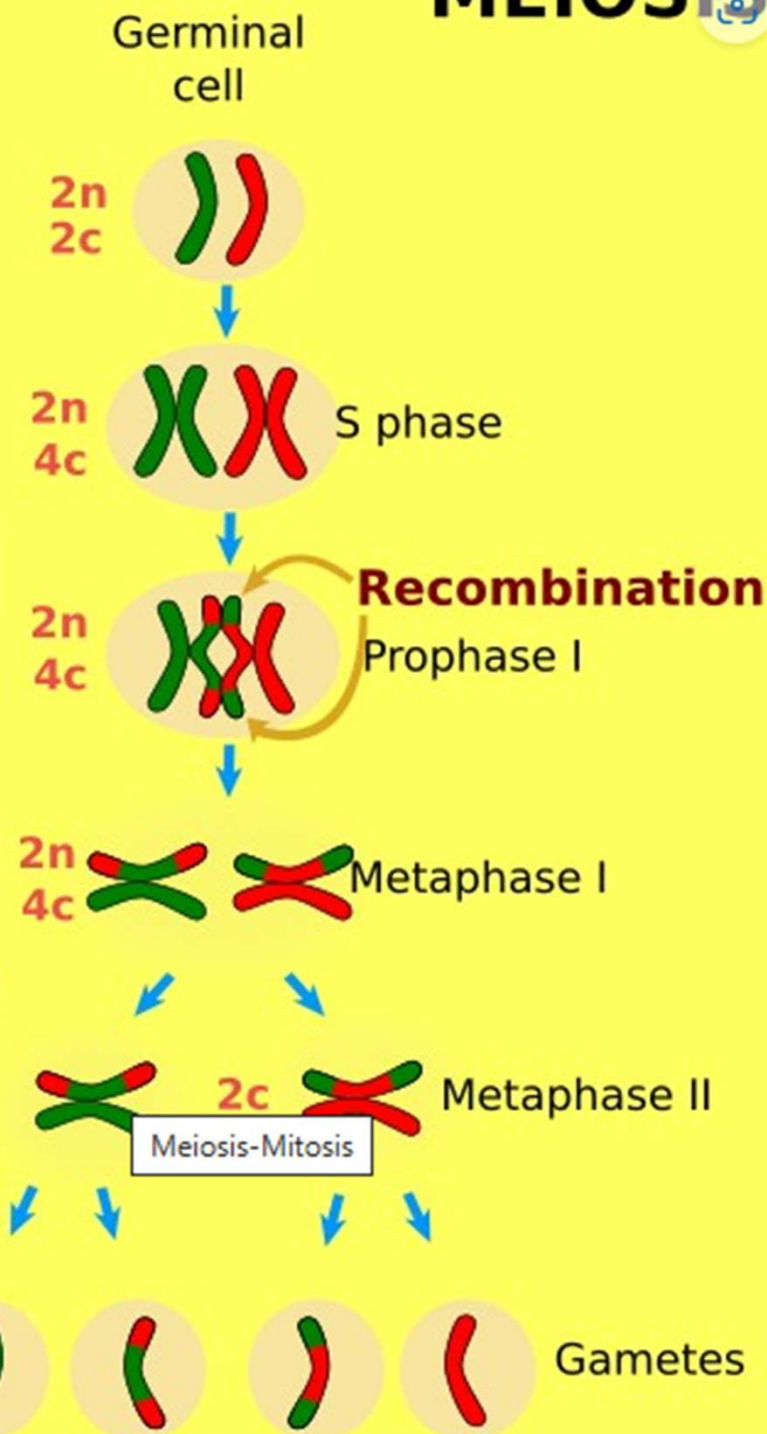


$2n$  = diploid

$1n$  = haploid

$c$  = amount of ADN

# MEIOSIS



# DNA (deoxyribonucleic acid)

**1869** Friedrich Miescher, švýcarský lékař, izoloval a purifikoval DNA během pokusů s izolací proteinů z leukocytů



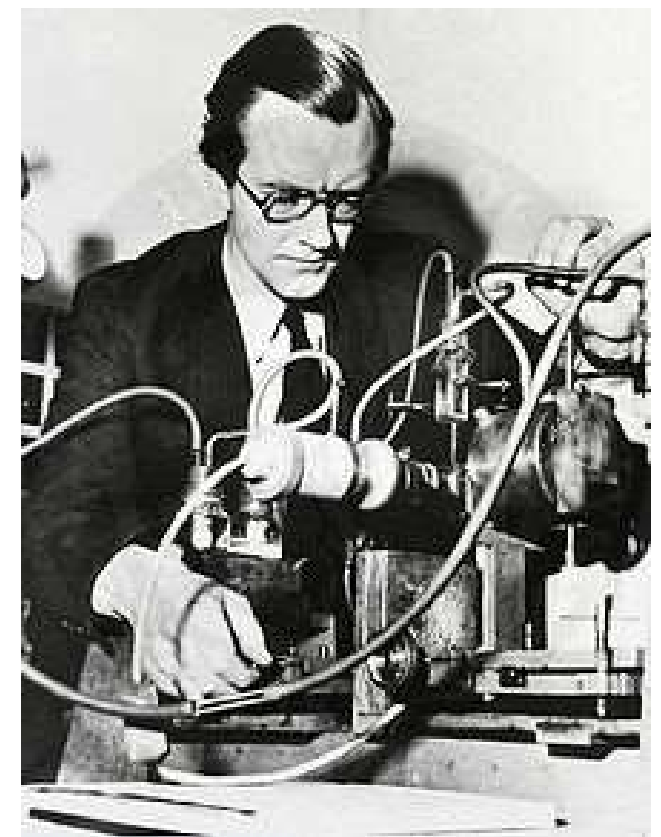
**1944** Oswald Avery, Colin MacLeod, Maclyn McCarty DNA a nikoliv proteiny, je odpovědná za dědičnost





Courtesy of Cold Spring Harbor Laboratory Archives. Noncommercial, educational use only.

Francis Crick and James Watson



Maurice Wilkins

28. února 1953, **James D. Watson** a **Francis H.C. Crick** oznámili, že se jim podařilo odhalit dvoušroubovicovou strukturu DNA, molekuly, která obsahuje lidské geny

**1962** Nobelova cena za fyziologii a medicínu, „za jejich objevy týkající se molekulární struktury nukleových kyselin a její význam pro přenos genetické informace v živém materiálu“ (James Watson, Francis Crick a Maurice Wilkins)



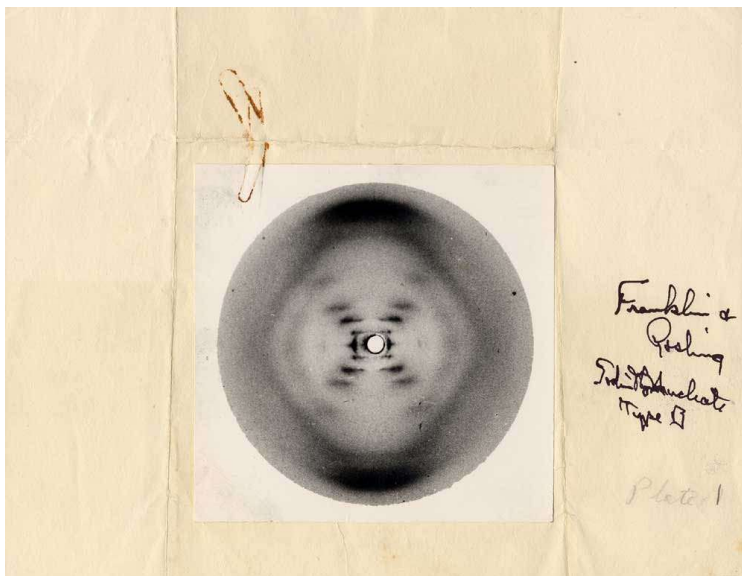


## Rosalind Elsie Franklin

25. 7. 1920, Notting Hill, London, UK

16 . 4. 1958, Chelsea, London, UK

King`s College London

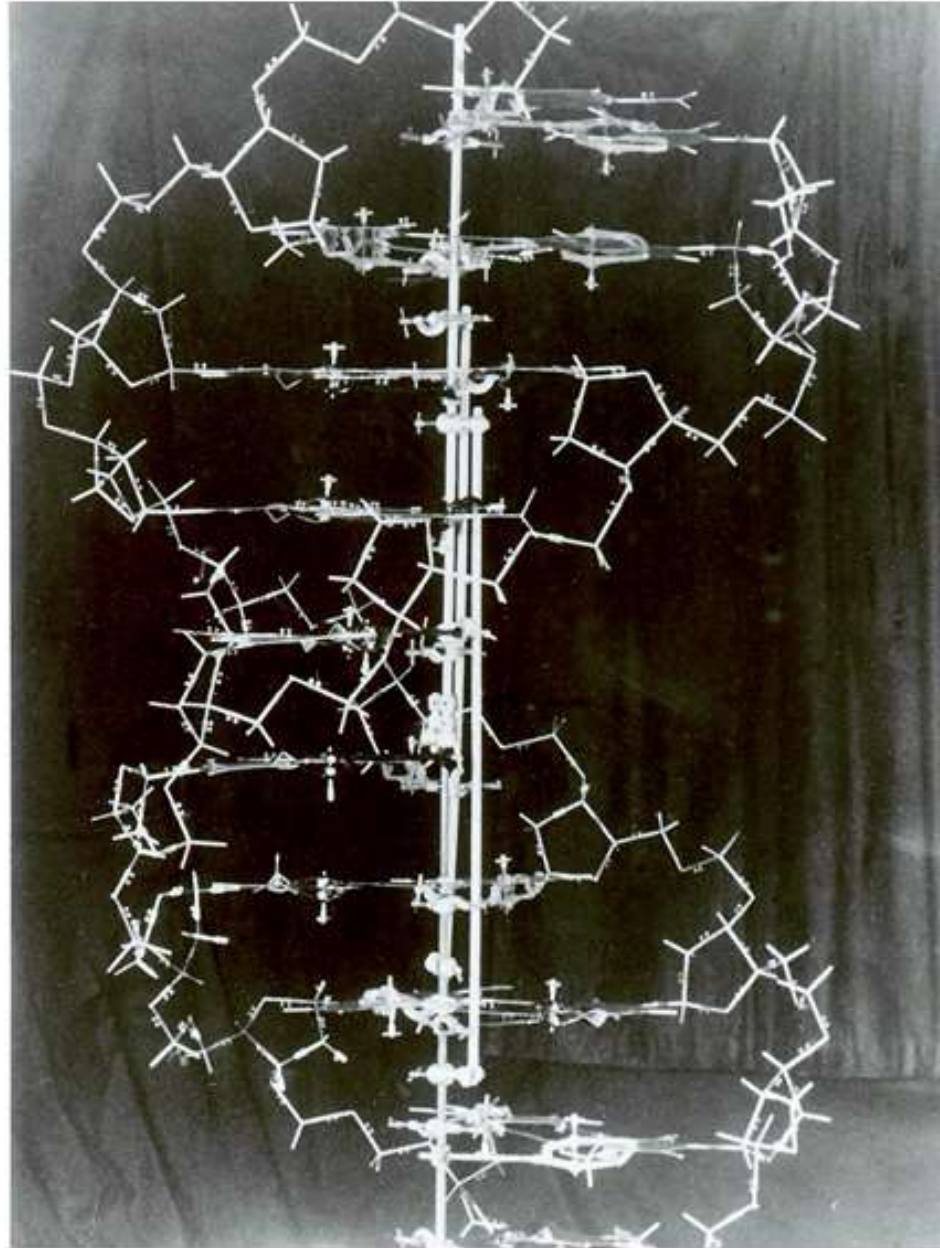


obrázek 51  
difrakční pattern DNA

Mezi lety 1951 a 1953 se Rosalind Franklin velmi přiblížila vyřešení struktury DNA. V jednu chvíli Wilkins ukázal Watsonovi jeden z Franklinových krystalografických portrétů DNA. Na základě obrázku (51) vyřešil Watson strukturu a výsledky se téměř okamžitě objevily v článku v Nature. Práce Franklinové se objevila jako podpůrný článek ve stejném čísle časopisu.

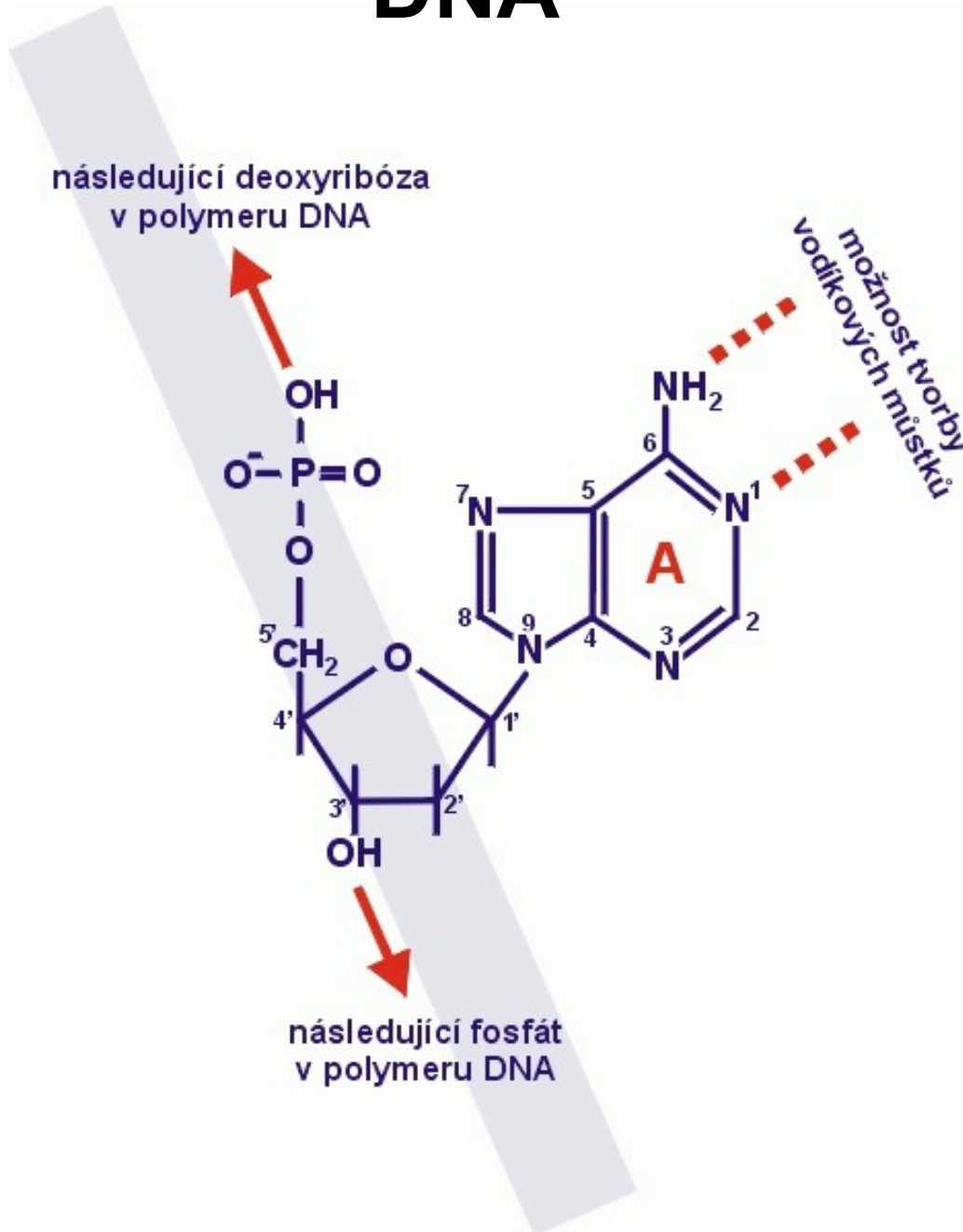
[https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/1962/wilkins-facts.html](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1962/wilkins-facts.html)

# DNA



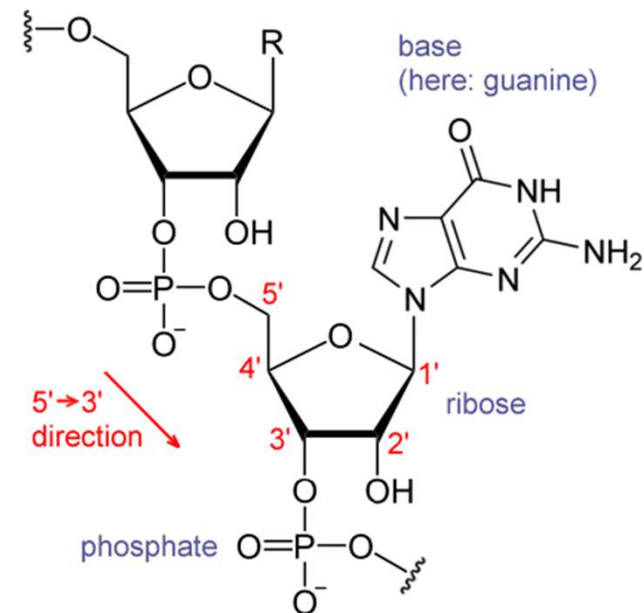
Courtesy of Cold Spring Harbor Archives. Noncommercial, educational use only.

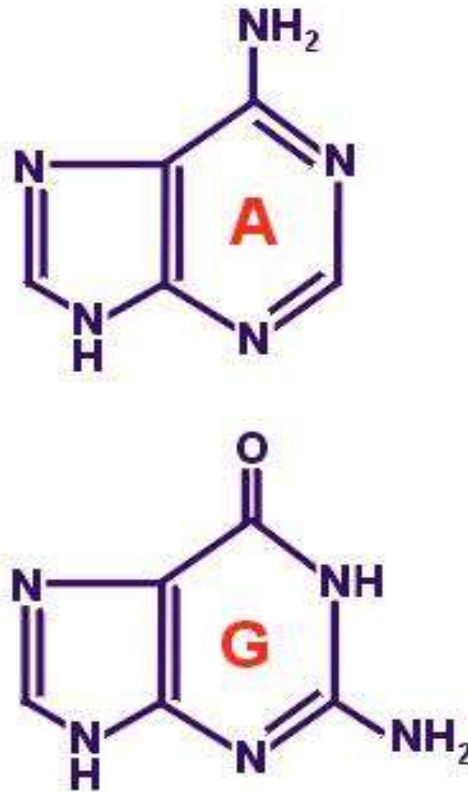
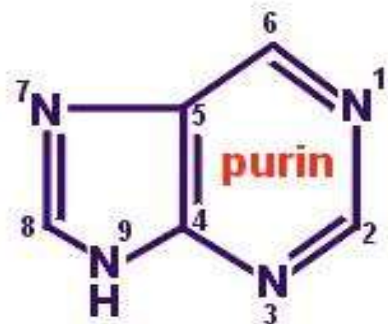
# DNA



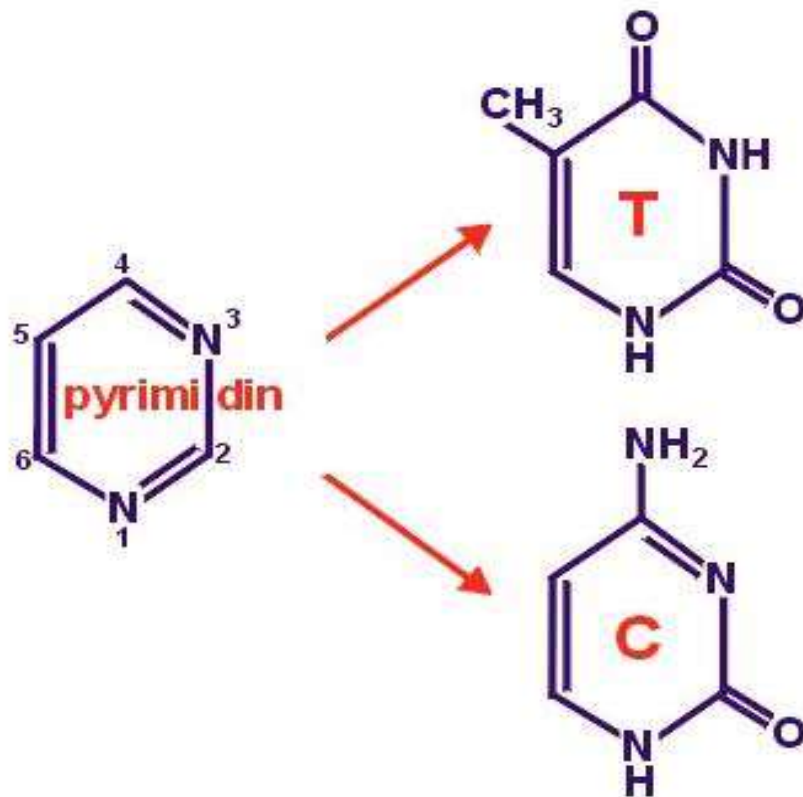
**Nukleotid** se skládá z **deoxyribózy**, **fosfátu** a jedné ze čtyř dusíkatých bází, v tomto případě adeninu (A). Kostra polymeru DNA je sestavena s deoxyribózy a fosfátu spojenými přes 3. a 5. uhlík.

# RNA



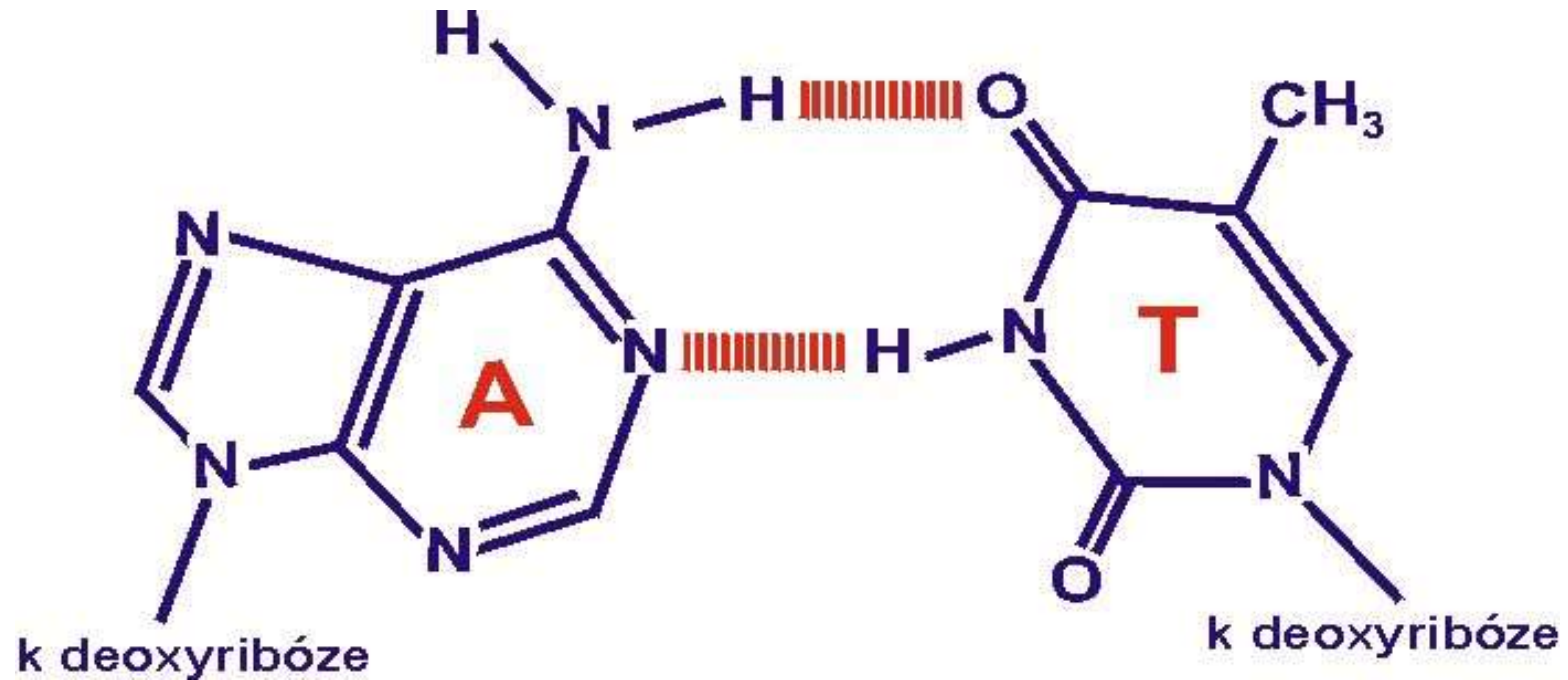


**Adenin (A) guanin (G)** jsou odvozeny z **purinu**. K heterocyklickým atomům dusíku, které mohou fungovat jako akceptory vodíku ve vodíkové vazbě, obsahují další skupiny, které mohou být akceptory (jako je kyslík O) nebo donory (such as NH, NH<sub>2</sub>) vodíku ve vodíkové vazbě.



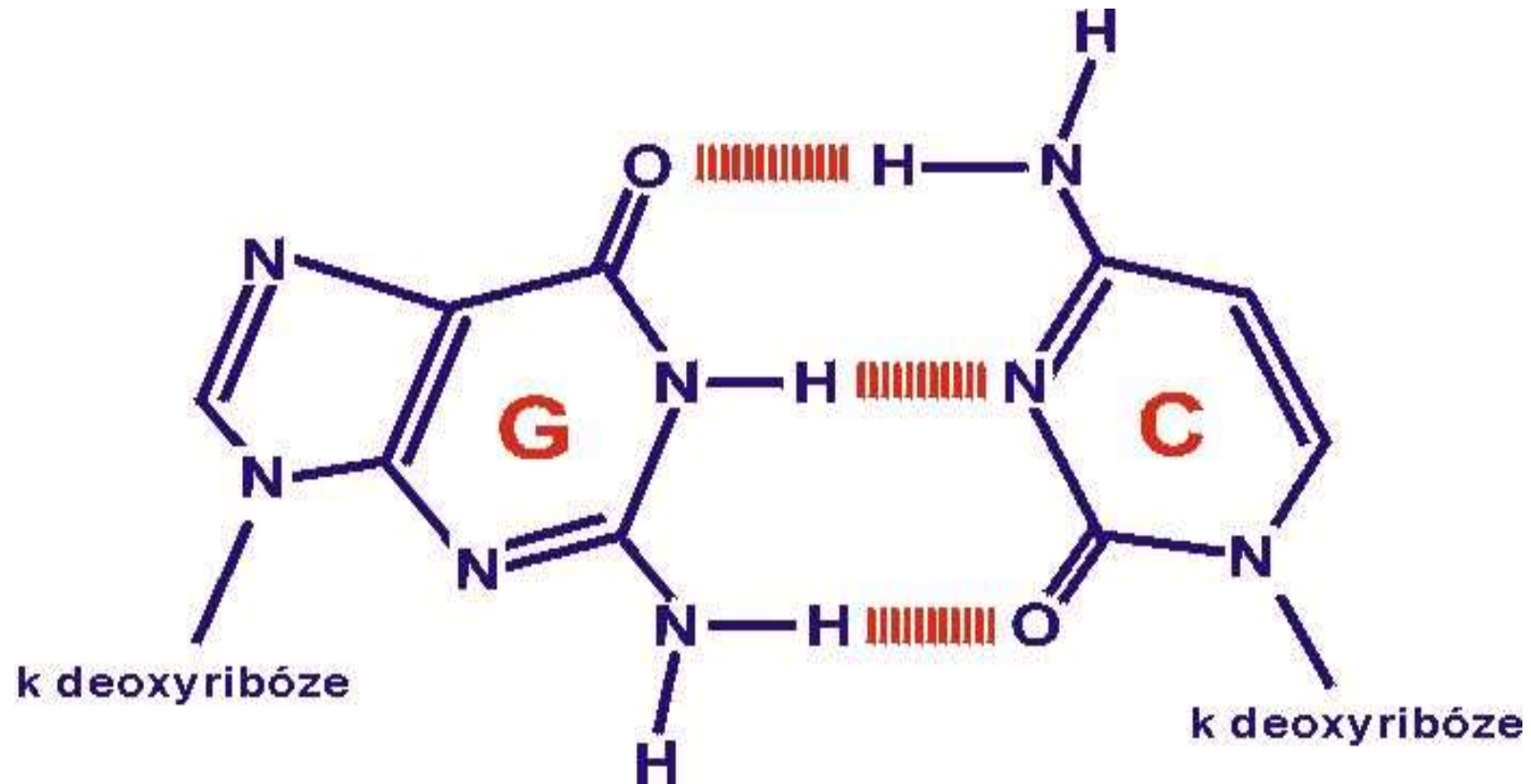
**Tymin (T)** a **cytosin (C)** jsou dovozeny z pyrimidinu. K heterocyklickým atomům dusíku, které mohou fungovat jako akceptory vodíku ve vodíkové vazbě, obsahují další skupiny, které mohou být akceptory (jako je kyslík O) nebo donory (such as NH, NH<sub>2</sub>) vodíku ve vodíkové vazbě.

# DNA řetězce jsou komplementární

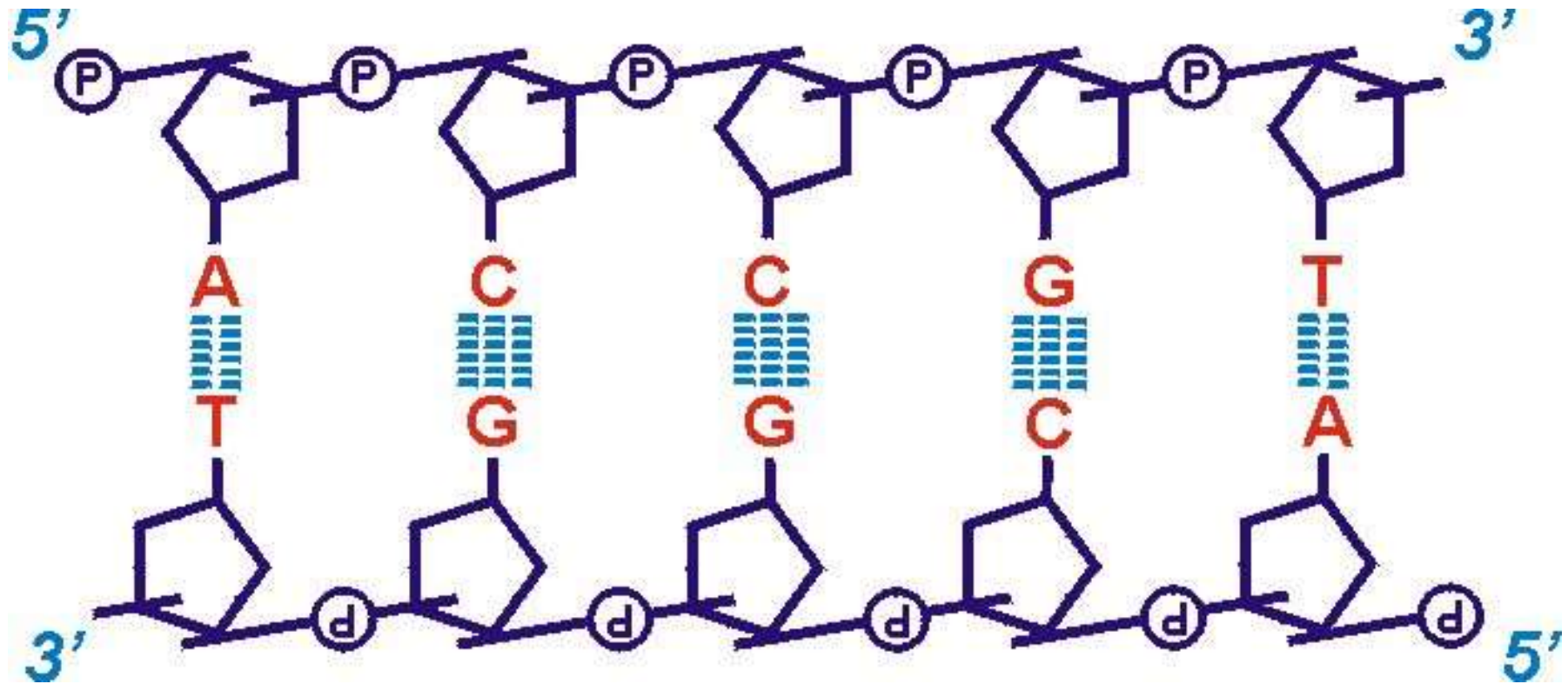


**Adenin (A)** a **tymine (T)** propojují komplementární řetězce DNA prostřednictvím vodíkových dvou vodíkových můstků (vodíkových vazeb).

# DNA řetězce jsou komplementární

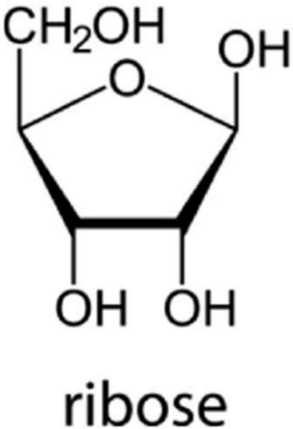
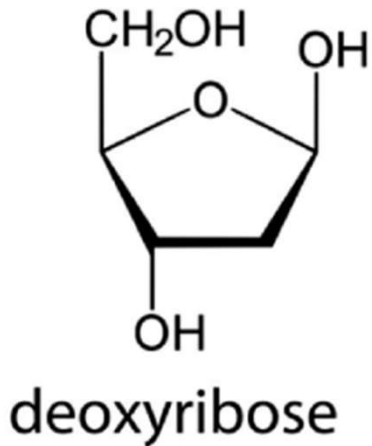
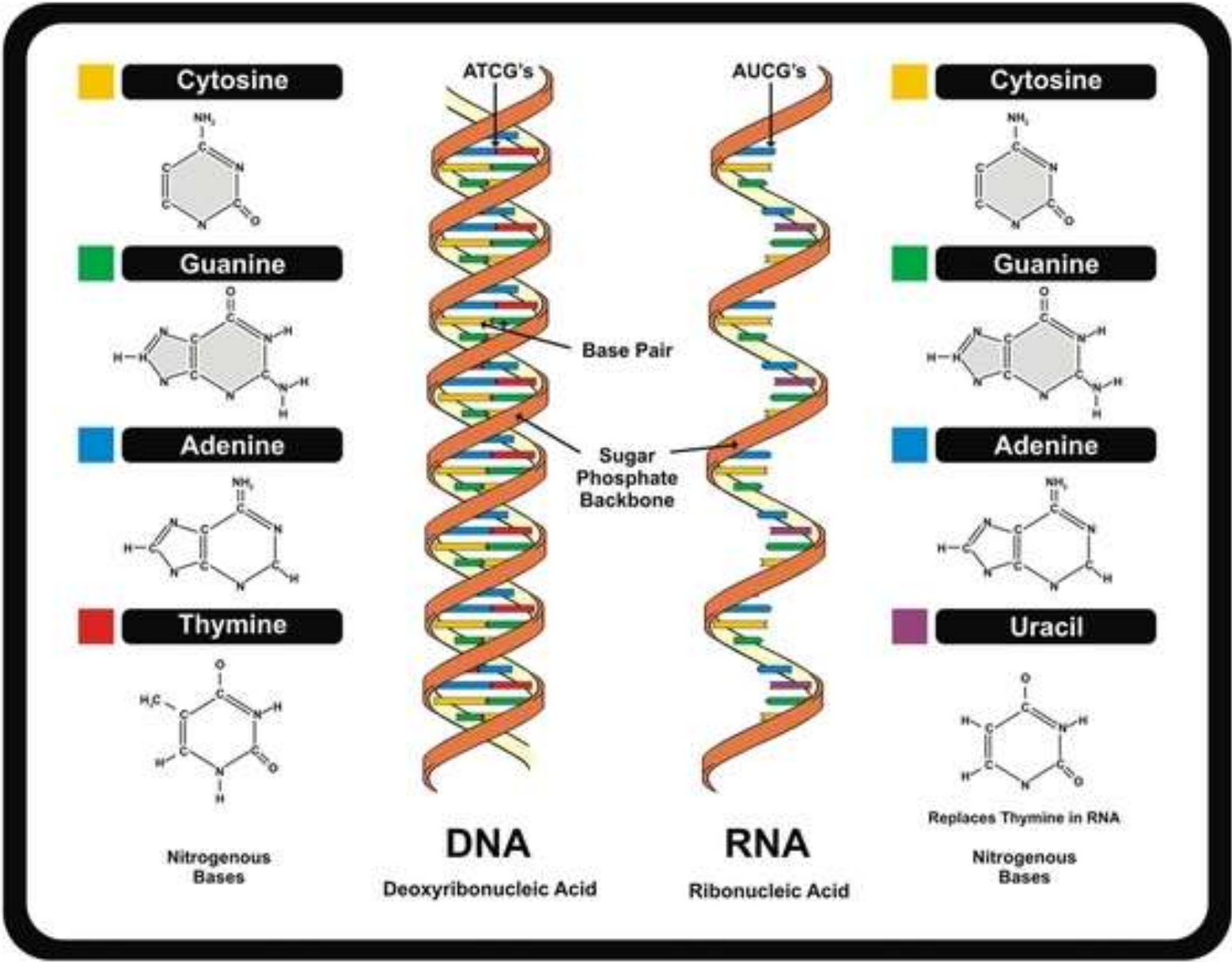


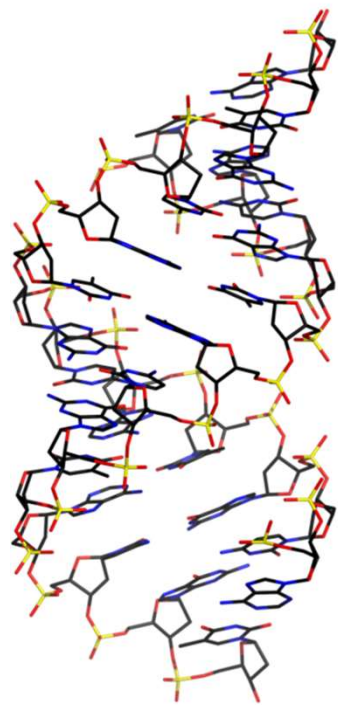
**Guanin (G)** a **cytosin (C)** spojují komplementární řetězce DNA prostřednictvím tří vodíkových můstků.



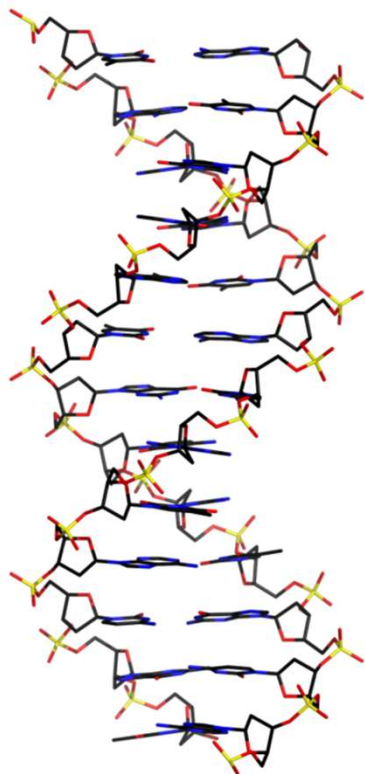
**Dvouřetězcová struktura DNA-** Každý řetězec je složen z polymerové kostry deoxyribóz a fosfátů. Dusíkatá báze jsou specificky párovány vodíkovými můstky s příslušnou bází druhého vlákna. Mezi adeninem (A) a thyminem (T) jsou vytvořeny dvě vodíkové můstky, zatímco mezi guaninem (G) a cytosinem (C) jsou tři můstky.



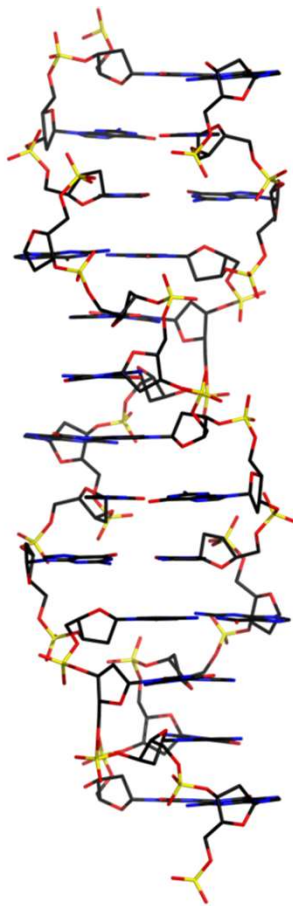




A

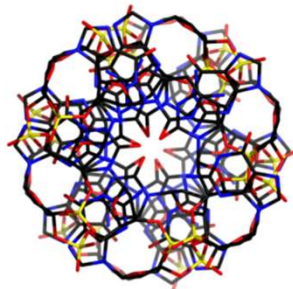
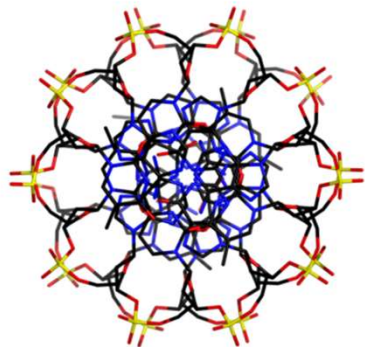
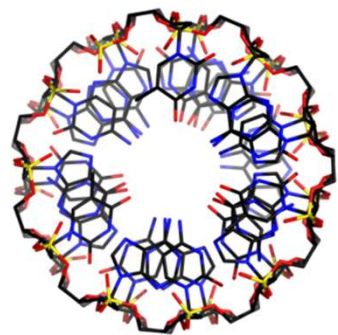


B

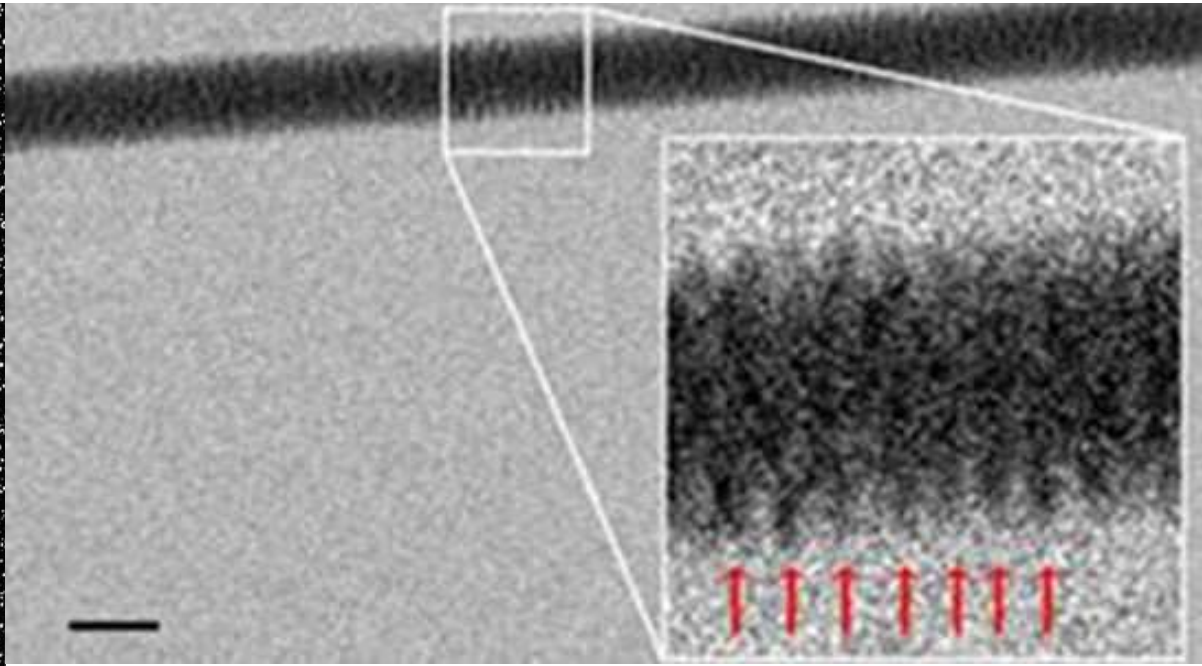
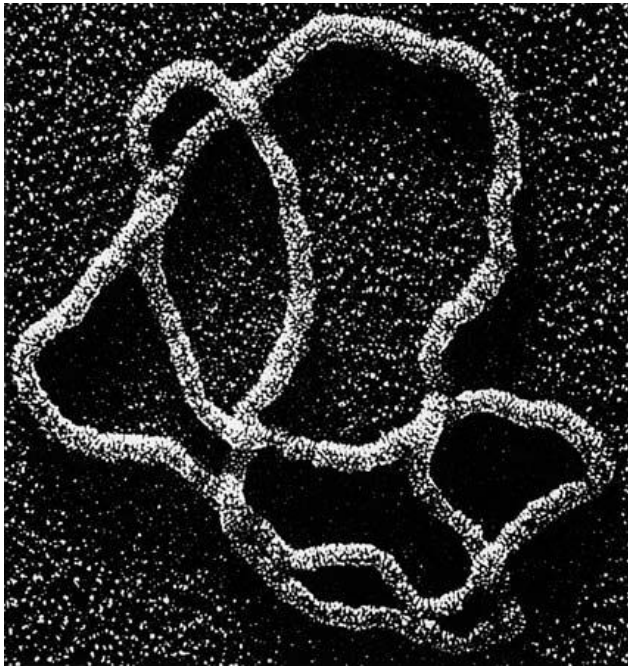


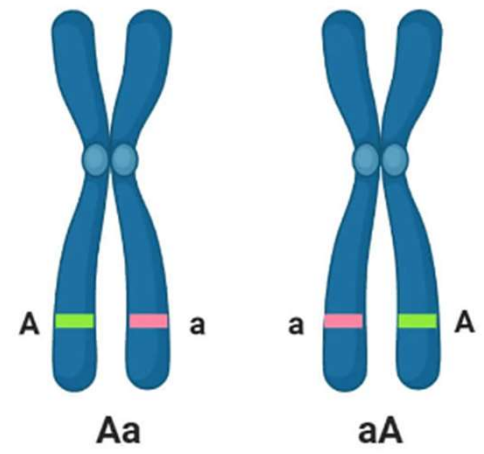
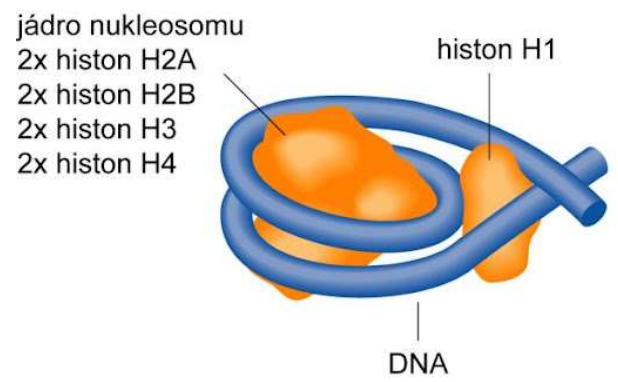
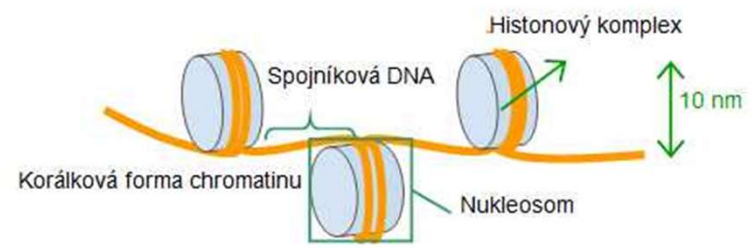
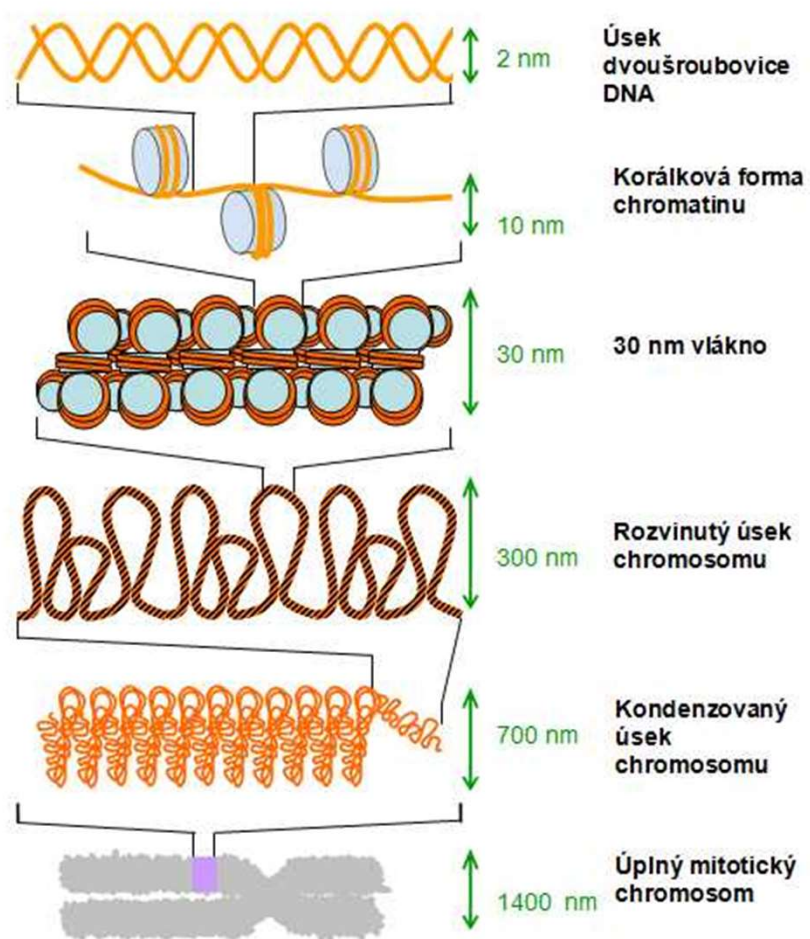
Z

Alternativní konformace DNA

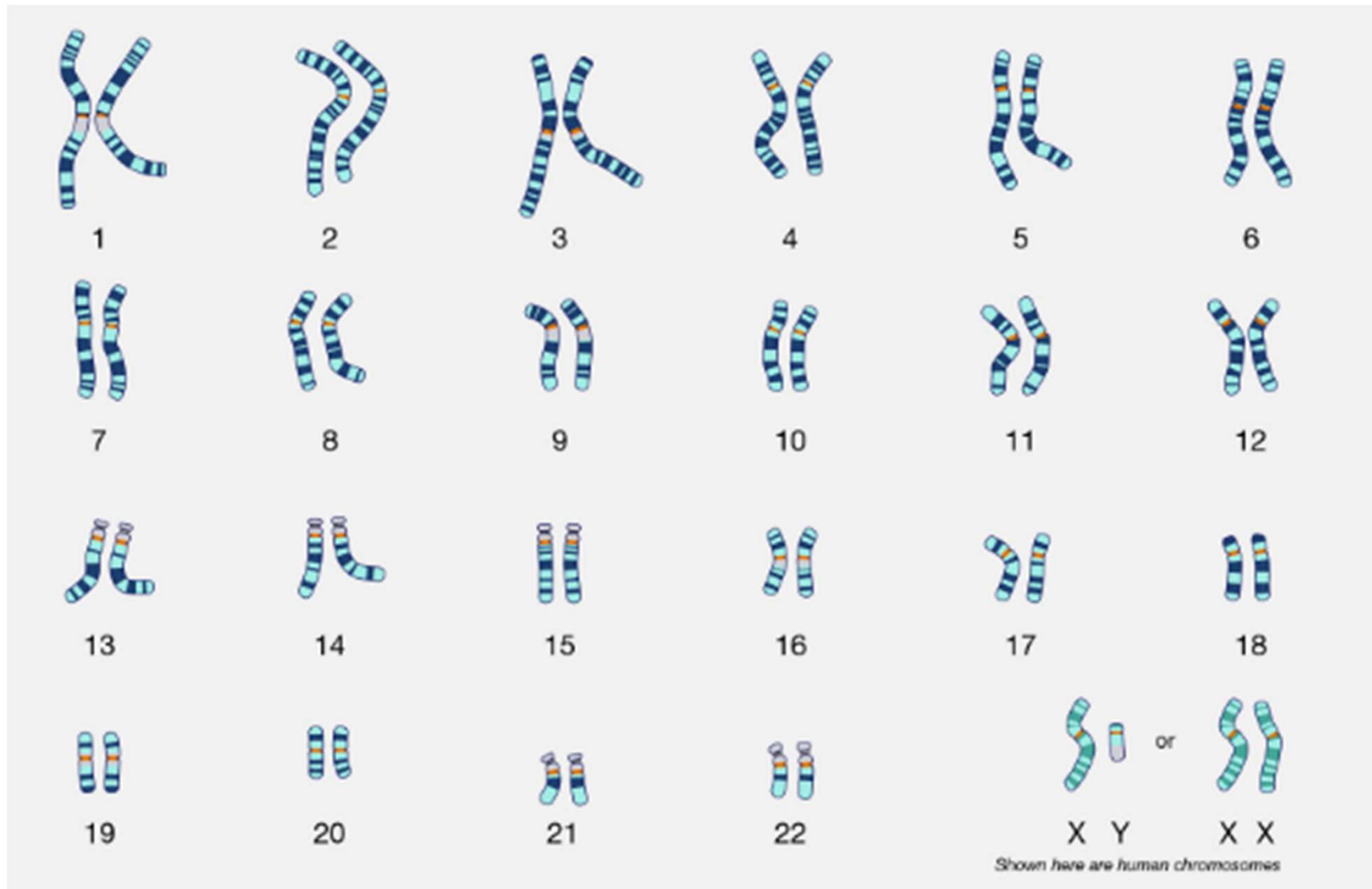


# DNA pod elektronovým mikroskopem



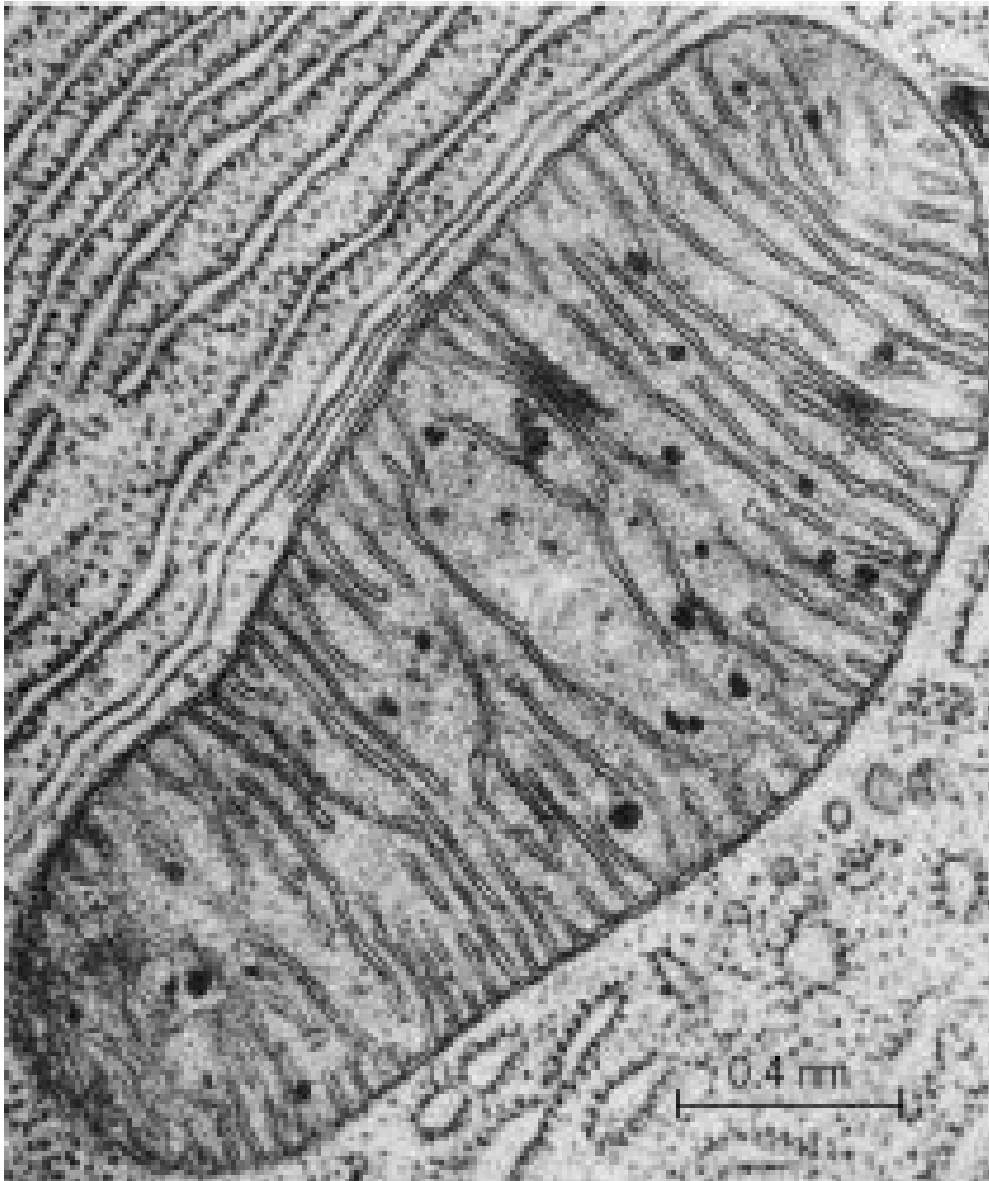


# Karyotyp člověka



# Mimojaderná dědičnost

mitochondrie



chloroplast (plastid)



# Screening karyotypu a genomu u člověka



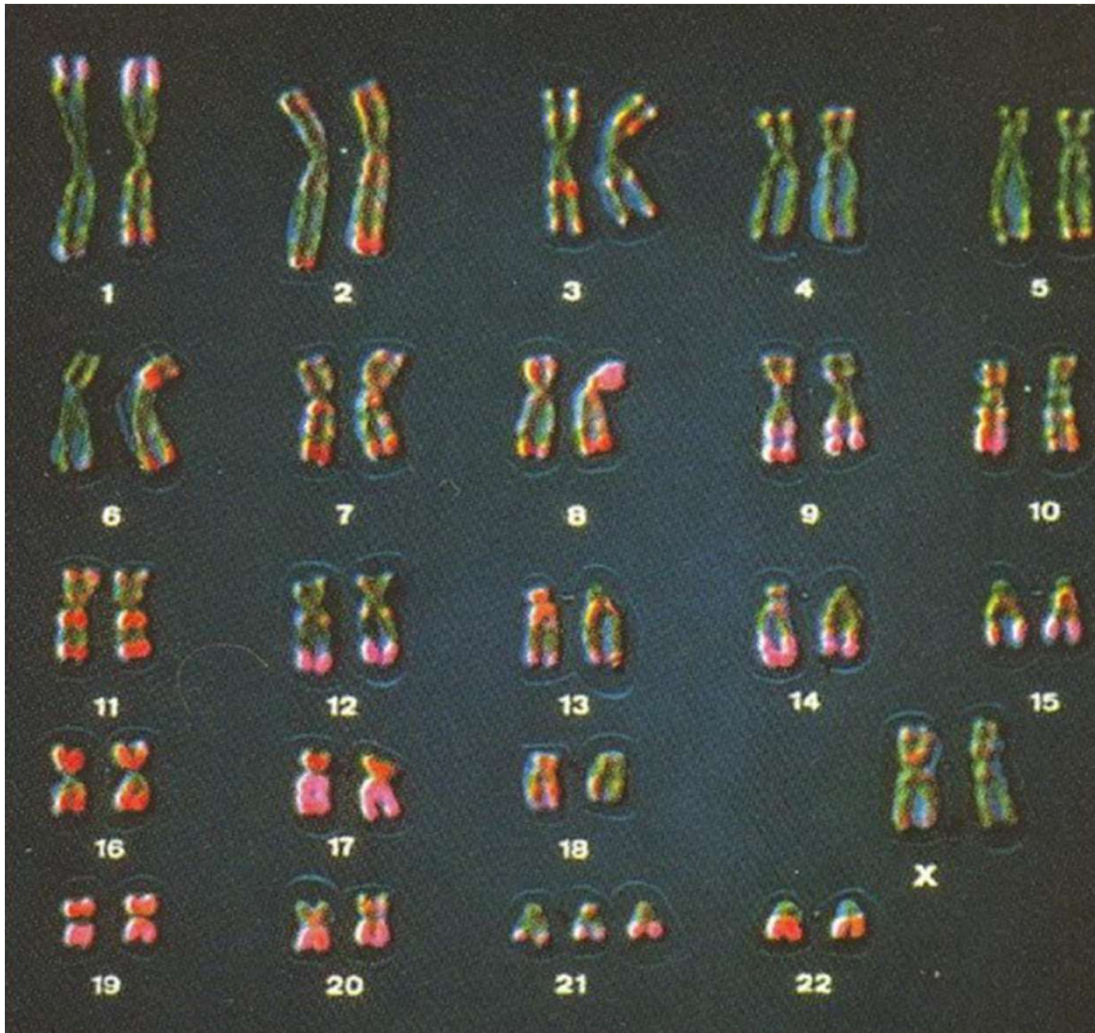
# Screening karyotypu a genomu u člověka

**Karel Jaromír Erben:**

Však lépe v mylné naději sníti,  
Před sebou čirou temnotu,  
Nežli budoucnost odhaliti,  
Strašlivou poznat jistotu?



# Trizomie na 21 chromozómu (Downův syndrom)



Canada	0,7
Czech Republic	5,5
Finland	12,3
France	5,9
Germany	9,2
Italy	5,7
Sweden	10,6
USA	13,0

**ZNAK****GEN****ALELA****EFEKT**

Obezita

FTO

AA

AA - obézní

Aa

Aa - náchylný

aa

aa - bez vlivu

Inteligence

CHRM2

 $A_0$ 

bez vlivu na IQ

 $A_1$ zvyšuje IQ  
o 10-20 bodů

**ZNAK**

**GEN**

**ALELA**

**EFEKT**

**Metabolismus  
glutenu  
(lepku)**

**GLU**

**1**

**chybí enzym glutenáza  
(1-5%)  
→ bezlepková dieta**

**2**

**normální funkce  
enzymu**

**Metabolismus  
laktózy**

**La**

**1**

**snášení laktózy  
(mléka)**

**2**

**chybí enzym laktáza  
→ koliky, průjmy**

**ZNAK****GEN****ALELA****EFEKT****Metabolismus  
alkoholu****ADH****ADH 1****normální odbourávání****ADH 2****náchylnost k intoxikaci  
alkoholem**

- má 90% Číňanů, Japonců
- má jen 5% Britů
- (Češi nestanoveno)

**Reakce na  
debrisochin****?****?****5-10% Evropanů  
nepříznivé reakce po  
podání****?****90-95% příznivá odezva  
na léčbu hypertenze**

**ZNAK****GEN****ALELA****EFEKT**Náchylnost  
k TBC

TLR 8

A

5-10% lidí onemocní po  
styku s B.T.

B

90-95% lidí  
neonemocníSklon  
k  
alkoholismu

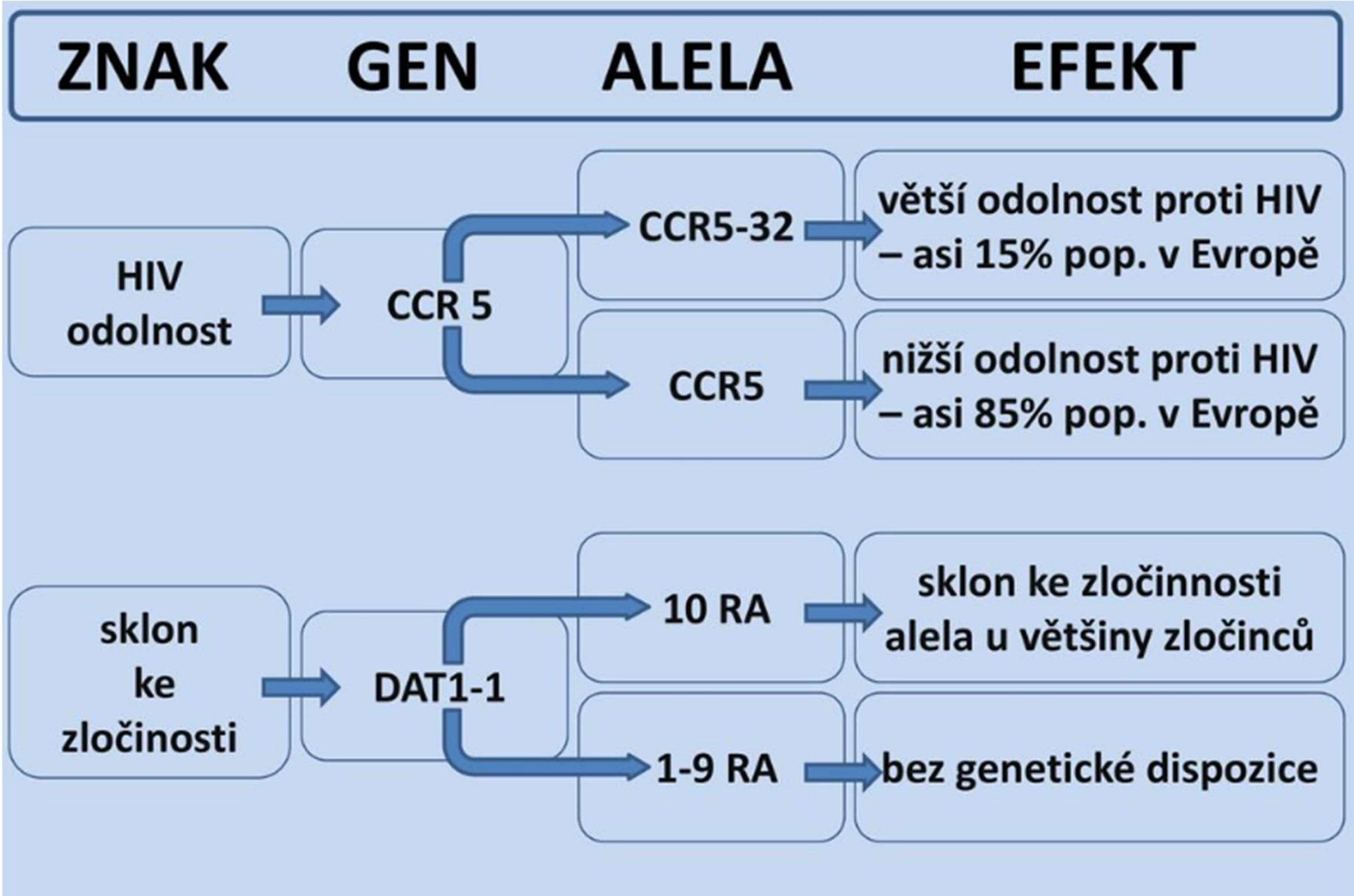
GAS

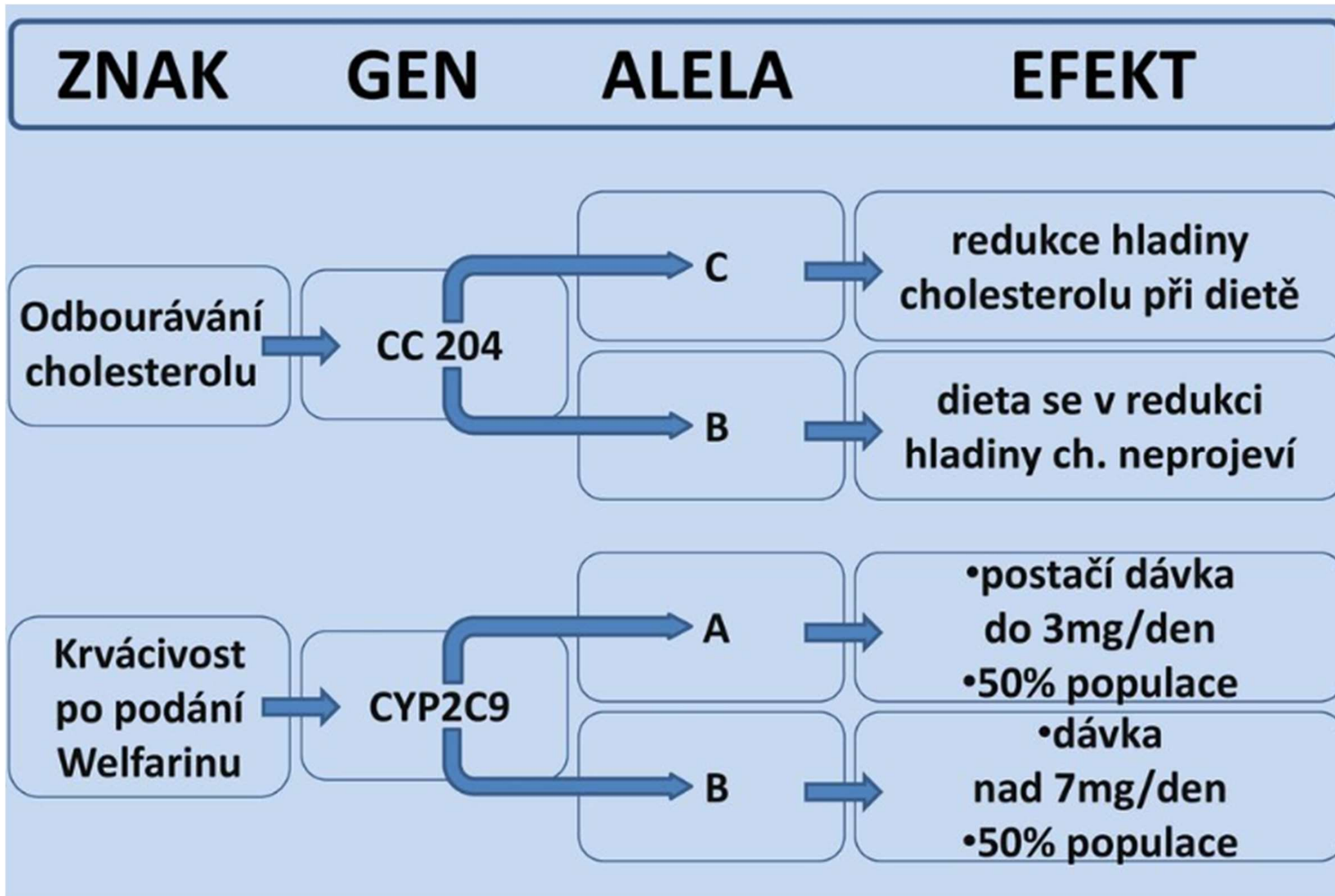
A

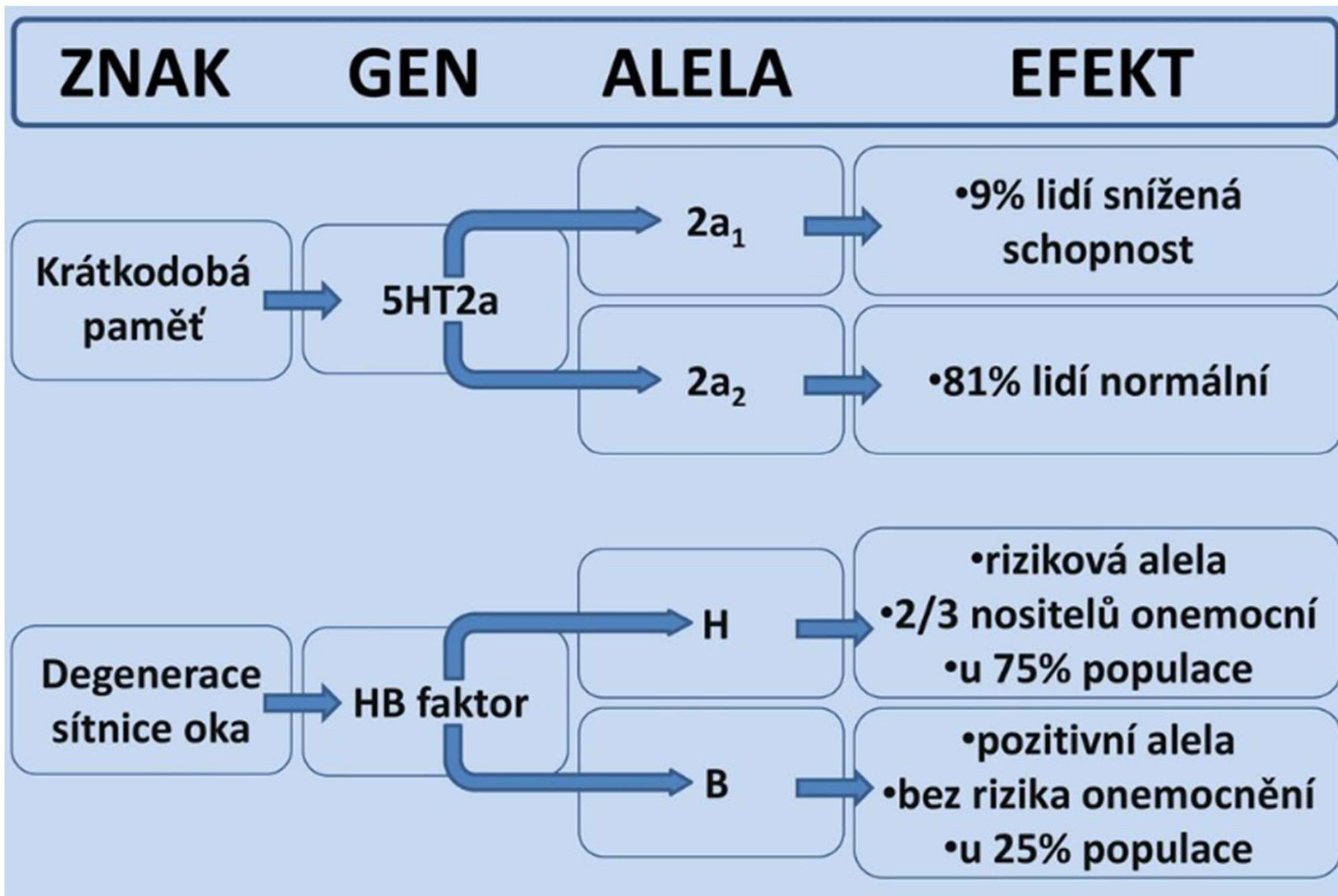
má většina těžkých  
alkoholiků

B

ostatní populace







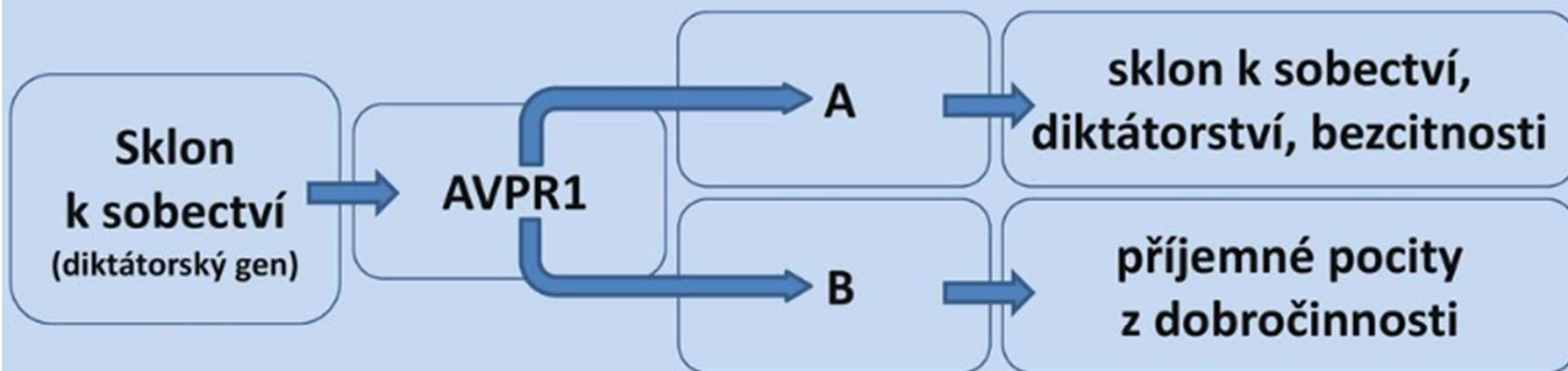


**ZNAK**

**GEN**

**ALELA**

**EFEKT**

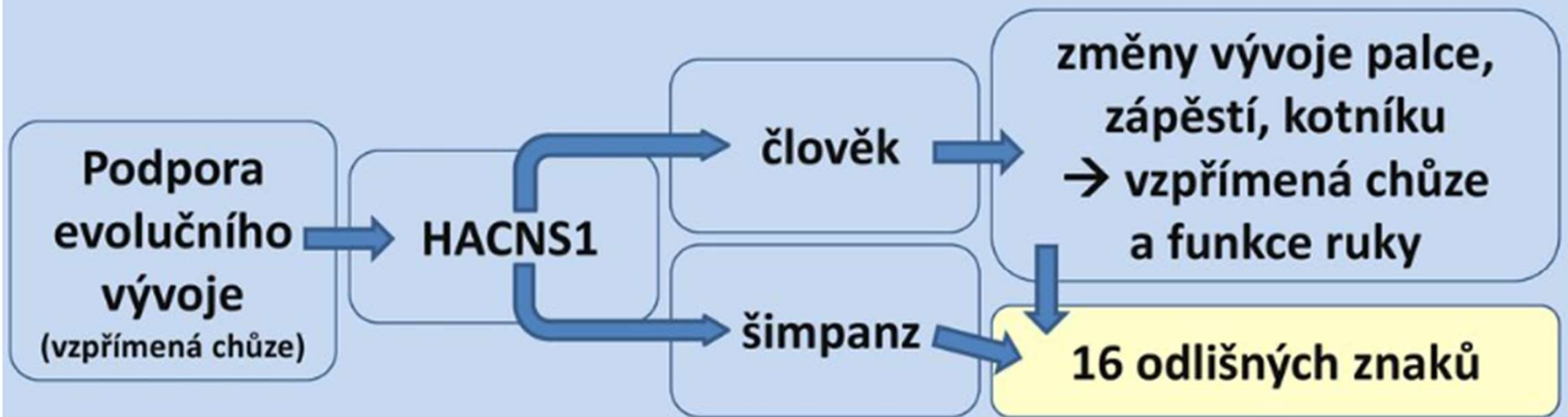


**ZNAK**

**GEN**

**ALELA**

**EFEKT**





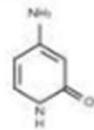
# Sekvenování DNA

## DNA

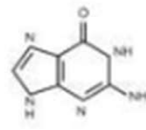
Deoxyribonucleic acid



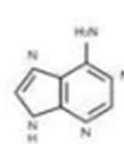
Cytosine



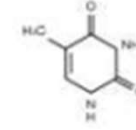
Guanine



Adenine



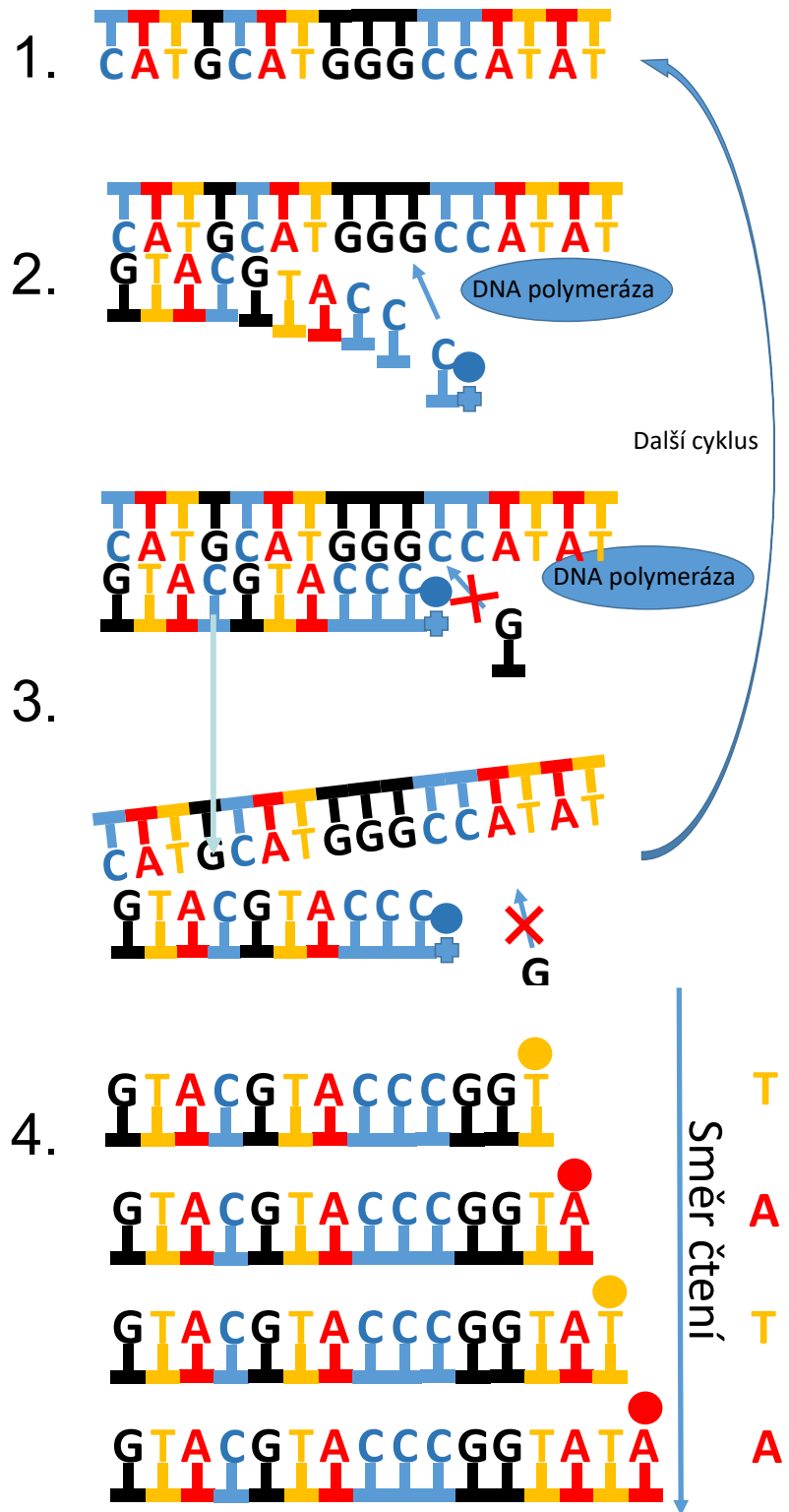
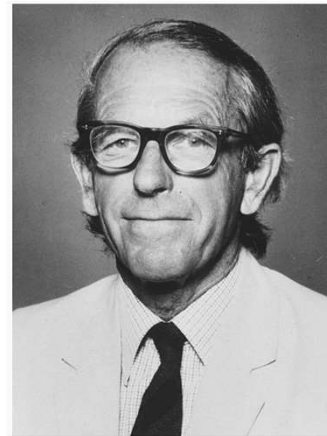
Thymine

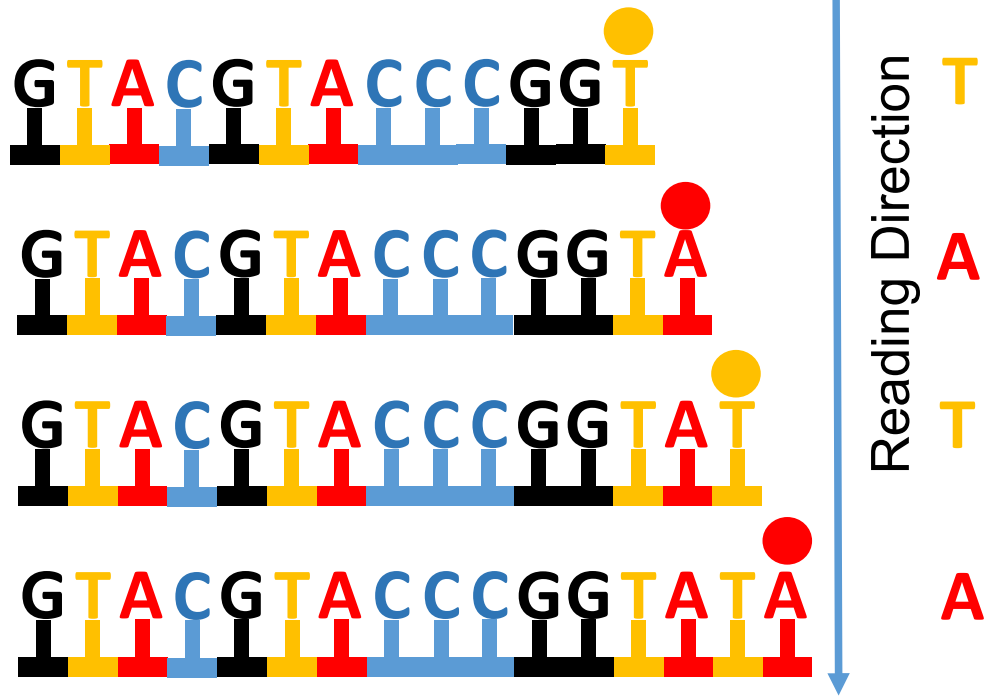


# Sekvenování DNA

## Sangerovo sekvenování

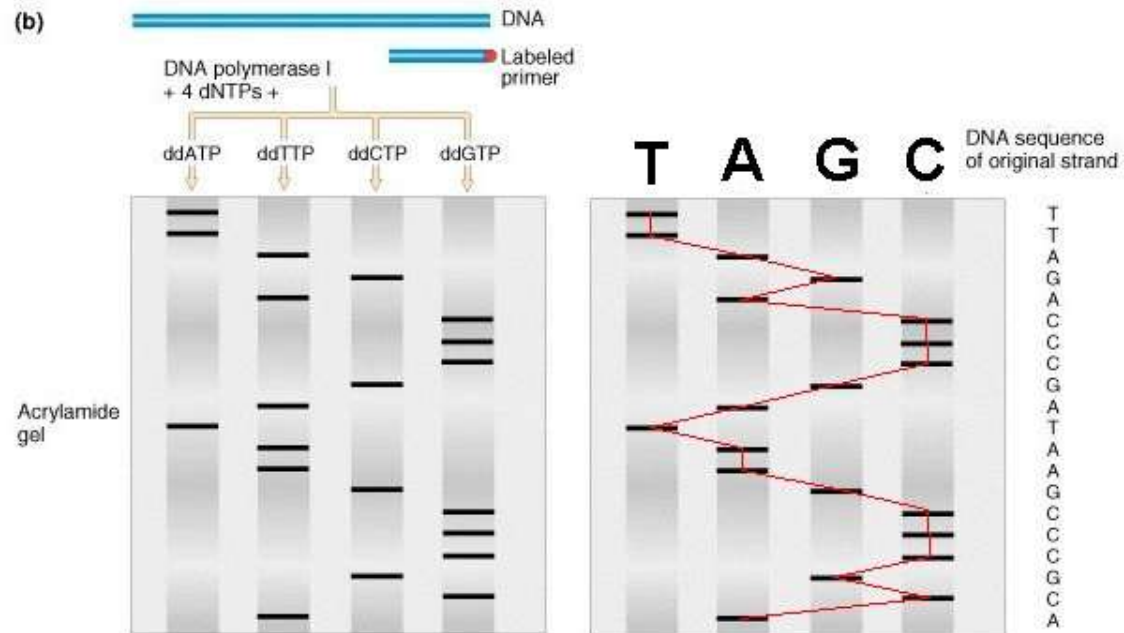
1977 Frederic Sanger (druhá Nobelova cena, první dostal za objev struktury proteinů)

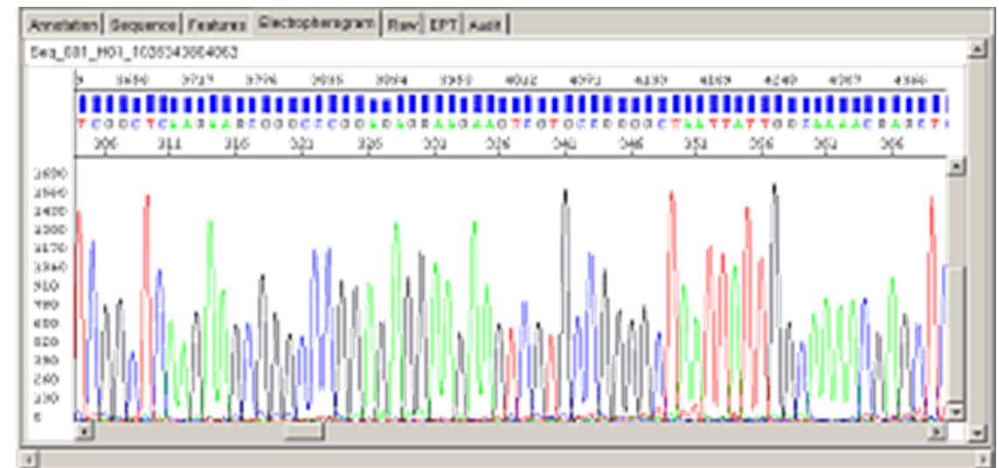
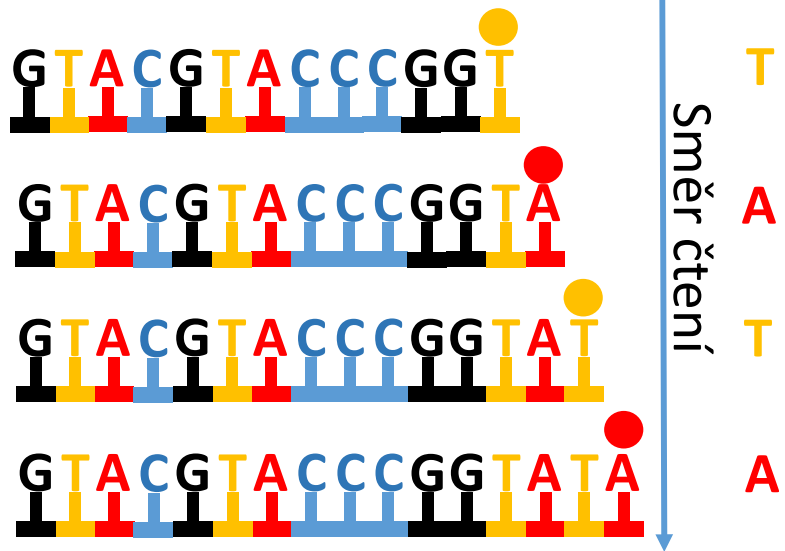




# Sangerovo sekvenování

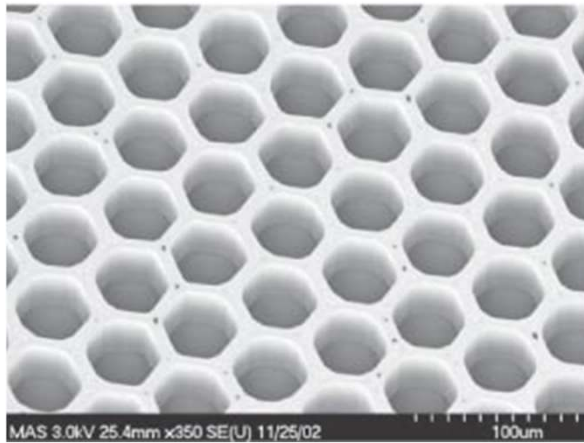
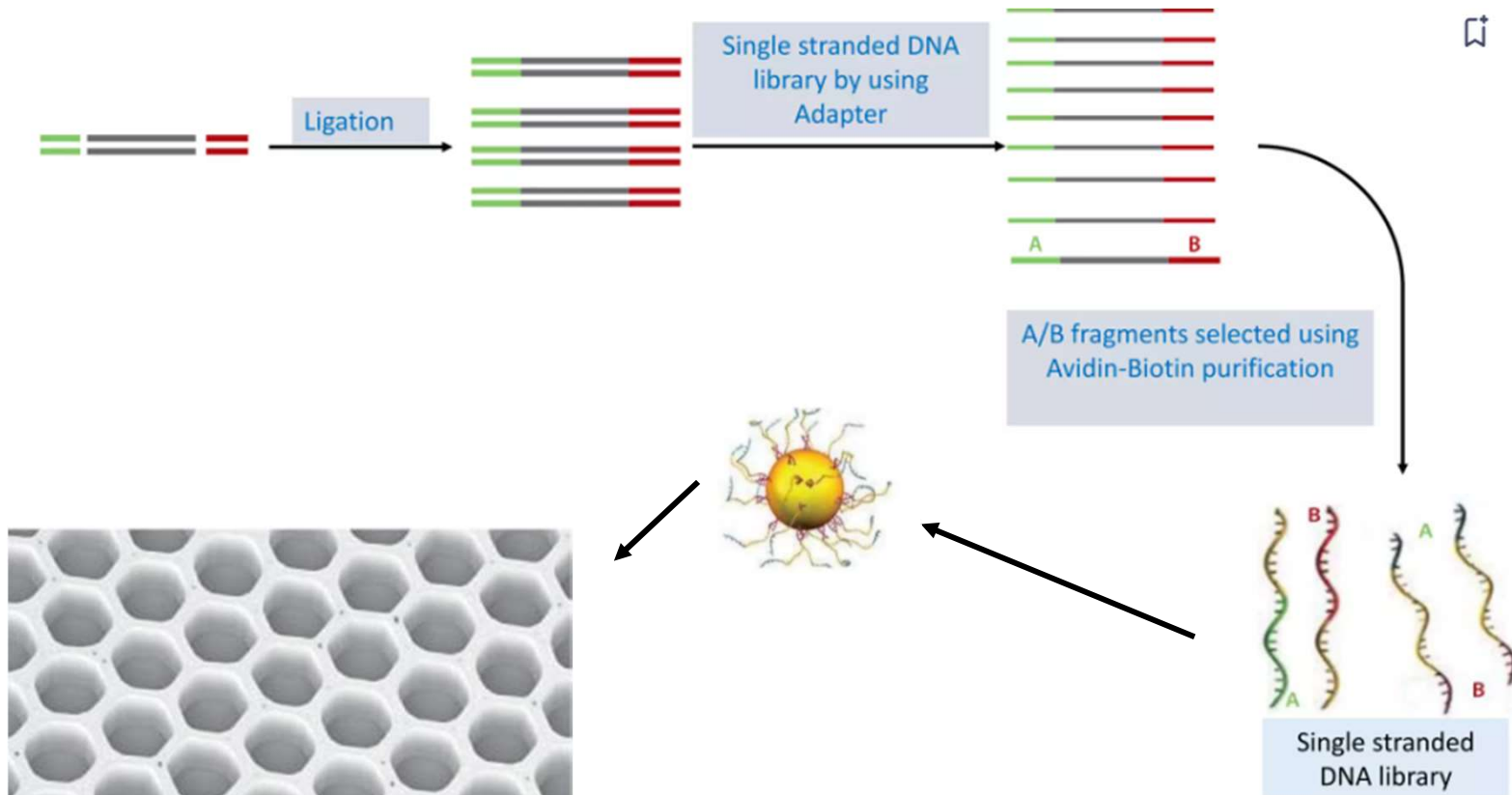
(b)





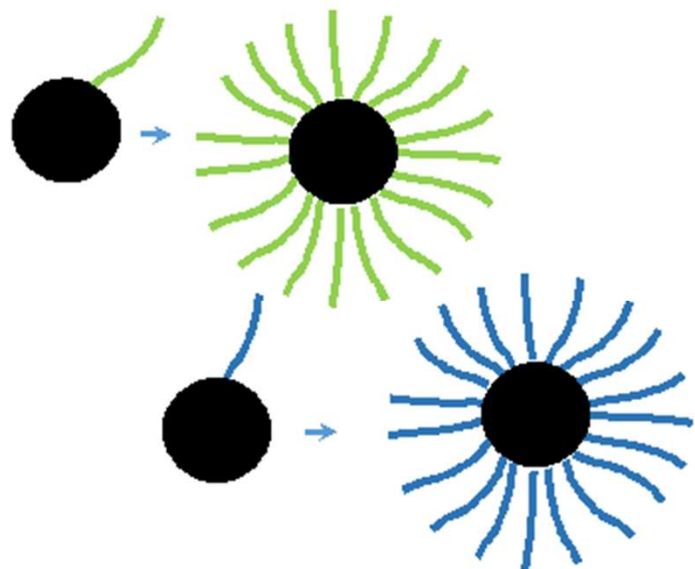
# New generation sequencing

454



Roche 454 LifeSciences Genome Sequencer

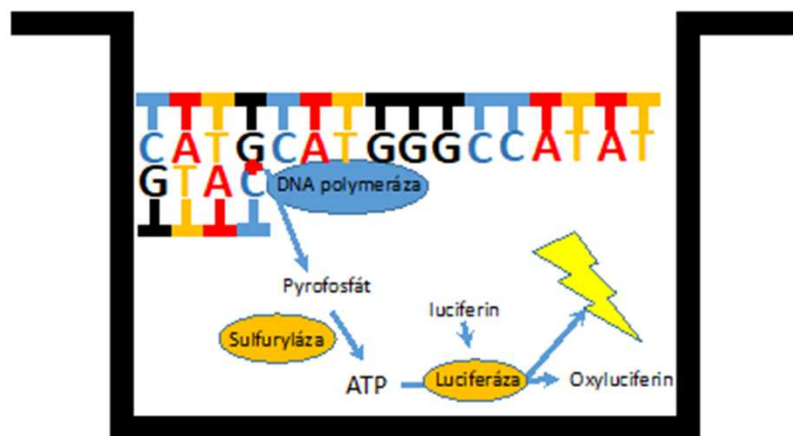




1. DNA je navázána na mikrokuličku na které je posléze enzymatickou reakcí namnožena

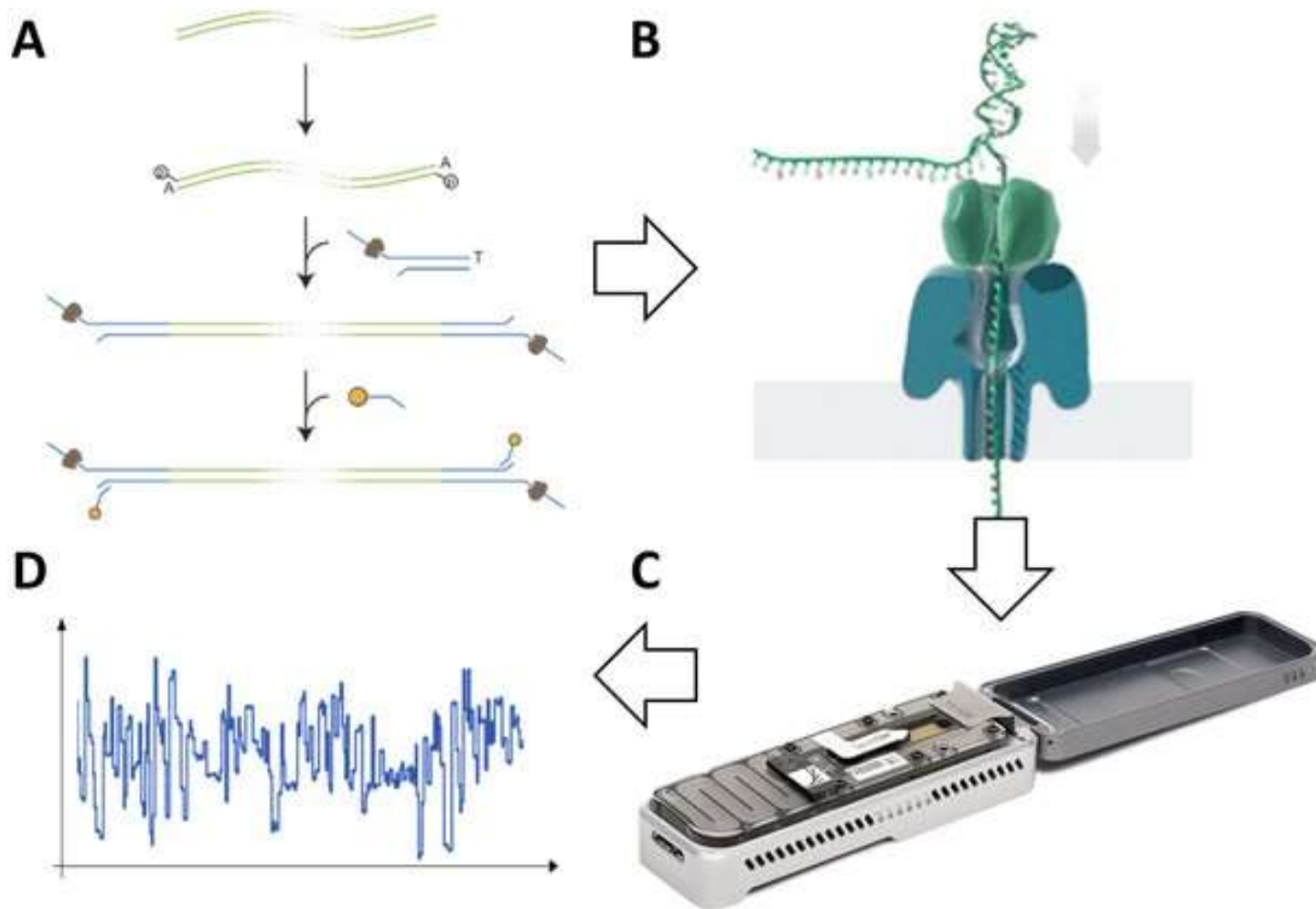


2. Mikrokuličky jsou vloženy do komůrek na 454 destičce

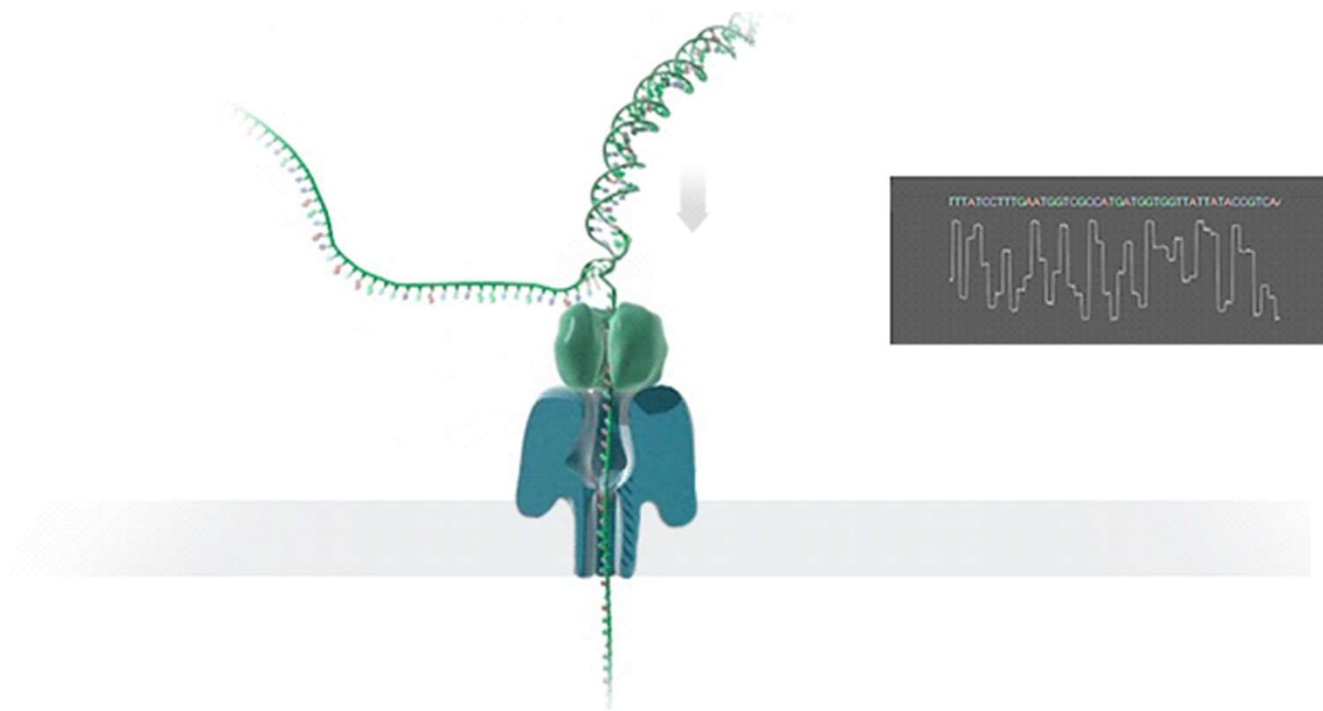


3. Vždy jeden typ nukleotid je přidán do reakční směsi. Při navázání nukleotidu se uvolní pyrofosfát (PPI), který je převeden Sulfurylázou na ATP. Luciferáza pak spotřebuje ATP a vyzáří světlo které je zachyceno kamerou

- **Hemolysin** ze *Staphylococcus aureus*
- díry/póry do membrány
- syntetická membrána



# Nanopore Sequencing (Oxford Nanopore)



## **MinION:**

Sekvenování genomů

Transkriptomů

Cílené sekvenování (targeted sequencing)

2048 pórů (R10 flow cell) do 48 Gb na jednu MinION Flow Cell!!

Od krátkých (velký počet) po extradlouhé ready do 4 Mb (!)

# Co s těmi písmeny?



# Co s těmi písmeny?

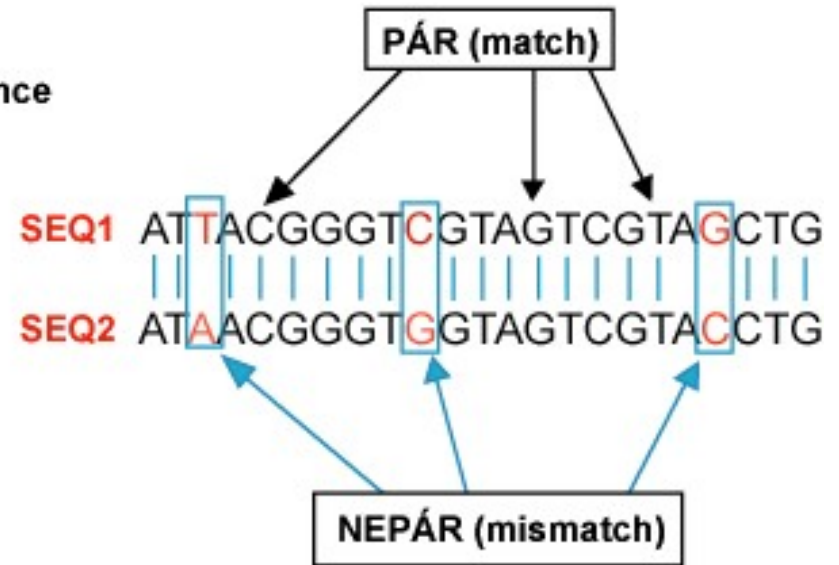
SEQ1

ATTACGGGTCGTAGTCGTAGCTG

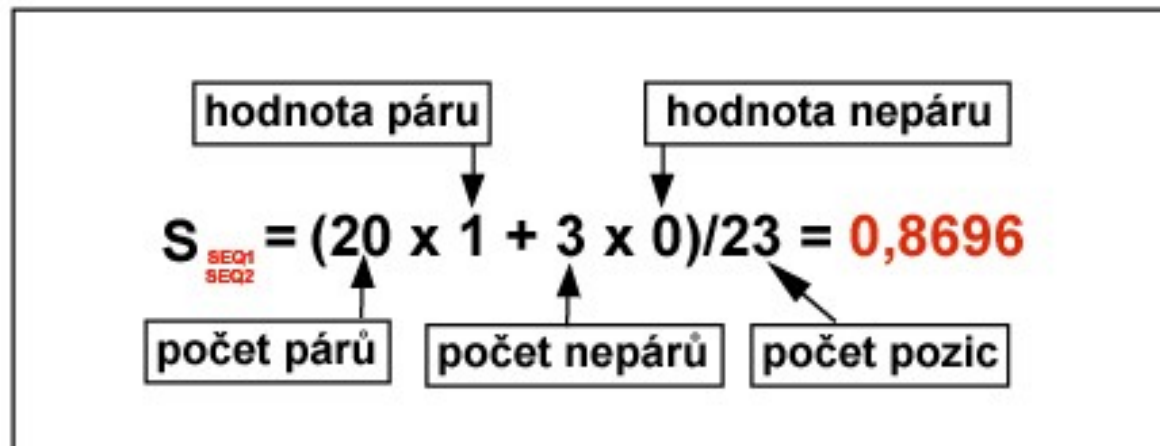
SEQ2

ATAACGGGTGGTAGTCGTACCTG

výchozí sekvence



výpočet normalizované hodnoty podobnosti



# Mnohonásobné přiřazení (multiple alignment)

## Local Alignment

Target Sequence

5' ACTACTAGATTACTTACGGATCAGGTACTTTAGAGGCTTGCAACCA 3'

||||| ||||| ||||| ||||| |||||

Query Sequence

5' TACTCACGGATGAGGTACTTTAGAGGC 3'

## Global Alignment

Target Sequence

5' ACTACTAGATTACTTACGGATCAGGTACTTTAGAGGCTTGCAACCA 3'

||||| ||||| ||||| ||||| |||||

5' ACTACTAGATT-----ACGGATC--GTACTTTAGAGGCTAGCAACCA 3'

Query Sequence

ClustalX (1.83)

File Edit Alignment Trees Colors Quality Help

Multiple Alignment Mode Font Size: 10

1 Bonobos  
2 Chimpanzee  
3 human  
4 Neandethal  
5 Gorilla  
6 Gibbon  
7 Siamang  
8 Orangutang

PHYLP-Alignment file created

clustalw.aln

File Edit Props Sites Species Footers Search: Goto: Help

```

se1=0 176 308
sgn-E210784 -LLYTFNIQDCCFTIGFYVNSKIQGLVGTQFLVYKGTLTSLVWPSKLNH...EKOSSIFIKTR--RKCKNQSIQVVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
SGN-E331863 -----NSKIQGLVGTQFLVYKGTLTSLVWPSKLNH...EKOSSIFIKTR--RKCKNQSIQVVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
SGN-E528173 -----PRPKIISYVFSVSKGSLTSLVWPSKFNH...EKOSSIFIKTR--RKSNQSIQVVARLFGPSIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
DY933423 1 -----TILSTIIOTN---NSFIOHGLIIPSKLNTSSS--VLDHHSFFIYKTP--SKTKKIHSS--PVARLFGPSIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
EG518863 3 EKIVSKLRERSLVFSGVLFCCYFNIEAFDLGPKRAEMCSLSADMLPTKLPKAYSDRRSNHS5555LFFNNR--RSK00NQSIQVVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPSTLPRTYTLTHSDIT
DR336221 3 EKIVSKLRERSLVFSGVLFCCYFNIEAFDLGPKRAEMCSLSADMLPTKLPKAYSDRRSNHS5555LFFNNR--RSK00NQSIQVVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPSTLPRTYTLTHSDIT
DR336226 1 -----EAFDLGPKRAEMCSLSADMLPTKLPKAYSDRRSNHS5555LFFNNR--RSK00NQSIQVVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPSTLPRTYTLTHSDIT
EG518164 6 EKIVSKLRERSLVFSGVLFCCYFNIEAFDLGPKRAEMCSLSADMLPTKLPKAYSDRRSNHS5555LFFNNR--RSK00NQSIQVVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPSTLPRTYTLTHSDIT
BF009410 3 LPHSSTNIKS---PFLHOGTTVSSSLKDWNNRNRMGTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
AM704879 2 LPHSSTNIKS---PFLHOGTTVSSSLKDWNNRNRMGTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
BM732130 2 LPHSSTNIKS---PFLHOGTTVSSSLKDWNNRNRMGTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
BM892765 1 LPHSSTNIKS---PFLHOGTTVSSSLKDWNNRNRMGTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
FG992800 1 LPHSSTNIKS---PFLHOGTTVSSSLKDWNNRNRMGTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
BI893250 3 LPHSSTNIKS---PFLHOGTTVSSSLKDWNNRNRMGTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
BM527004 3 LPDSSSTNIKS---PFLHOGTTVSSSLKDWNNRNRMGTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
EV282002 2 LPHSSTNIKS---PFLHOGTTVSSSLKDWNNRNRMGTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
BM886897 3 LPHSSTNIKS---PFLHOGTTVSSSLKDWNNRNRMGTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
FK007461 1 LPHTPPVEKLNKYSLSFKVLDLISVLKDWNN--RNMCTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
FK007462 1 LPHTPPVEKLNKYSLSFKVLDLISVLKDWNN--RNMCTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
BM732169 3 LPHTPPVEKLNKYSLSFKVLDLISVLKDWNN--RNMCTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
CA852818 3 LPHTPPVEKLNKYSLSFKVLDLISVLKDWNN--RNMCTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
BU081785 3 --HTPPVLEKLNKYSLSFKVLDLISVLKDWNN--RNMCTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
FK026570 1 LPHTPPVEKLNKYSLSFKVLDLISVLKDWNN--RNMCTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
CA852182 3 -----AGXNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
BF425087 2 -----LPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPXNLPRTYTLTHSDIT
FK003617 1 -----GLFDLISVLKDW--NRMCTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
EV263114 3 -----TVSSSLKDWNNRNRMGTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
AM307557 3 -----SVLKDNNRNRMGTLTTPVPLPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
BQ742486 3 -----LPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
CB648617 3 -----LPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
CB676753 1 -----LPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
CB664635 2 -----LPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
CT849426 2 -----LPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
BU081186 1 -----LPSKLNKPS---LSPHNSLFPYGR--RVG00KAMVPVARLFGPAIFEASKLVFLGVDEEK--HPGKLPRTYTLTHSDIT
FH273044 4 -----VLLGCCGQPYLKPSSLRYSYSEKNTINTQEISQGLTLP--IVPLSSP--HQSILPILSYGGTIDCKGTNHSGRRRRRECLCTYTATVWVIFSIY--DQYDTSSSARSYQCRWFATKTYIS
-----SLRFYSEKNTINTQEISQGLTLP--IVPLSSP--HQSILPILSYGGTIDCKGTNHSGRRRRRECLCTYTATVWVIFSIY--DQYDTSSSARSYQCRWFATKTYIS

```

Assembly

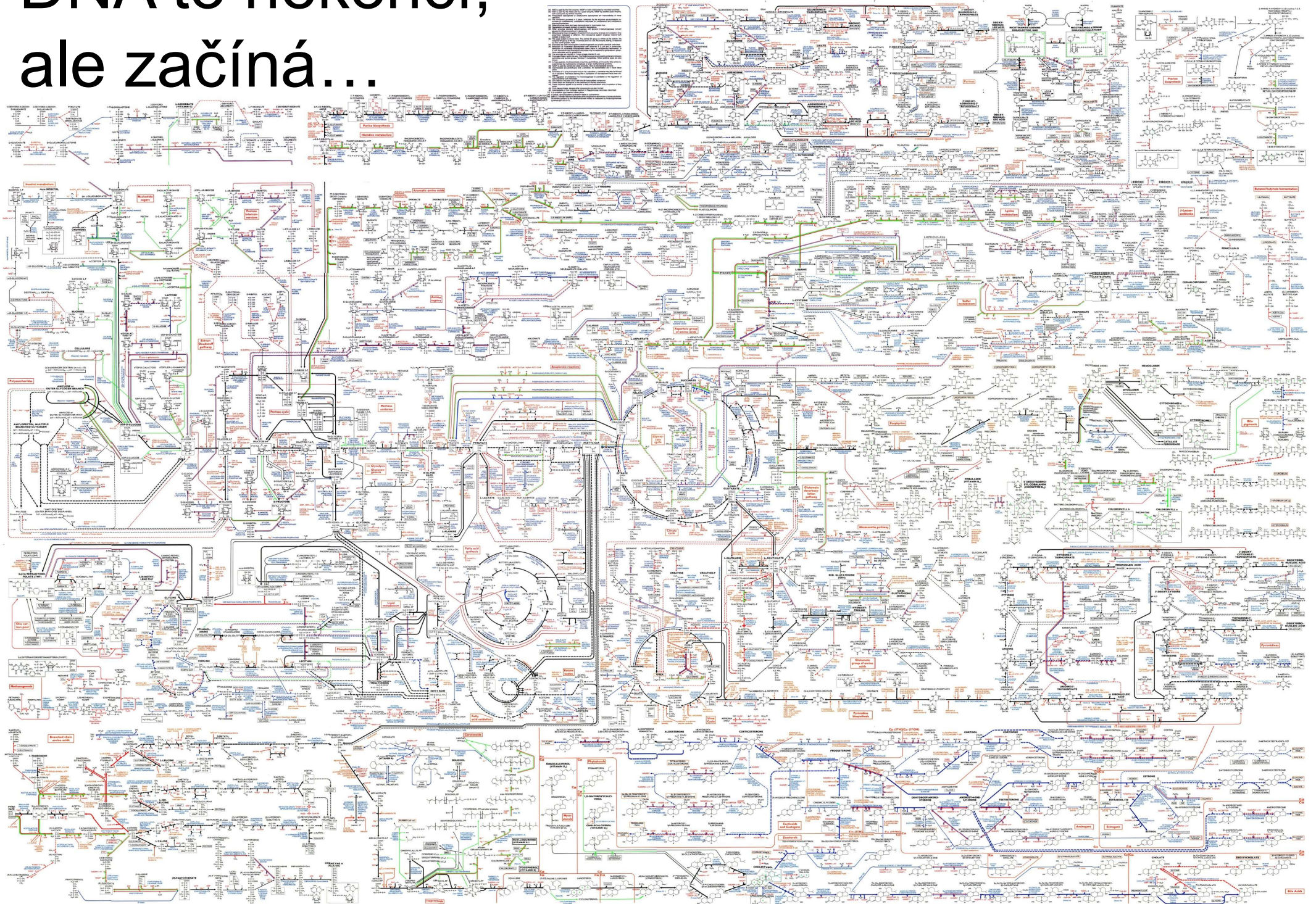
Window position: 0 5e05 1.0e06 1.5e06

81072 81792

81560 81570 81580 81590 81600 81610 81620 81630 81640

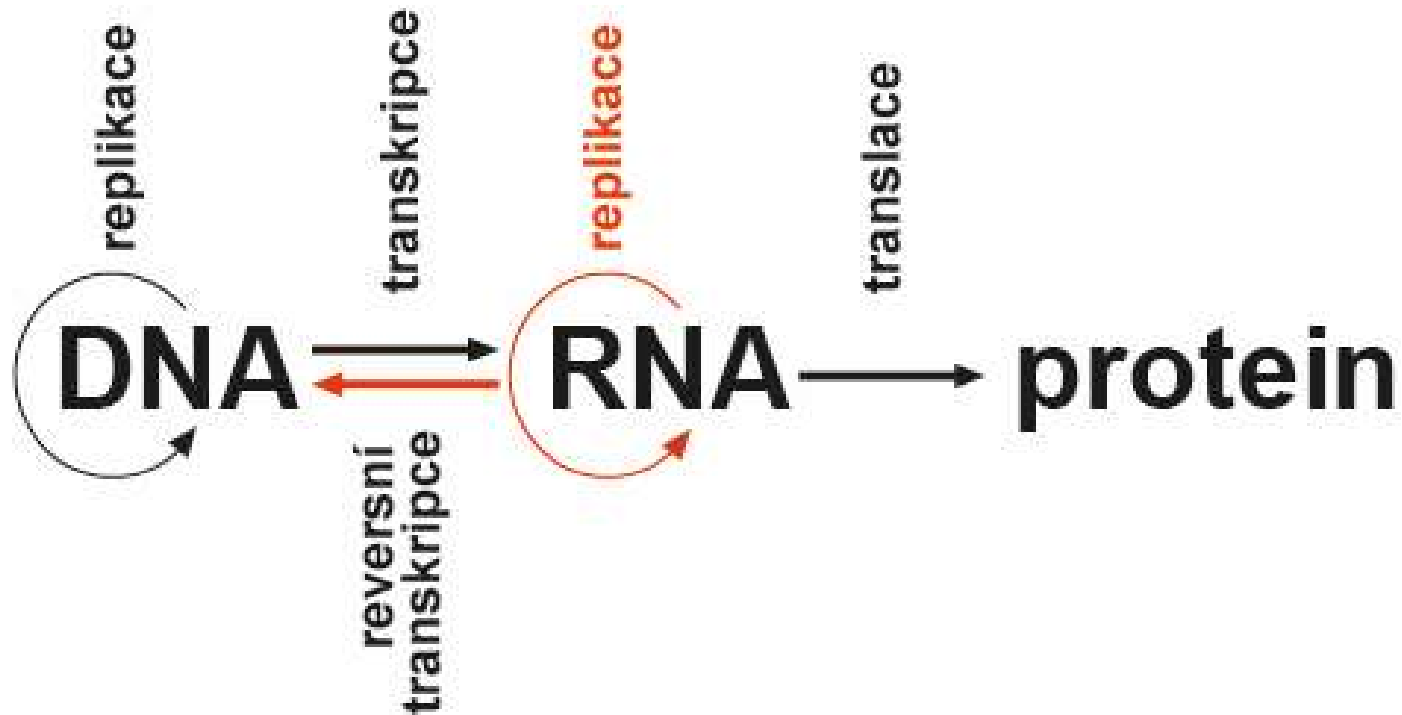
CGTGGGACTTTAAAAGGATGAAAGATTCCCTGGGAGGTAAAGCCAAAGAGGTAAAAGCCCTGATTTAAAATTCTTTTG

DNA to nekončí,  
ale začíná...

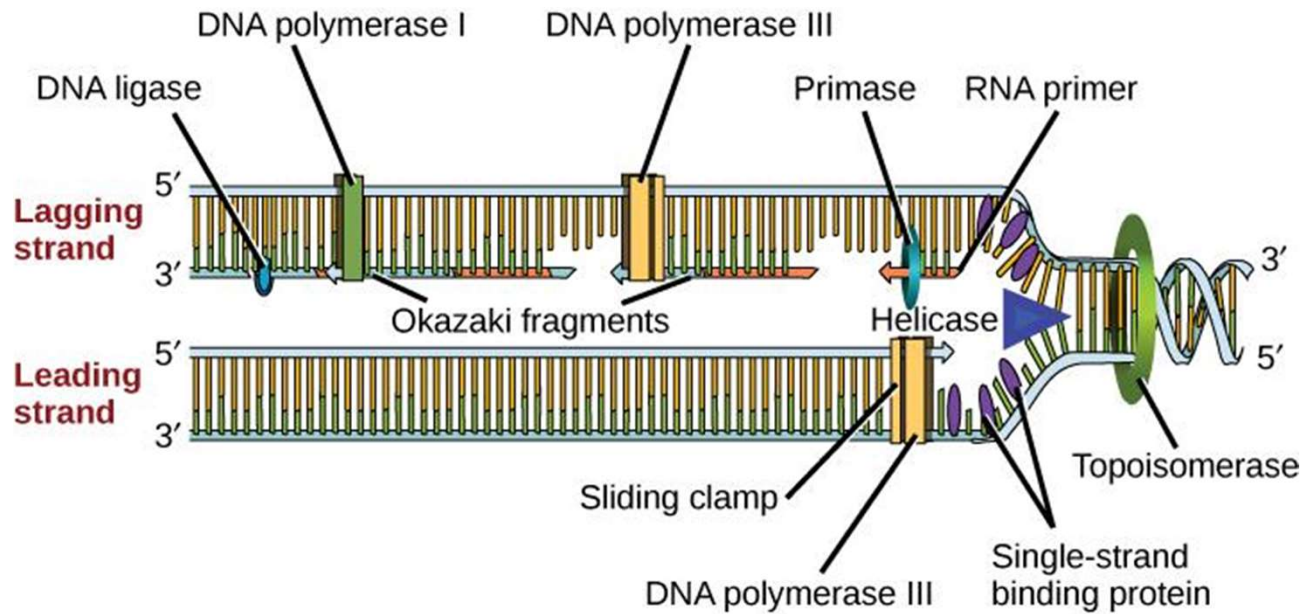
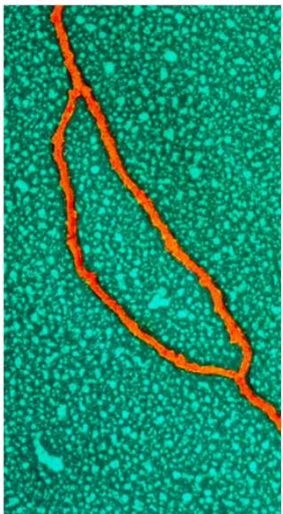
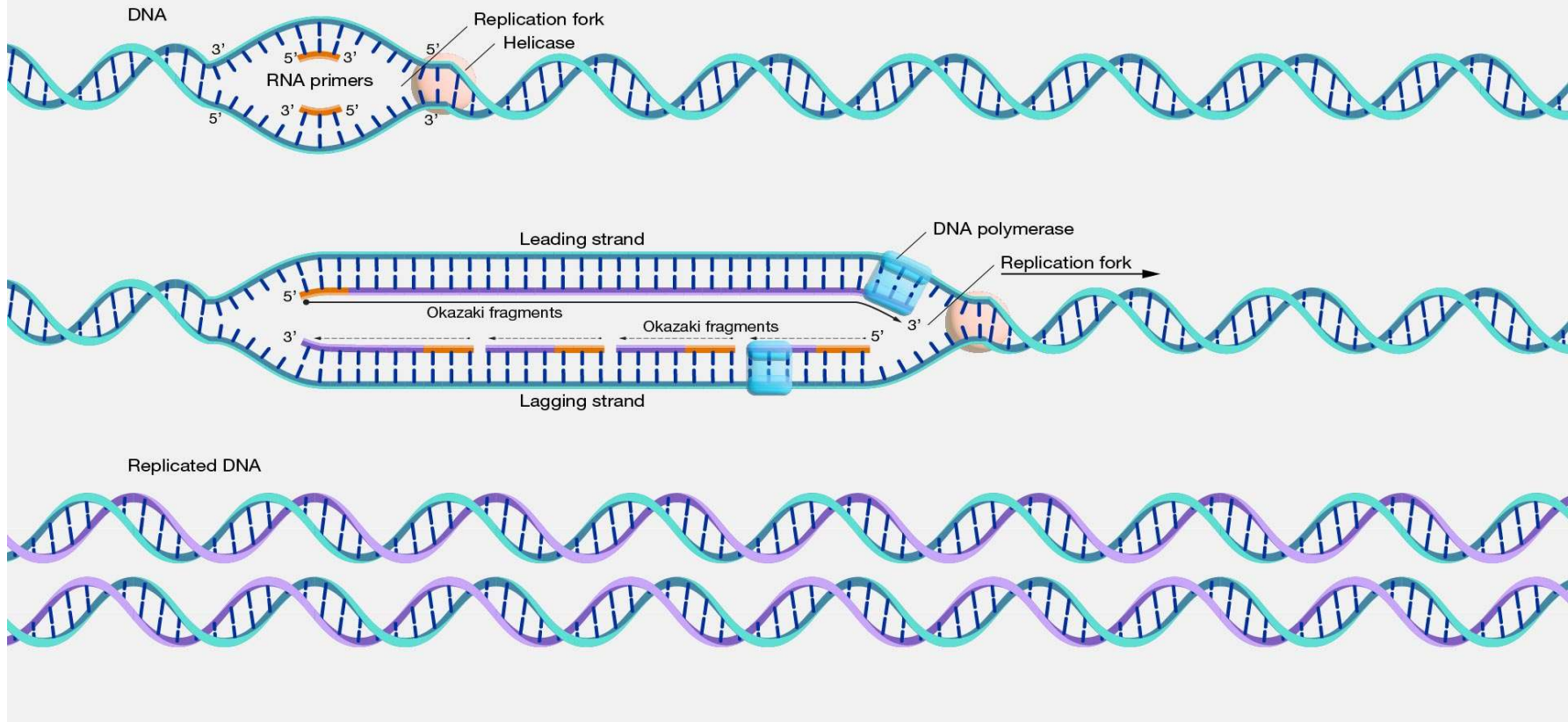




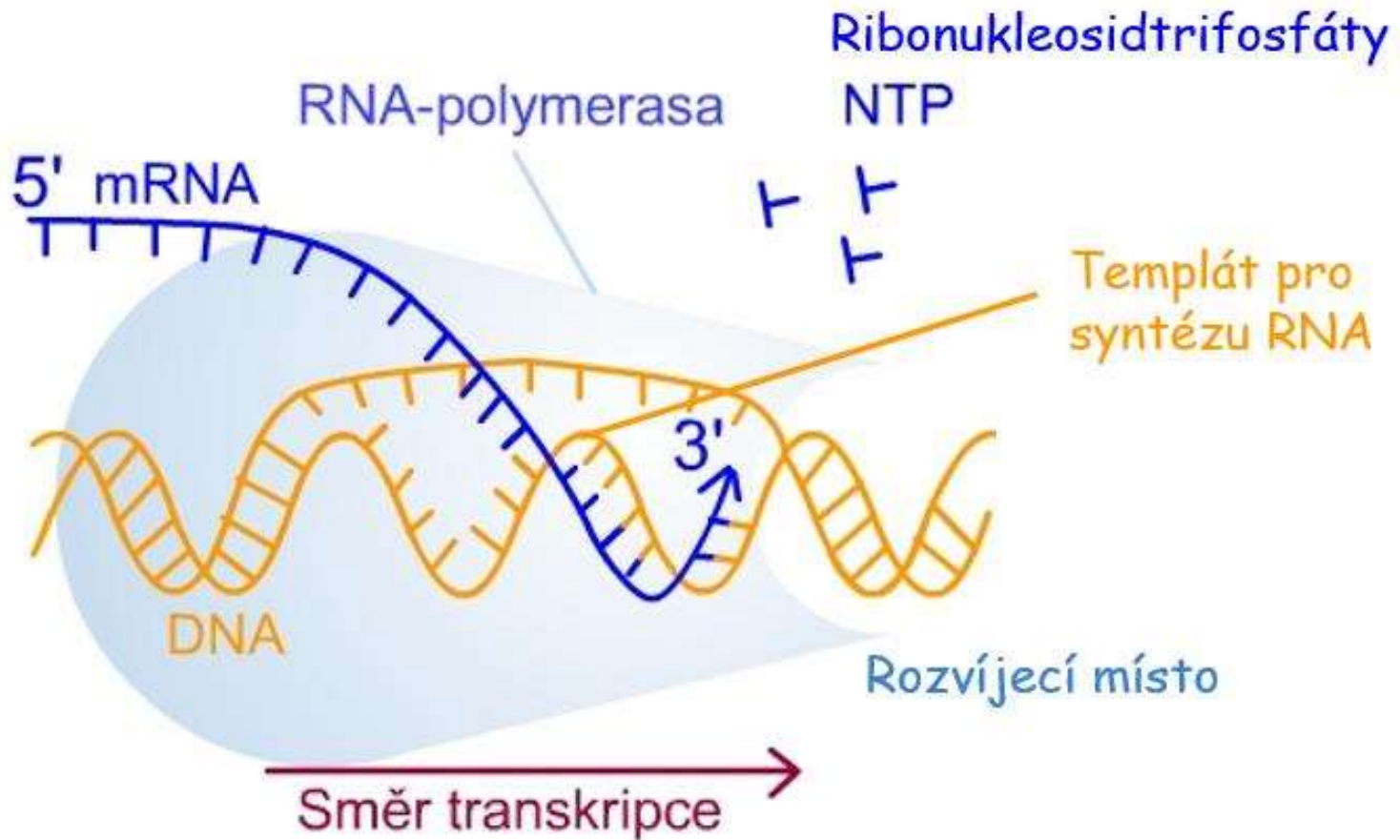
# Centrální dogma molekulární biologie



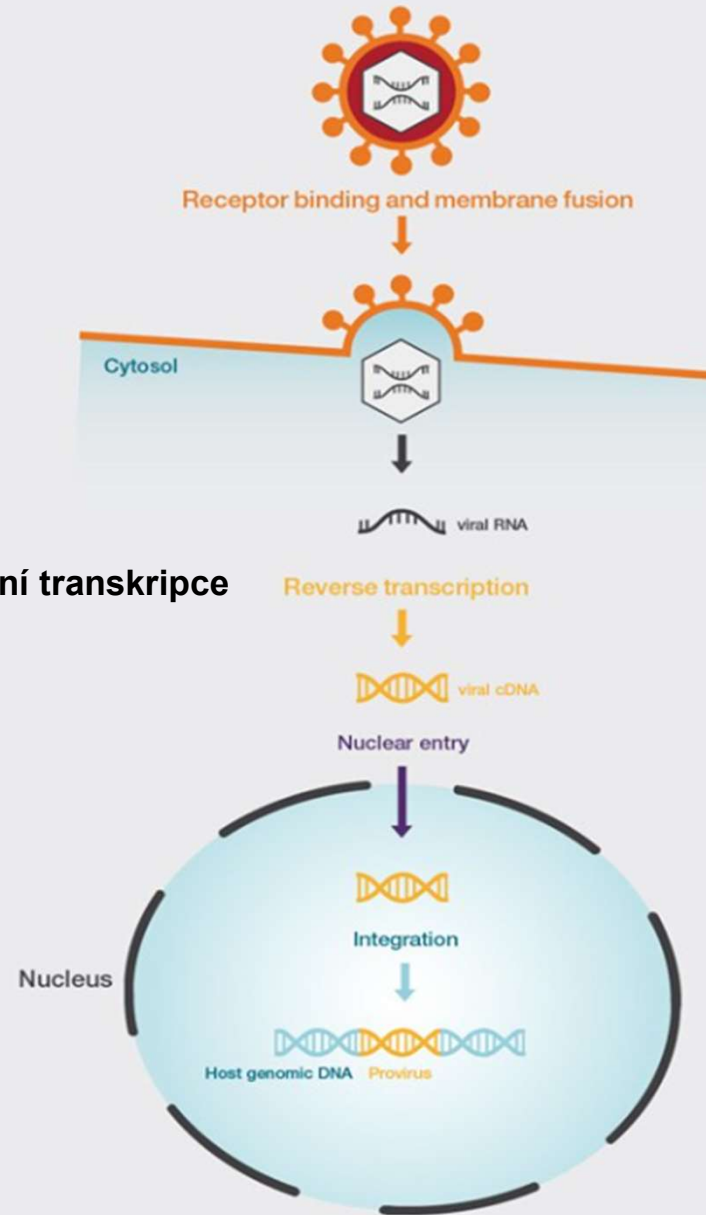
# Replikace DNA



# Transkripce

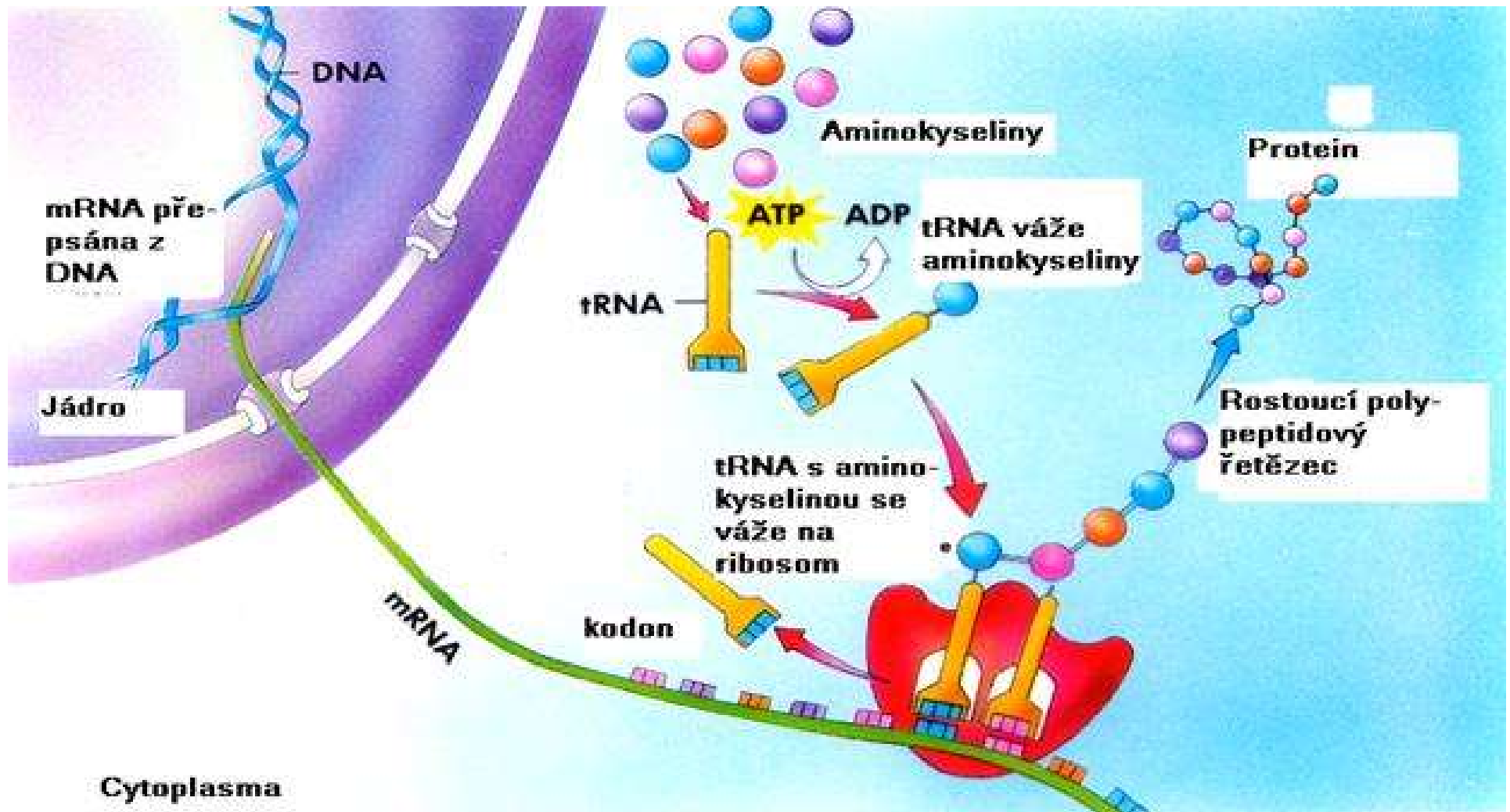


# Retroviral integration



Reversní transkripce

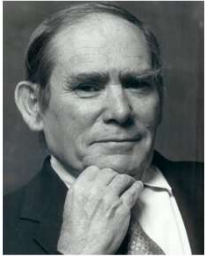
# Translace



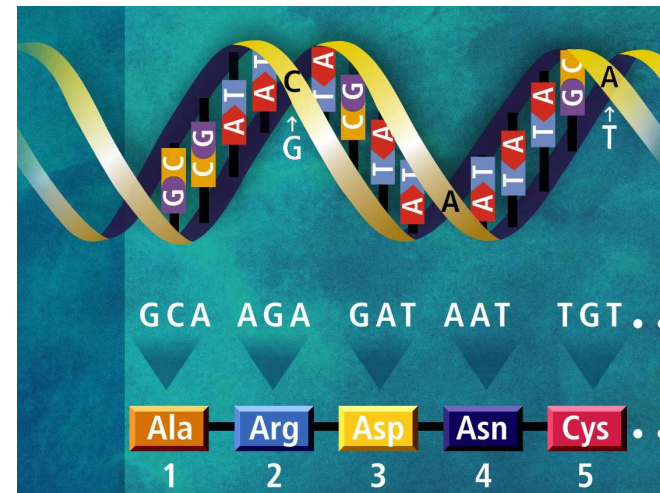
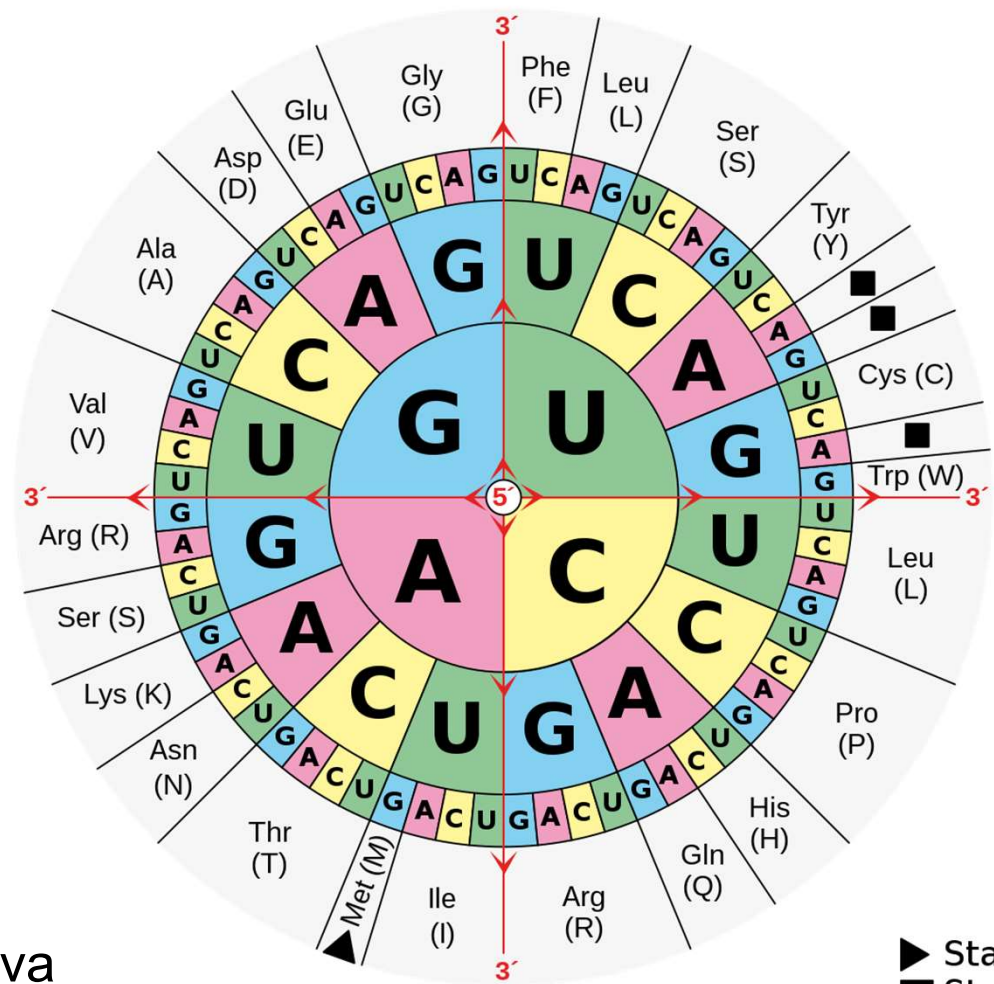
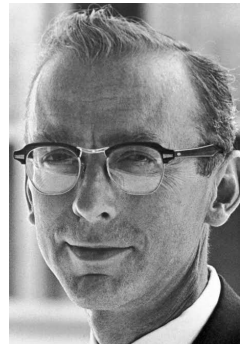
**George Gamow**  
(1094-1968)  
teoretický předpoklad



**Francis Crick, Sydney Brenner, Leslie Barnett a R.J. Watts-Tobin**  
experimentální důkaz



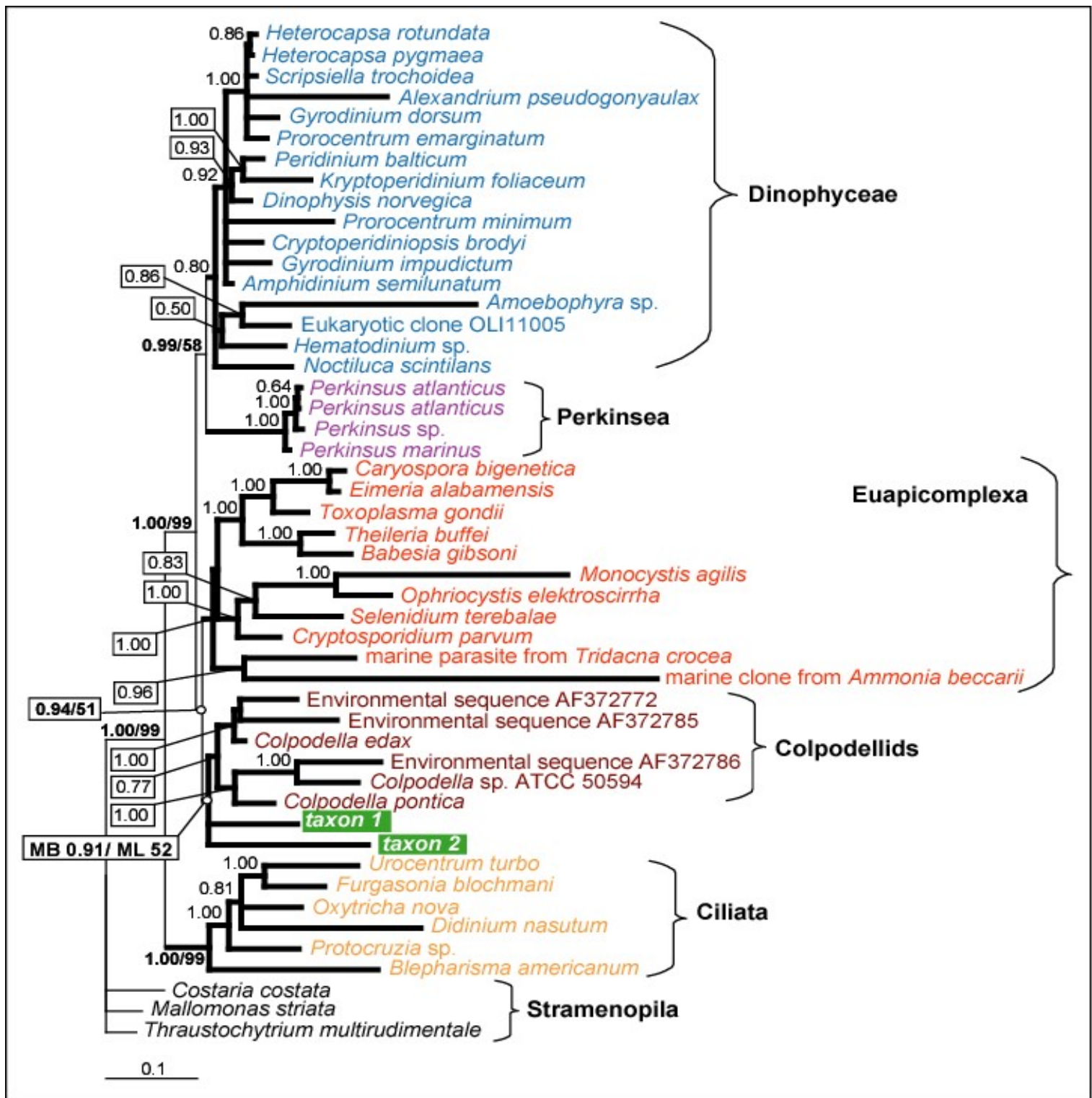
**Marshall Nirenberg, Har Gobind Khorana a Robert W. Holley** (Nobelova cena 1968) Role RNA v translaci



## Translace *in silico*

atggagctgagagtcgggaacaggtaccggctgggcccgaagatcggcagcggctccttcgggagacatctatctcggtac  
ggacattgctgcaggagaagaggttgccatcaagcttgaatgtgtcaaaaccaaaccctcagctccacattgagagca  
aatctacaagatgatgcagggaggagtgggcatccccaccatcagatgggtgcggggcagagggggactacaacgtcatg  
gtgatggagctgctggggccaagcctggaggacctcttcaacttctgctccaggaaattcagcctcaaaaccgtcctgct  
gcttctgaccaaagatgatcagtcgcatcgaatacattcattcaagaacttcatccaccgggatgtgaagccagacaact  
tcctcatgggctggggaagaagggaacactgggtgtacatcatcgacttcgggctggccaagaagtaccgggatgcacgc  
accaccagcacatcccctatcgtgagaacaagaacctcacggggacggcgcggtacgcctccatcaacacgcaccttgg  
aattgaacaatcccgaagagatgacttggagtctctgggctacgtgctaattgacttcaacctgggctctctcccctggc  
aggggctgaaggctgccaccaagagacagaaatacgaaggattagcgagaagaaaatgtccacccccatcgaagtgttg  
tgtaaaggctacccttccgaatttgccacatacctgaatttctgcccgttccttgcgttttgacgacaagcctgactactc  
gtacctgcccagccttttccggaatctgttccatcgccagggttctcctatgactacgtgttcgactggaacatgctca  
aatttgggtgccagccgggcccggatgacgccgagcgggagcgcagggaccgagaggagcggctgagacactcgccgaac  
ccggctaccgcggcctccttccacagcctcggccgcctgccccgggacgcaggaagtggctccccccacaccctcac  
ccctacctcacacagggtaaacctccccccggccgtctccggcatggagagagagcggaaagtgagtatgcggctgc  
accgcggggcccccgtaacatctcctcgtccgacctcacaggccgacaagatacctctcgcatgtccacctcacagaat  
agcattcctttcgaacaccacggcaagtag

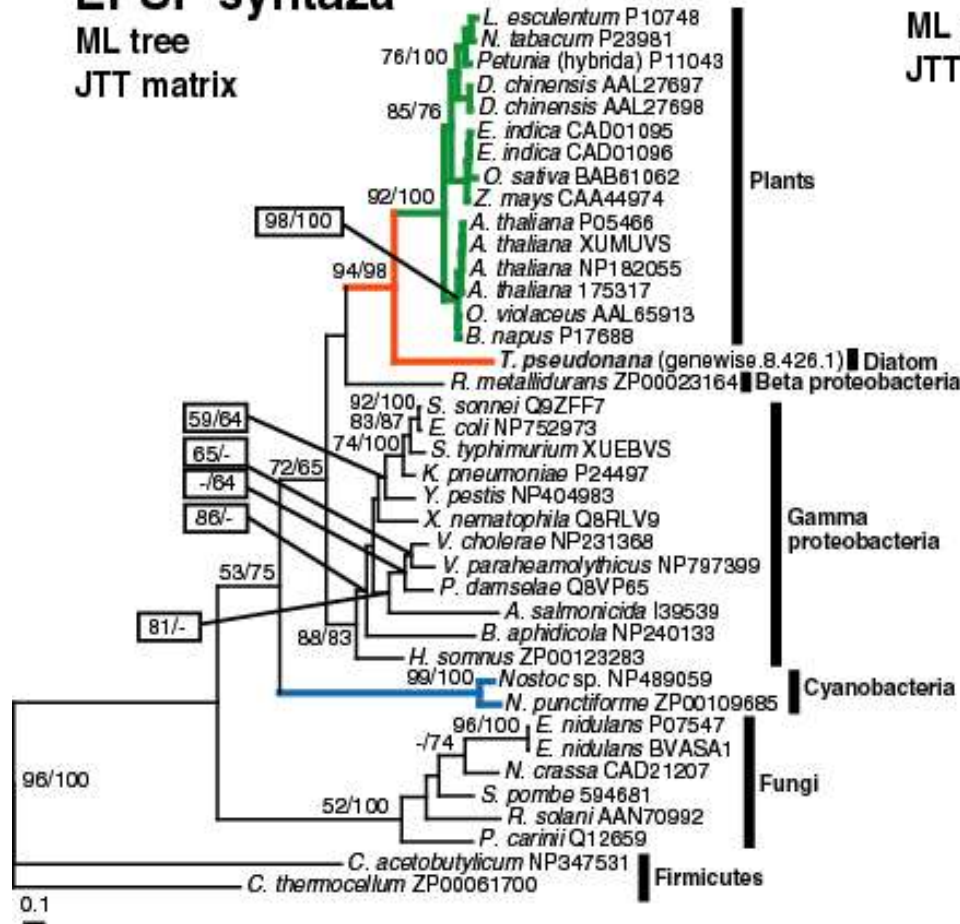
MELRVGNRYRLGRKIGSGSFGDIYLGTDIAAGEEVAIKLECVKTKHPQLHIESK  
IYKMMQGGVGIPTIRWCGAEGDYNVMVME LLGPSLEDLNFNFC SRKFSLKTVLLL  
ADQMISR IEYIHSKNFIHRDVKPDNFLMGLGKKGNLVYIIDFGLAKKYRDARTH  
QHIPYRENKNLTGTARYASINTHLGIEQSRRDDLES LGYVLMYFNLGSLPWQGL  
KAATKRQKYERISEKKMSTPIEVLCKGYPSEFATYLNFCRSLRFDDKPDYSYLR  
QLFRNLFHRQGF SYDYVFDWNMLKFGASRAADDAERERRDREERLRHSRNPATR  
GLPSTASGR LRGTQEVAPPTPLTPTSHTANTS PRPVSGMERERKVS MR LHRGAP  
VNISSDLTGRQDTSRMSTS QNSIPFEHHGK.





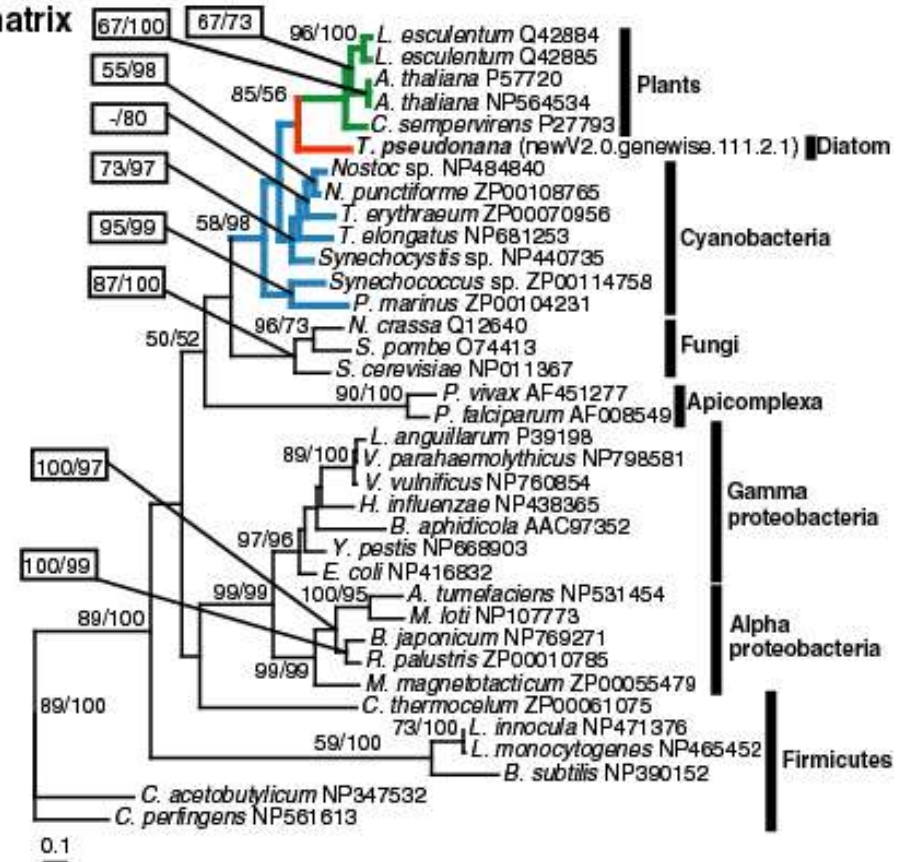
# EPSP syntáza

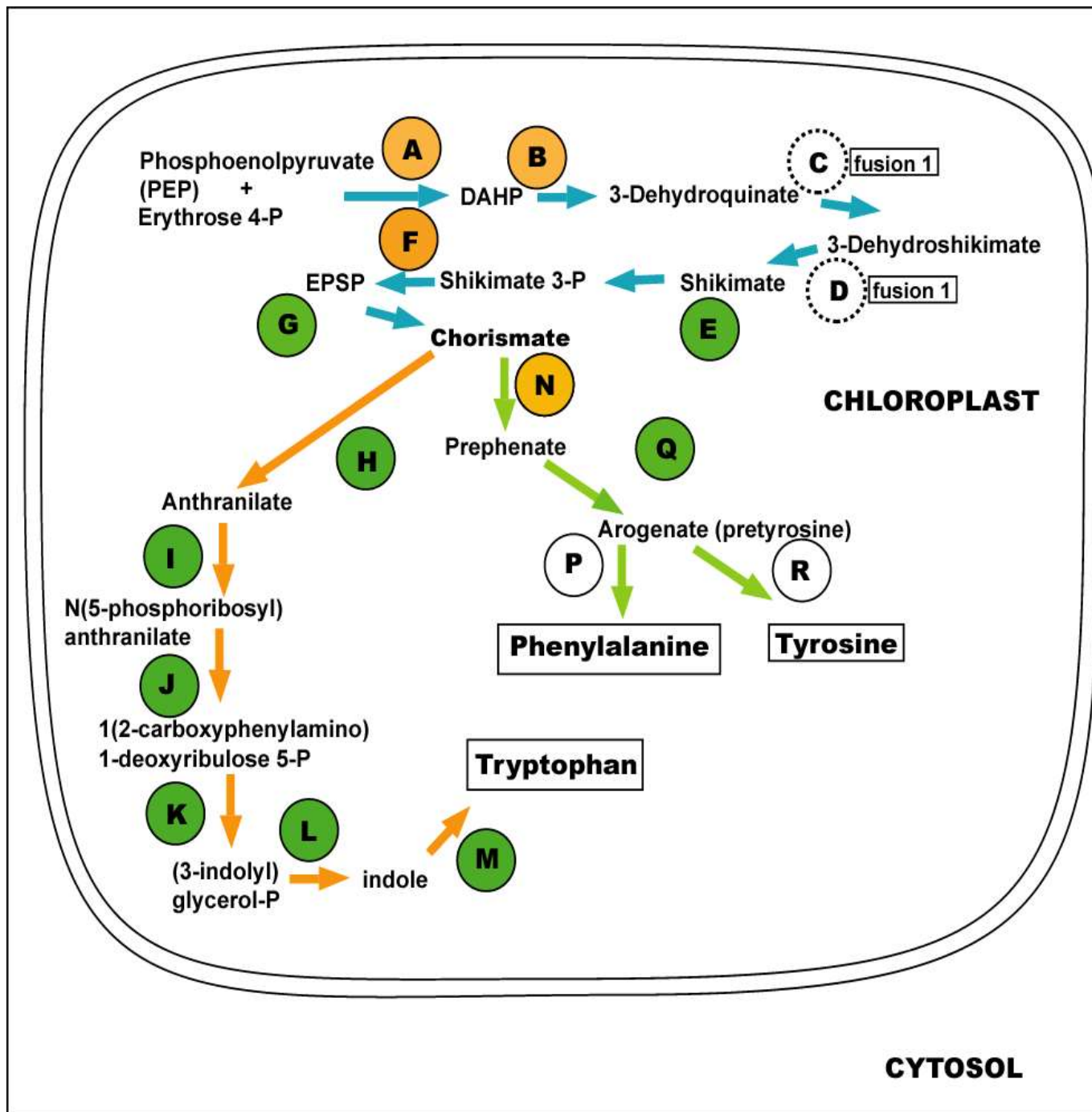
ML tree  
JTT matrix



# Chorismát syntáza

ML tree  
JTT matrix

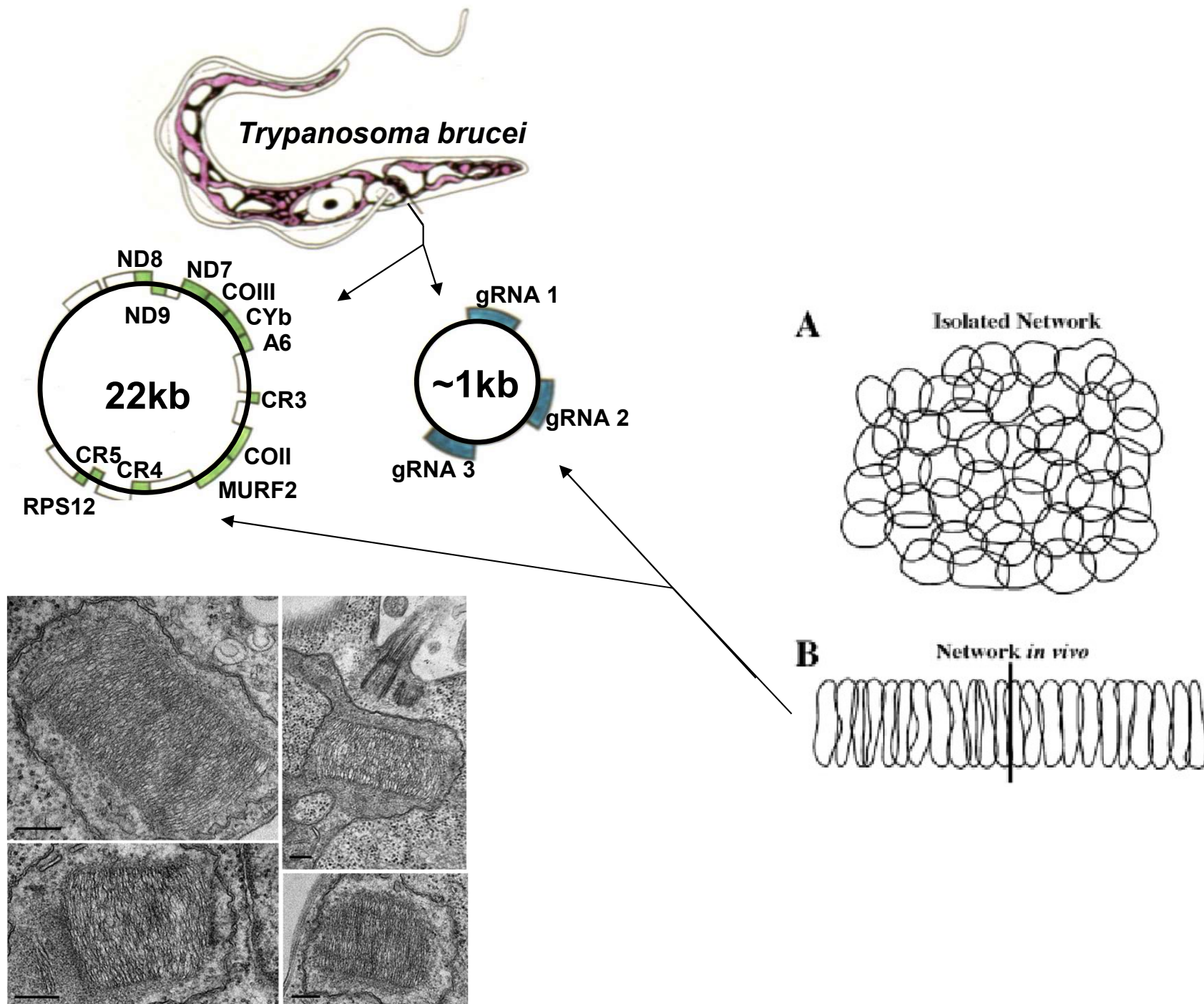


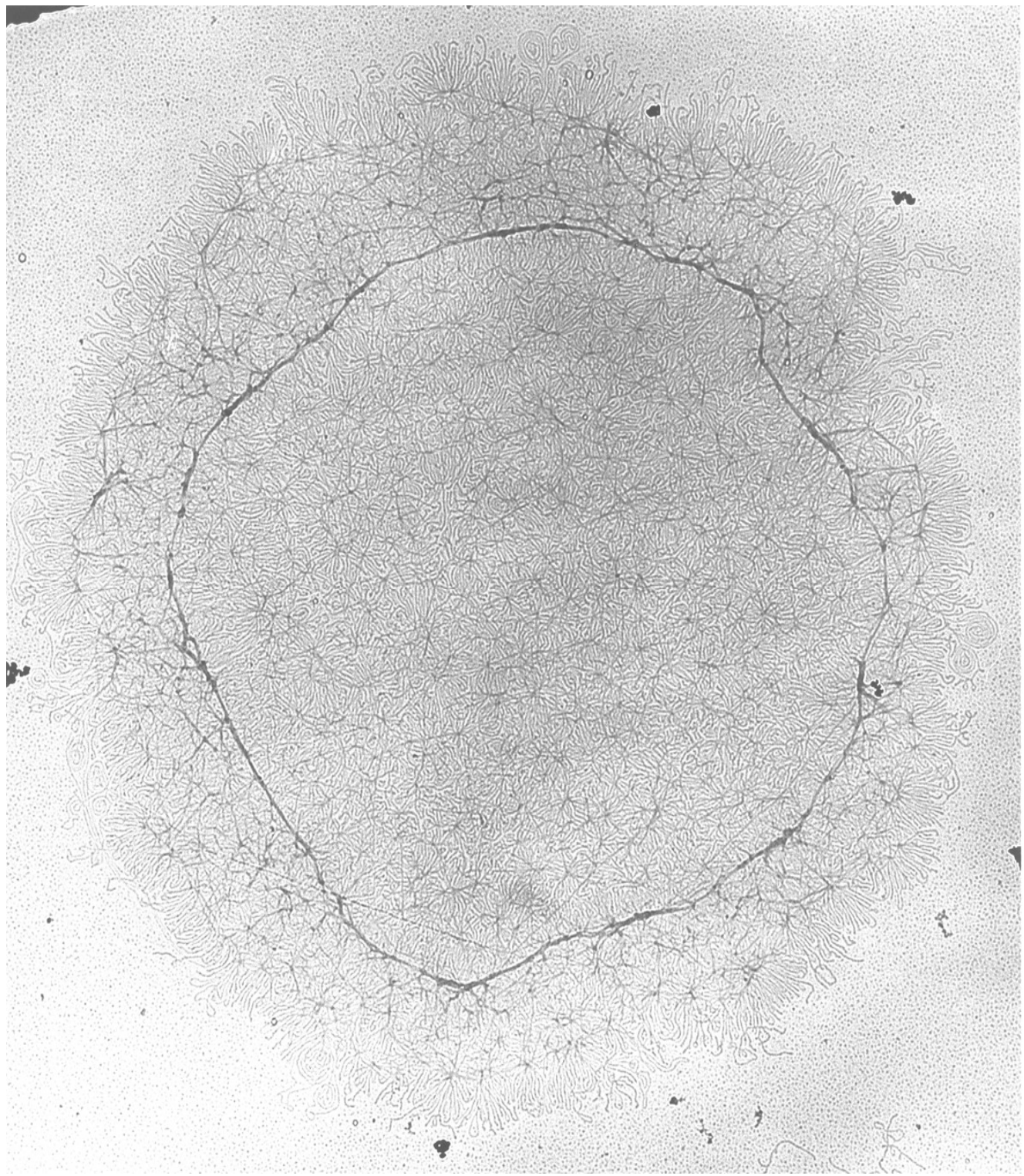


## Syntéza aromatických aminokyselin

- A** - DAHP synthase
- B** - 3-Dehydroquinate synthase
- C** - 3-Dehydroquinate dehydratase
- D** - Shikimate dehydrogenase
- E** - Shikimate kinase
- F** - EPSP synthase
- G** - Chorismate synthase
- H** - Anthranilate synthase
- I** - Anthranilate posphoribosyl transferase
- J** - N(5-posphoribosyl) anthranilate isomerase
- K** - Indole-3-glycerol-P synthase
- L** - Tryptophan synthase alpha
- M** - Tryptophan synthase beta
- N** - Chorismate mutase
- Q** - Prephenate aminotransferase
- R** - Arogenate dehydrogenase
- S** - Arogenate dehydratase

# Mitochondriální genom (kinetoplast DNA) kinetoplastidů





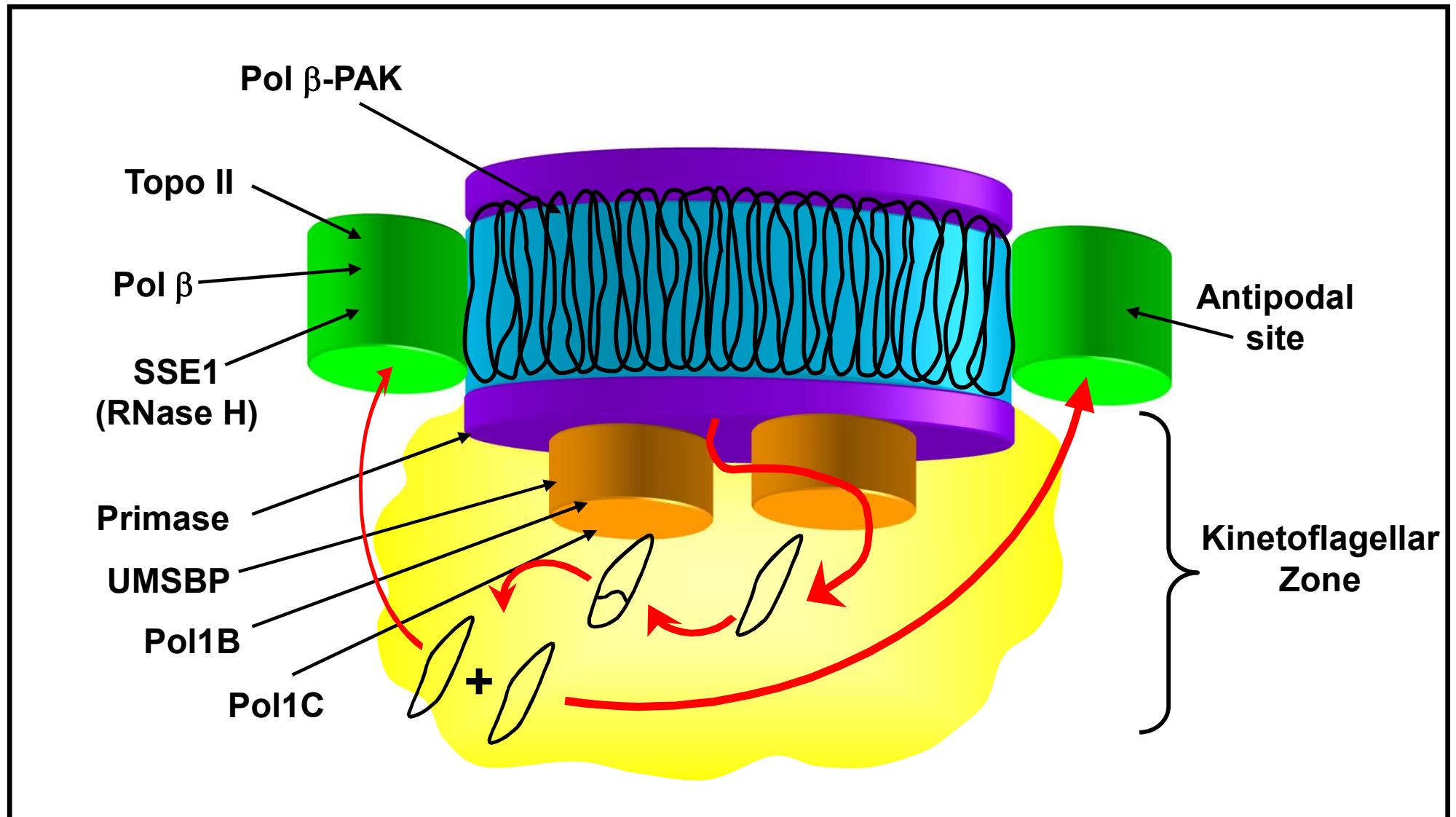
# *T. brucei* ATPase 6 mRNA

edited

```

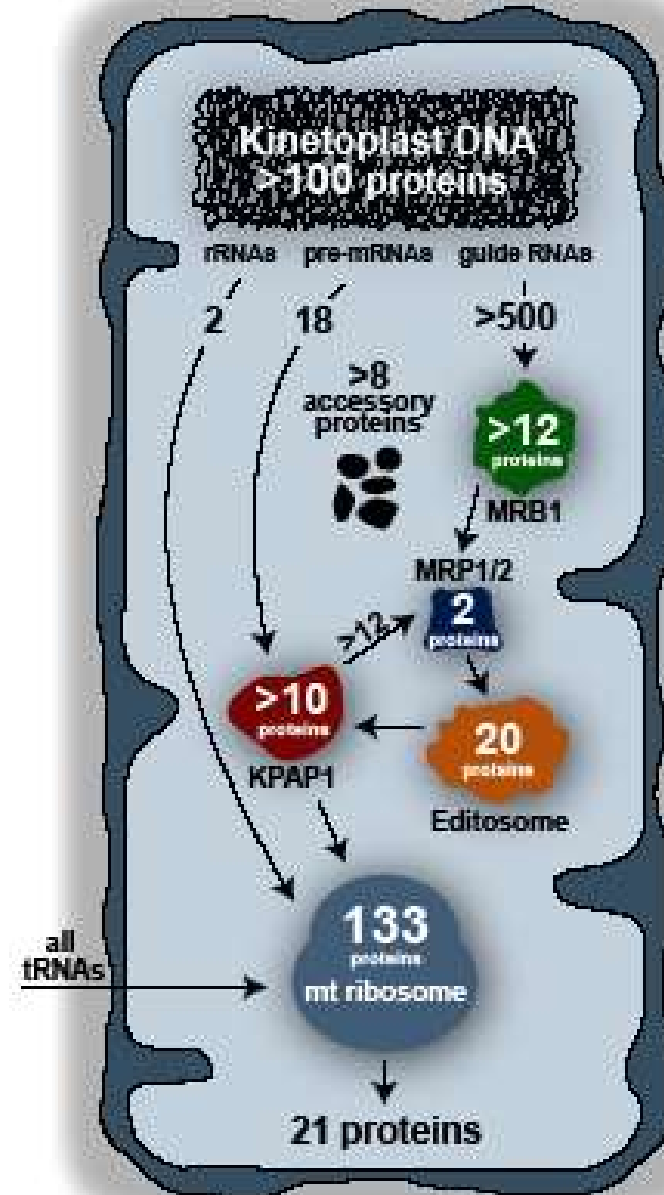
                                     M F L F F F C D
L F W L R L L L C M Y Y C V W S R L C F
  I V Y F N C L M L I F D F L L F C L F
  D L Y L F V G L C      L F L L L W F M L
  F N L Y S L I L Y Y   C I T Y L      N L Y
  L L F C I V F L L Y I A F L F L F C F
  L C D F F L F N N L L V G D      S F M D
  V F F I      R F L L C F L E C F S L L C R
  C L S T F L R L F C N L L S S H F L L
  L M F F D F F Y F I F V F F F W C F L
  L L I Y F I Y F C V L F L F I I L C V F
  I F V G F I C      R H I T      V I Y F L ter
```

# Model replikace kinetoplastové DNA



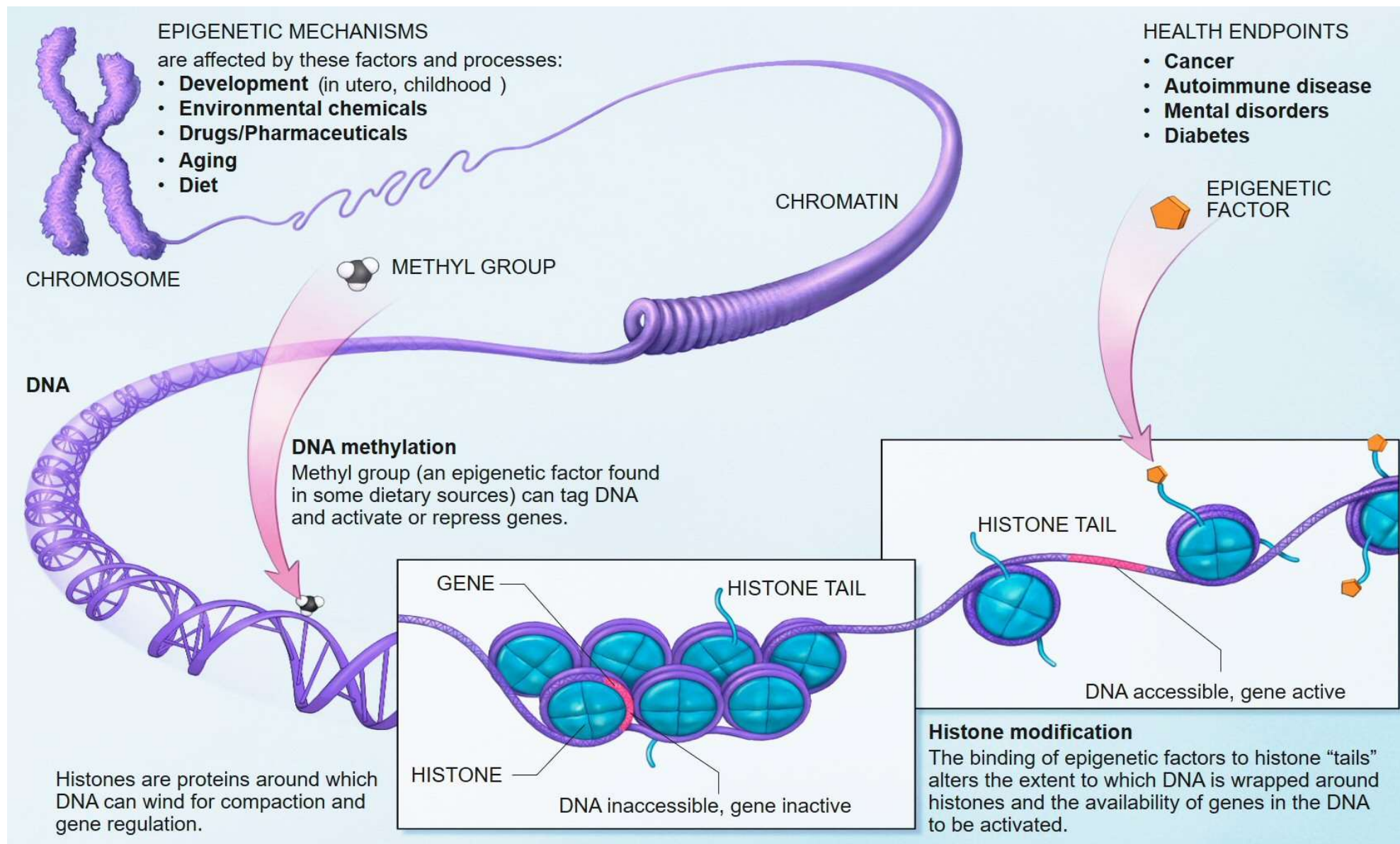
# Zjednodušený pohled na mitochondriální transkripci, editování a procesování RNA u *Trypanosoma brucei*

Nejméně 300 proteinů je třeba pro produkci pouhých 21 proteinů v procyklickém stádiu *T. brucei* a pouze jediného proteinu v krevním (bloodstream) stádiu.



# Negenetická dědičnost

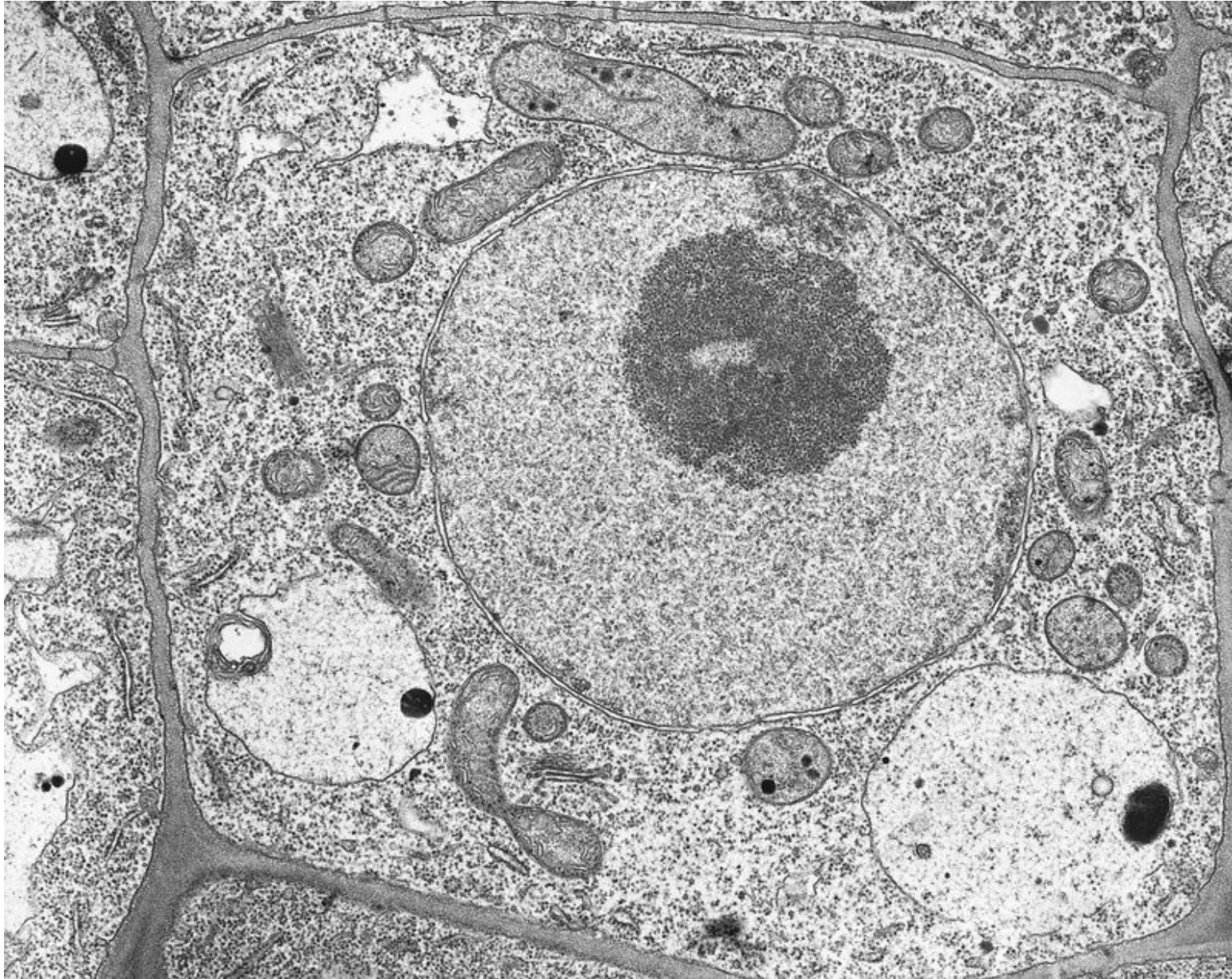
Epigenetické faktory: acetylace histonů, metylace DNA, genomický imprinting





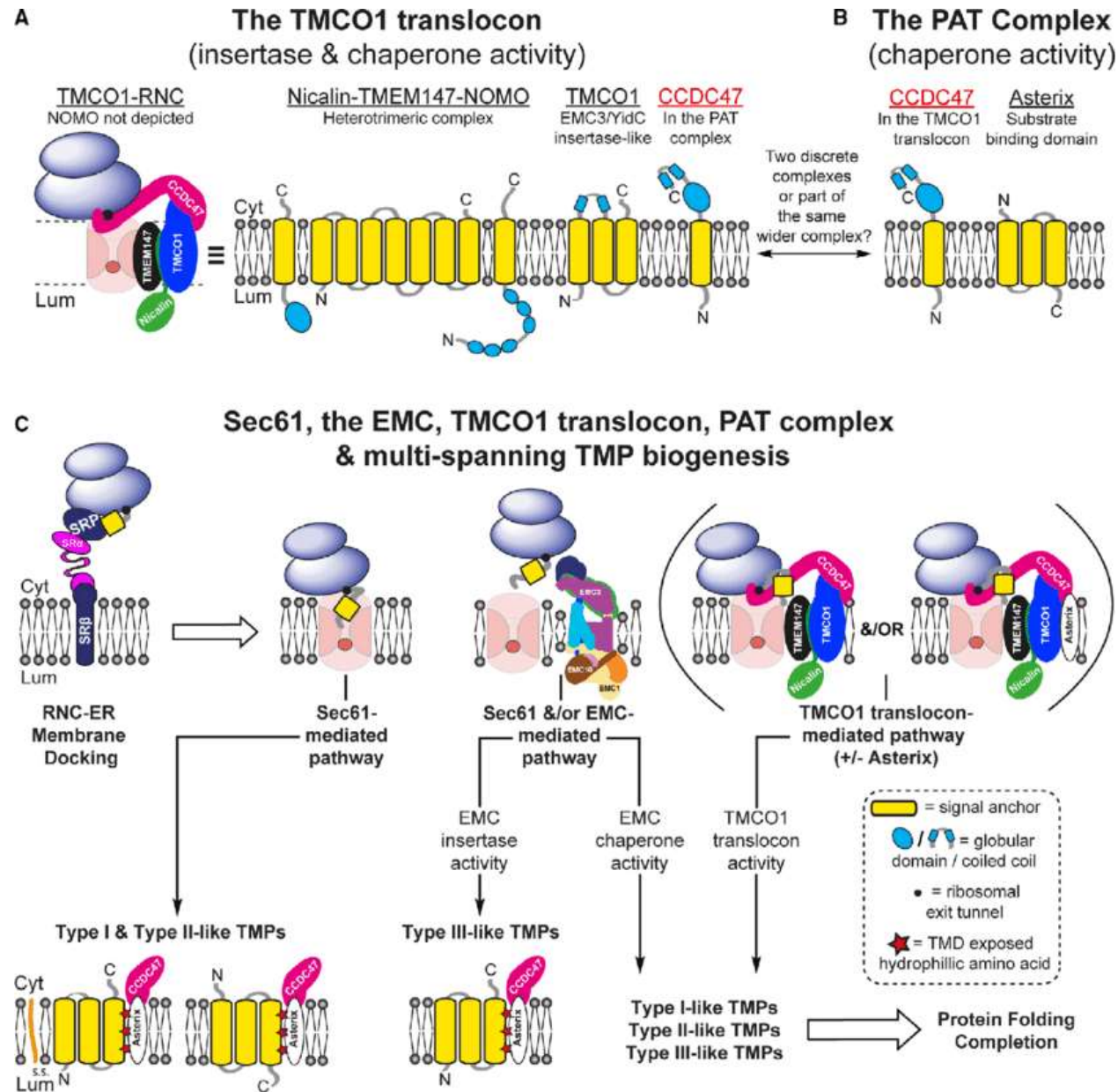
# Negenetická dědičnost

Cytoplasma



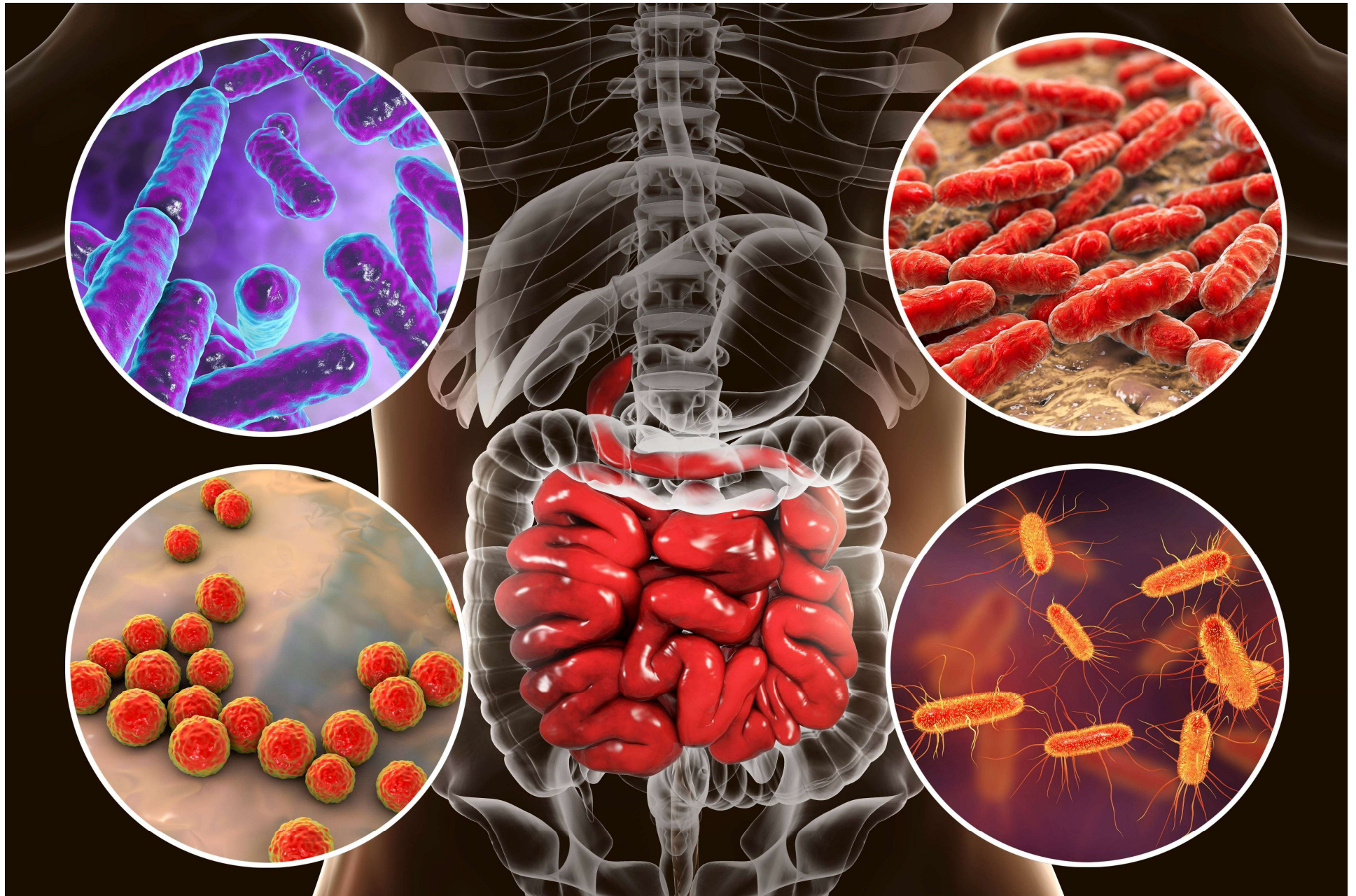
# Negenetická dědičnost

Membrány (fosfolipidy, glykolipidy, steroly, proteiny)



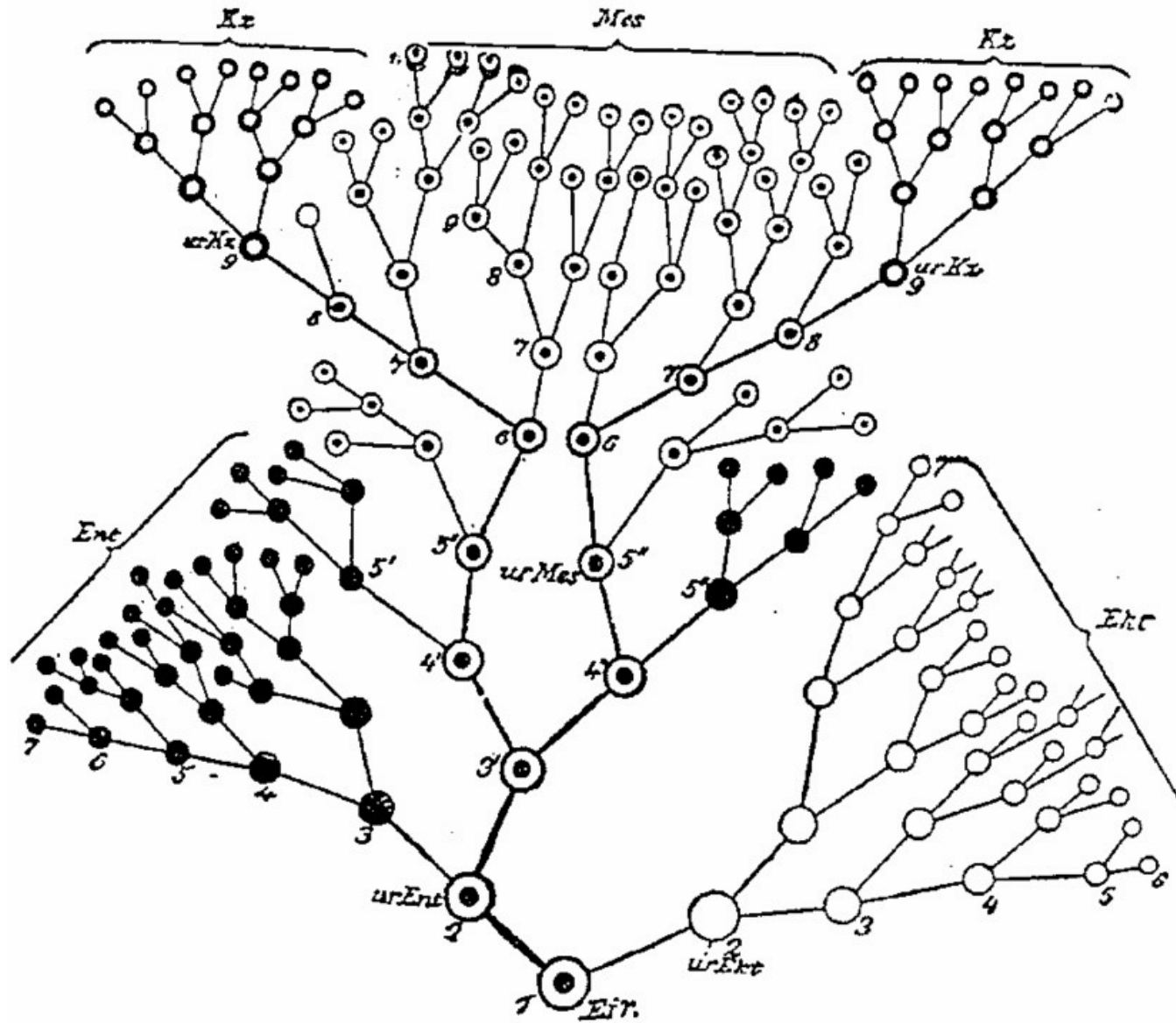
# Negenetická dědičnost

Mikrobiom

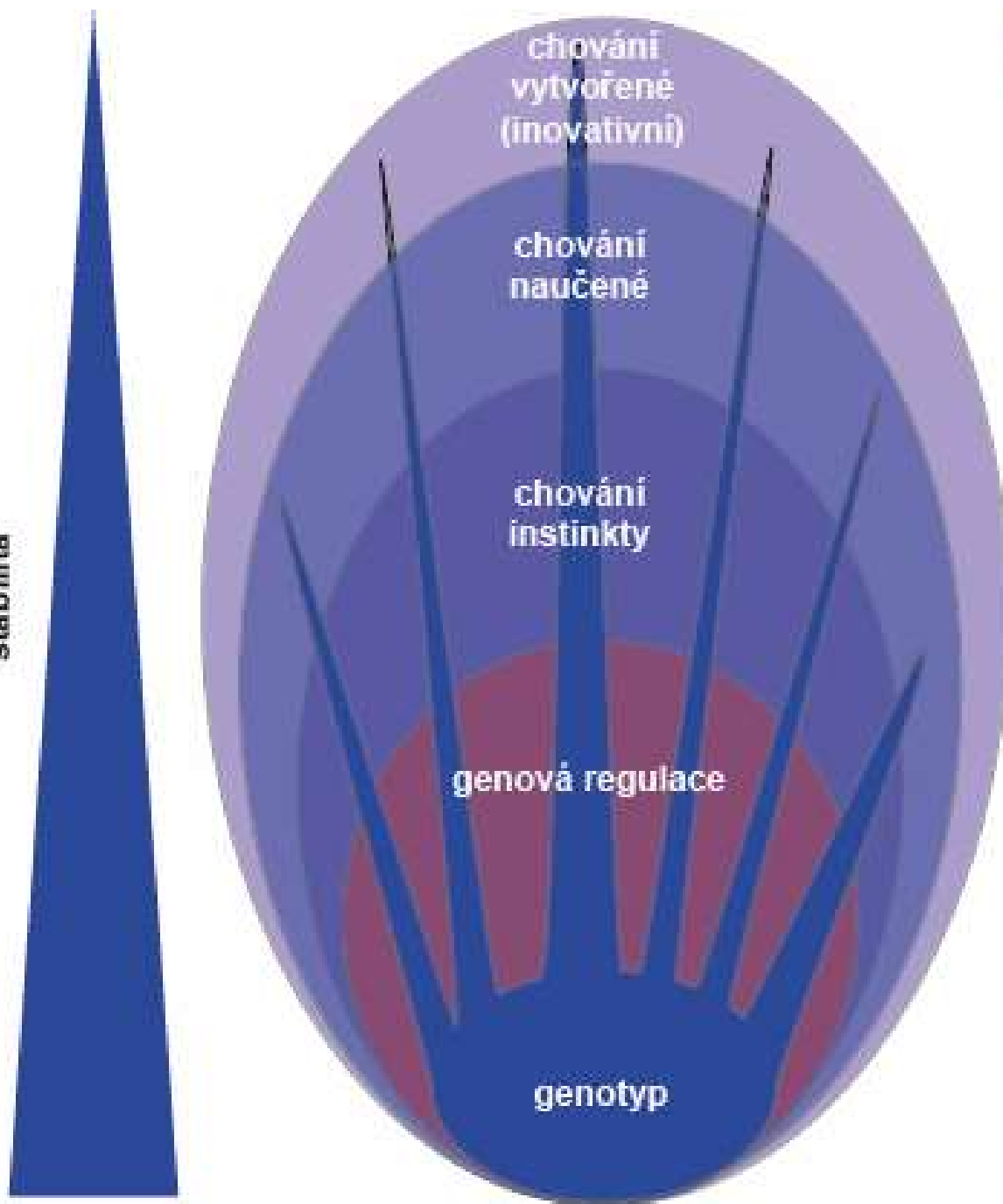


# Negenetická dědičnost

Kontinuita života



stabilita



chování  
vytvořené  
(inovativní)

chování  
naučené

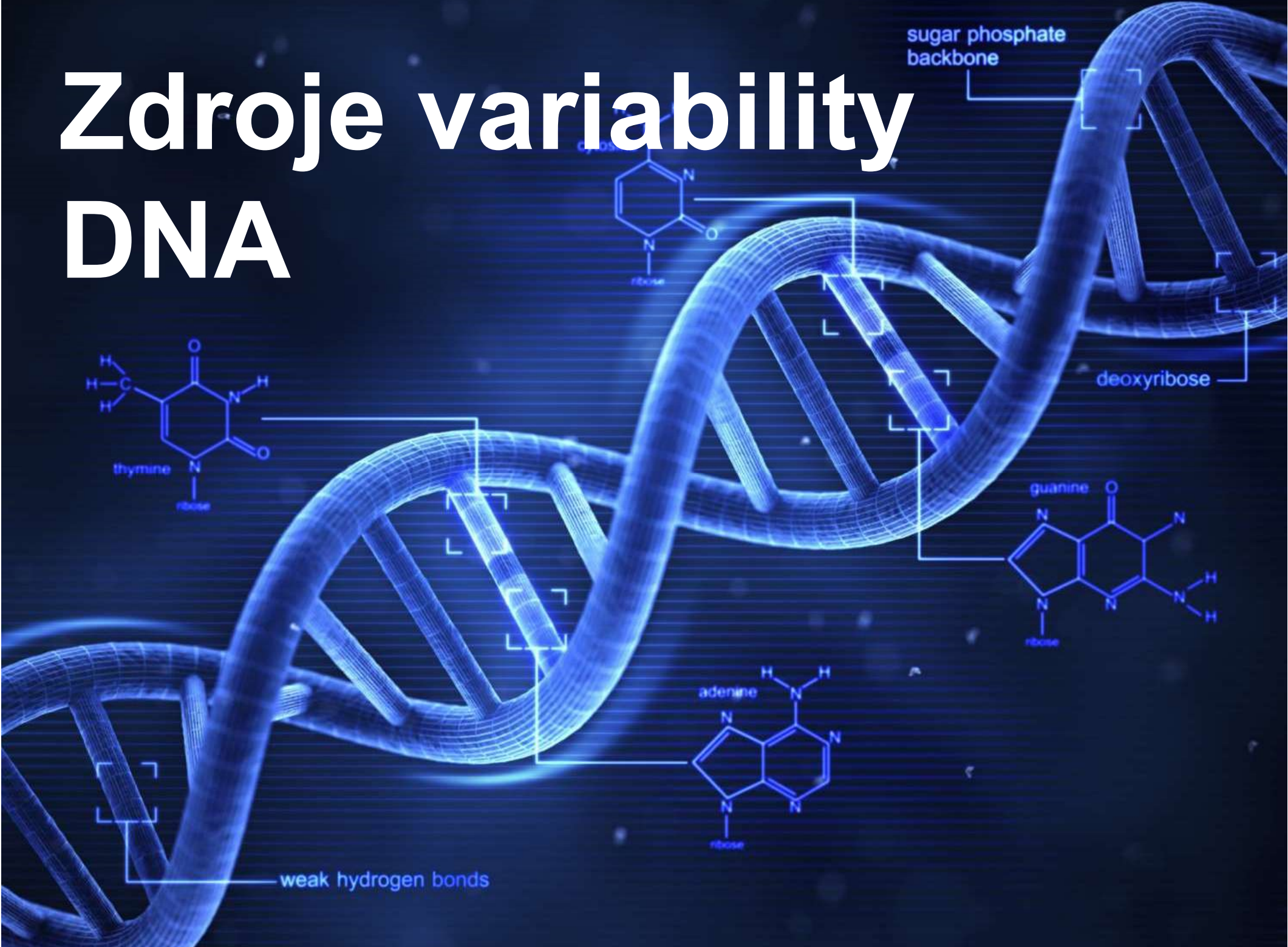
chování  
instinkty

genová regulace

genotyp

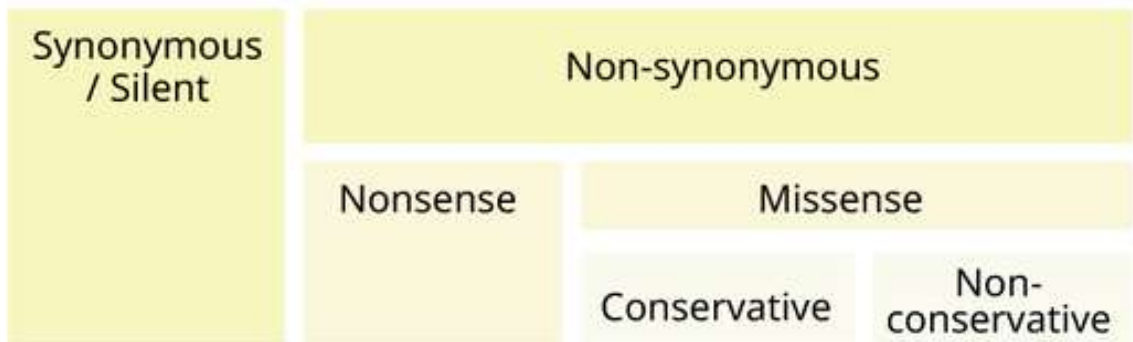
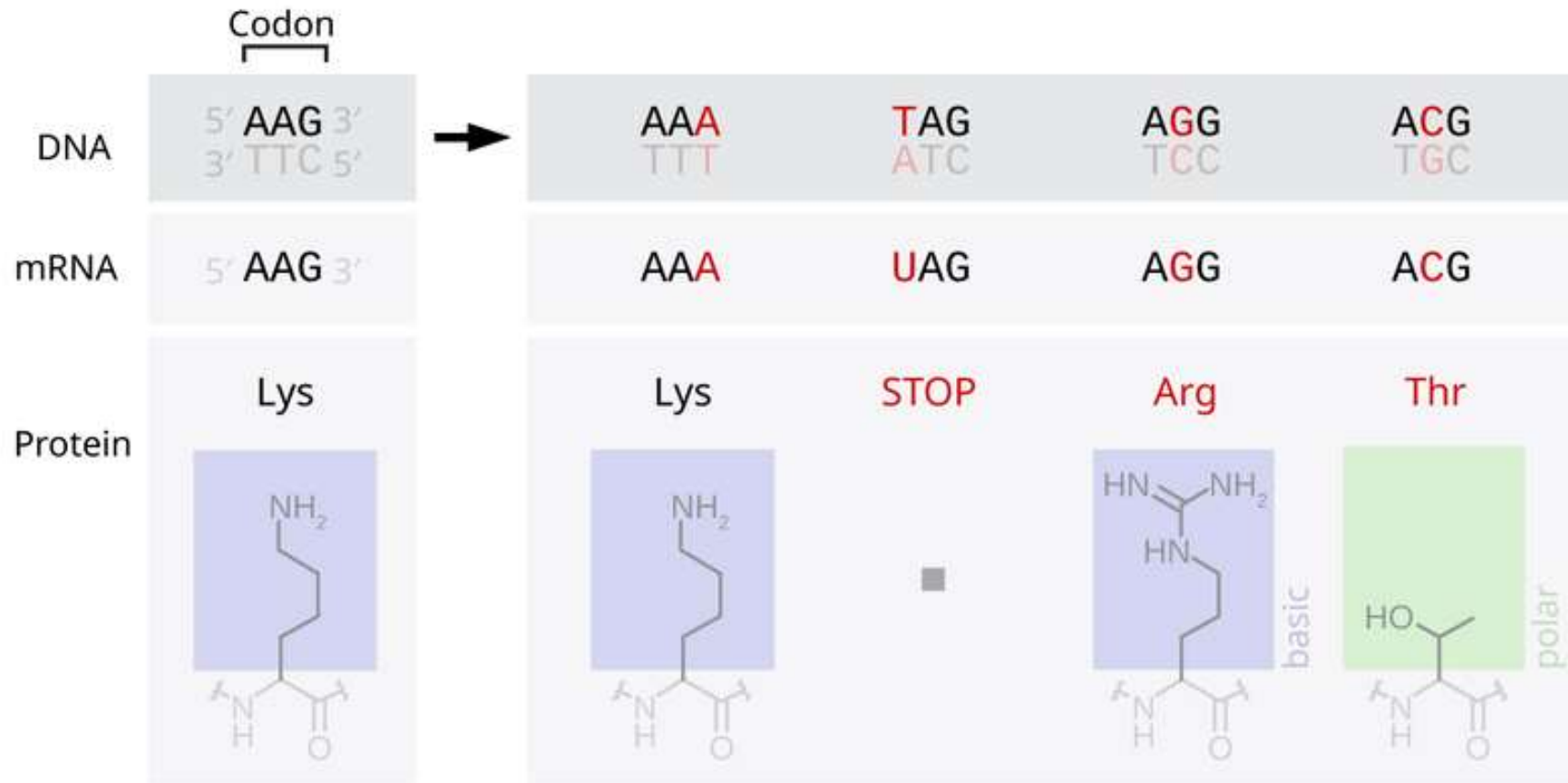
přizpůsobivost

# Zdroje variability DNA



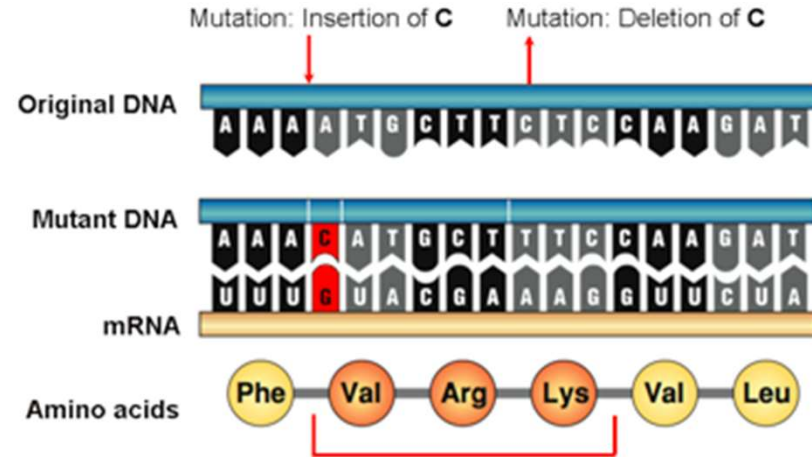
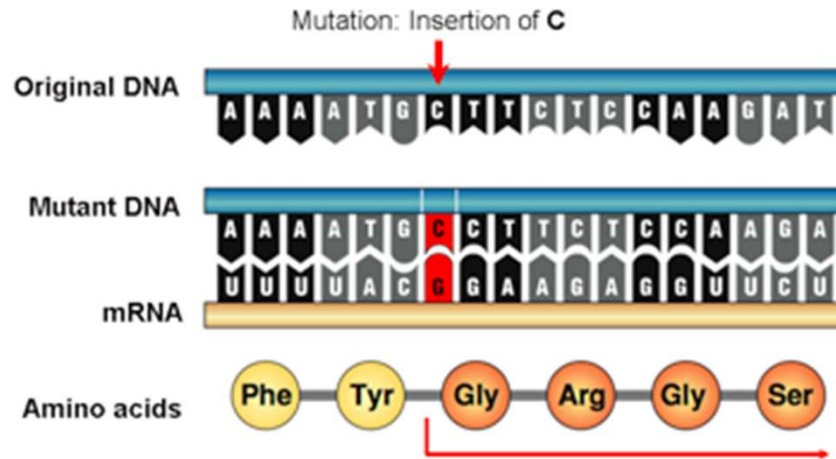
# Mutace - spontánní

bodové mutace (substituce)

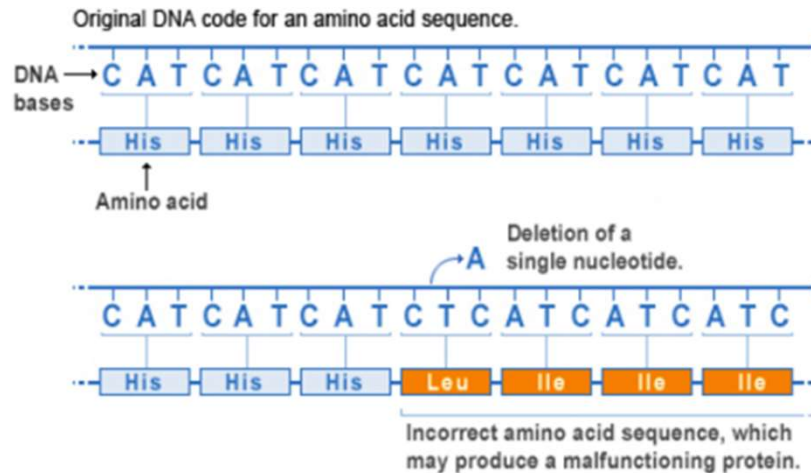


# Mutace - spontánní

Inserce a delece



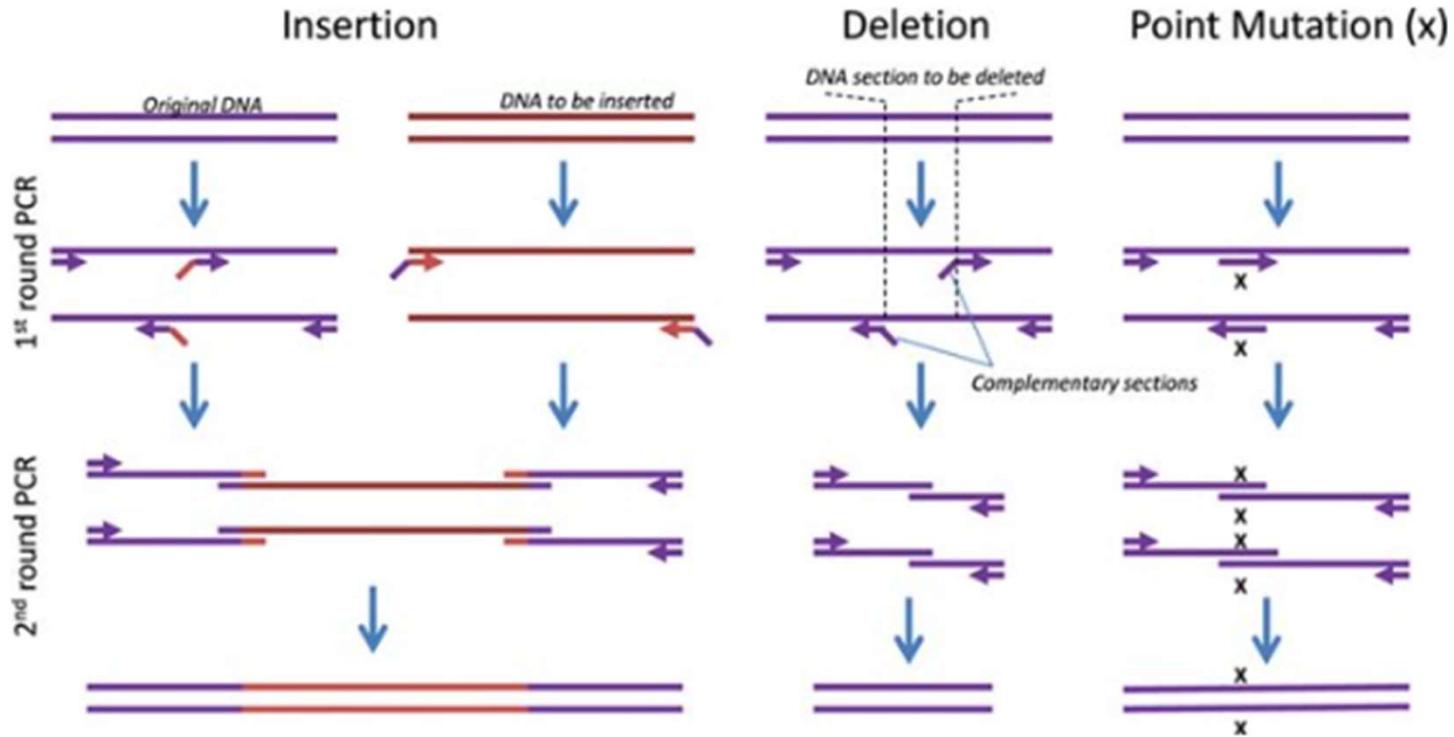
## Deletion mutation





# Mutace - spontánní

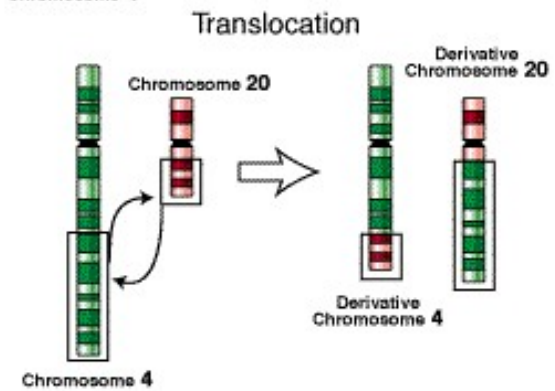
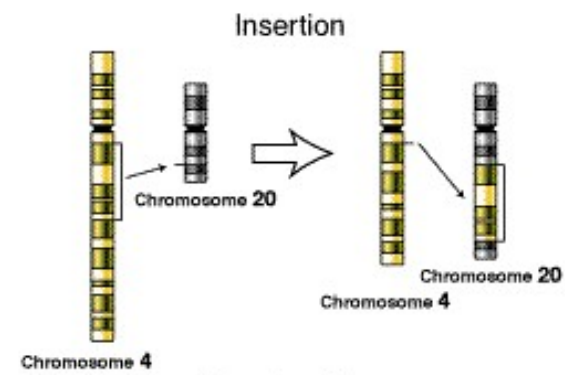
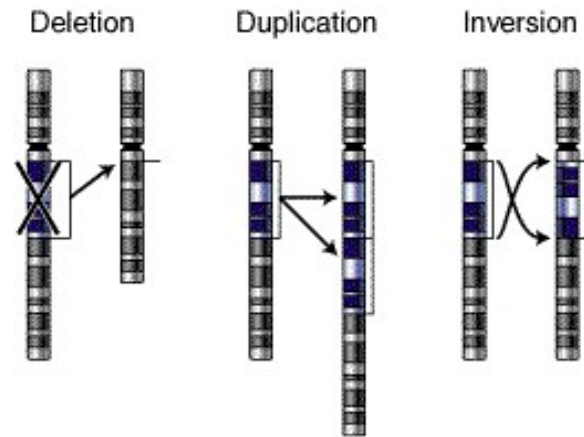
Inserce a delece



Genomové mutace – aneuploidie, polyploidie

# Chromosomální mutace

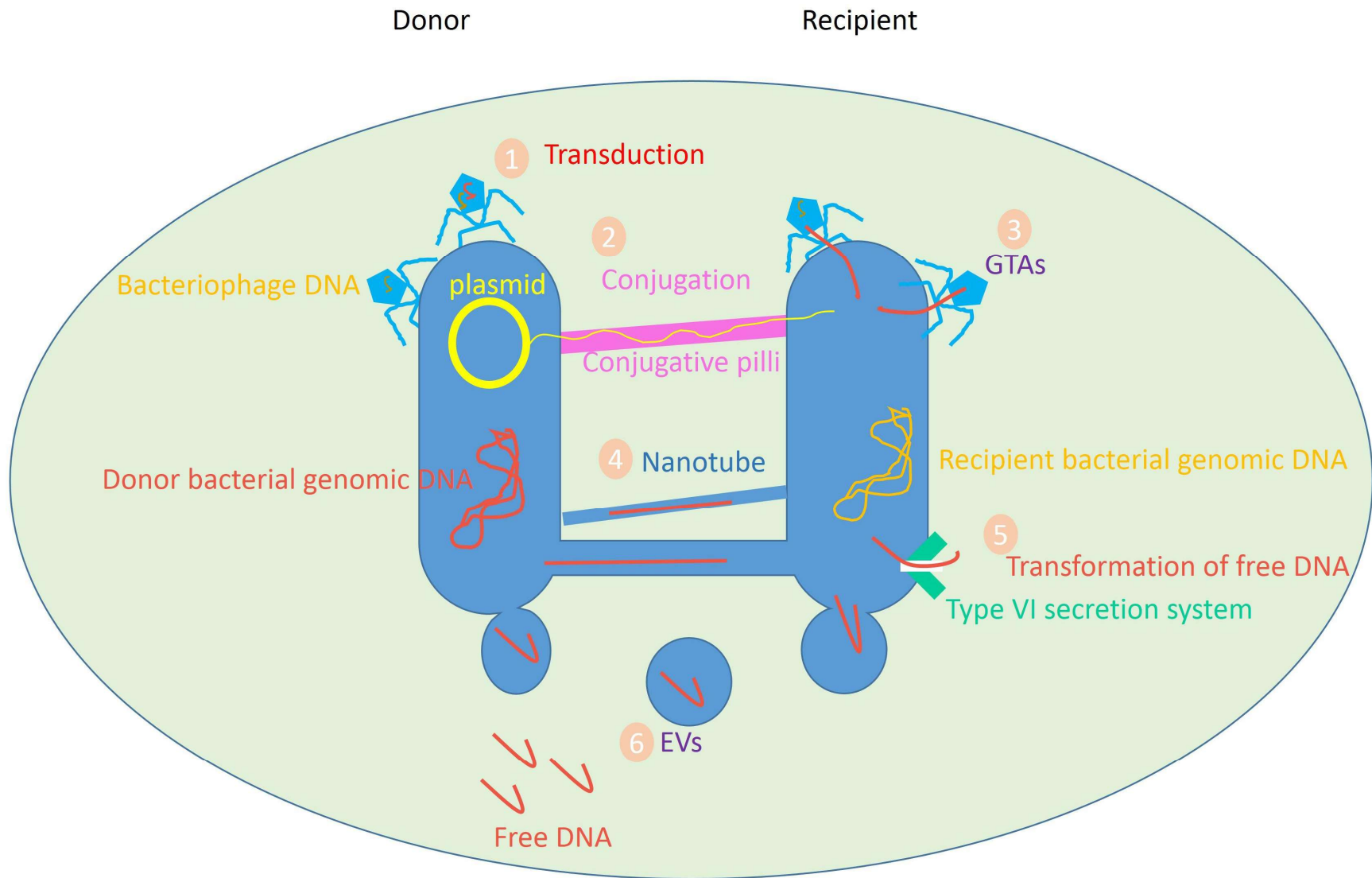
## Types of mutation



# Mutace vyvolané mutageny

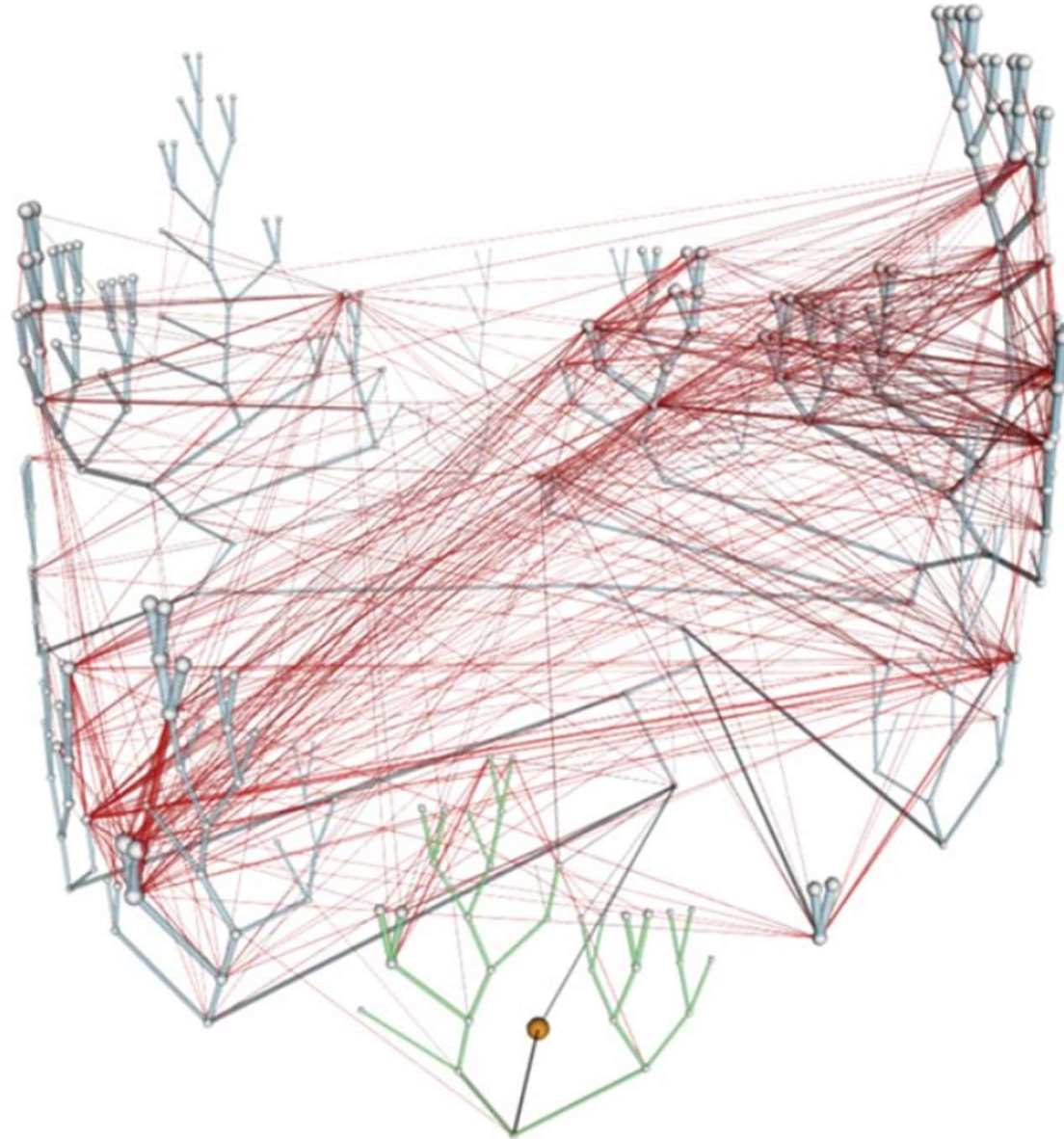
- **Fyzikální** (ionizující záření – RTG, UV, gamma)
- **Chemické** (mutageny – kyslíkové radikály, dioxiny, kolchicin, ethidium-bromid atd.)
- **Biologické** (onkogenní viry – adenoviry, herpes viry, virus Epstein-Barrové, Rousův sarkomální virus a Rauscherův virus leukémie)

# Horizontální genový transfer - bakterie



# Horizontální genový transfer - bakterie

Fylogenetická síť



# Genové inženýrství



CHRIS MADDEN.

# Metody genového inženýrství

Většinou využívá přirozené mechanismy k přenosu nebo úpravě genů v cílovém organismu:

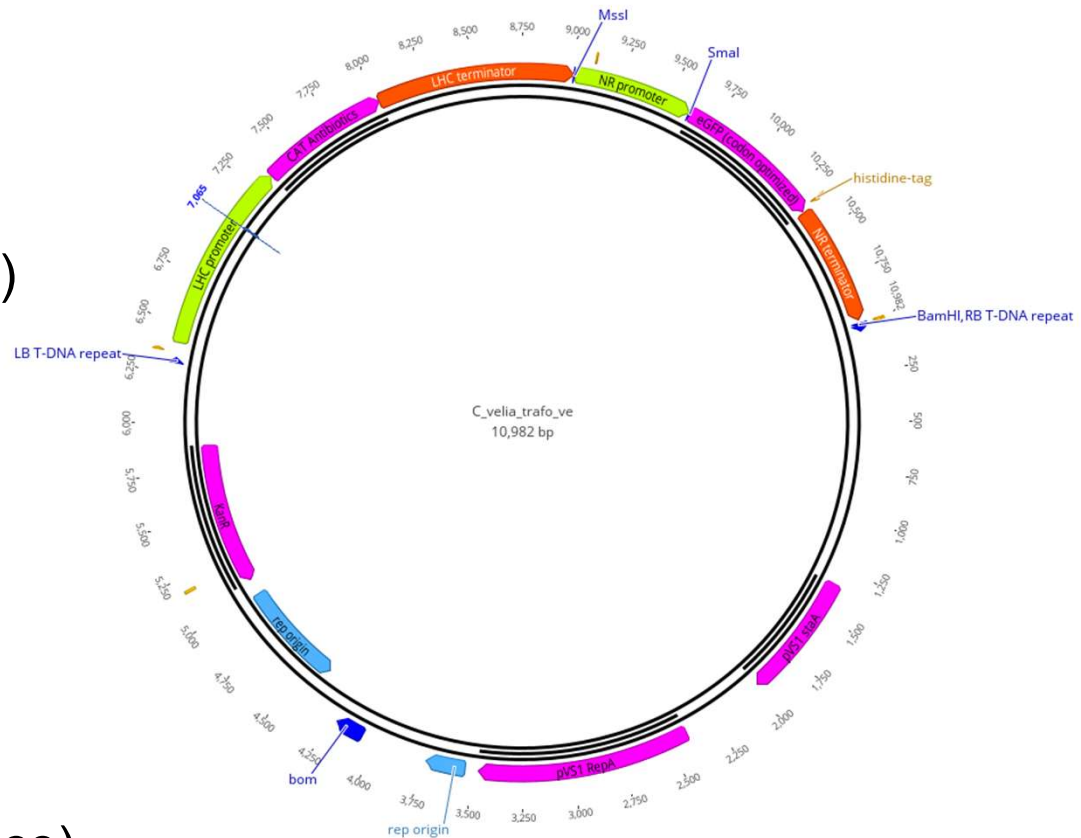
**vektor** – většinou DNA plazmid nesoucí cílovou genetickou informaci

## Jak dostat vektor do buňky:

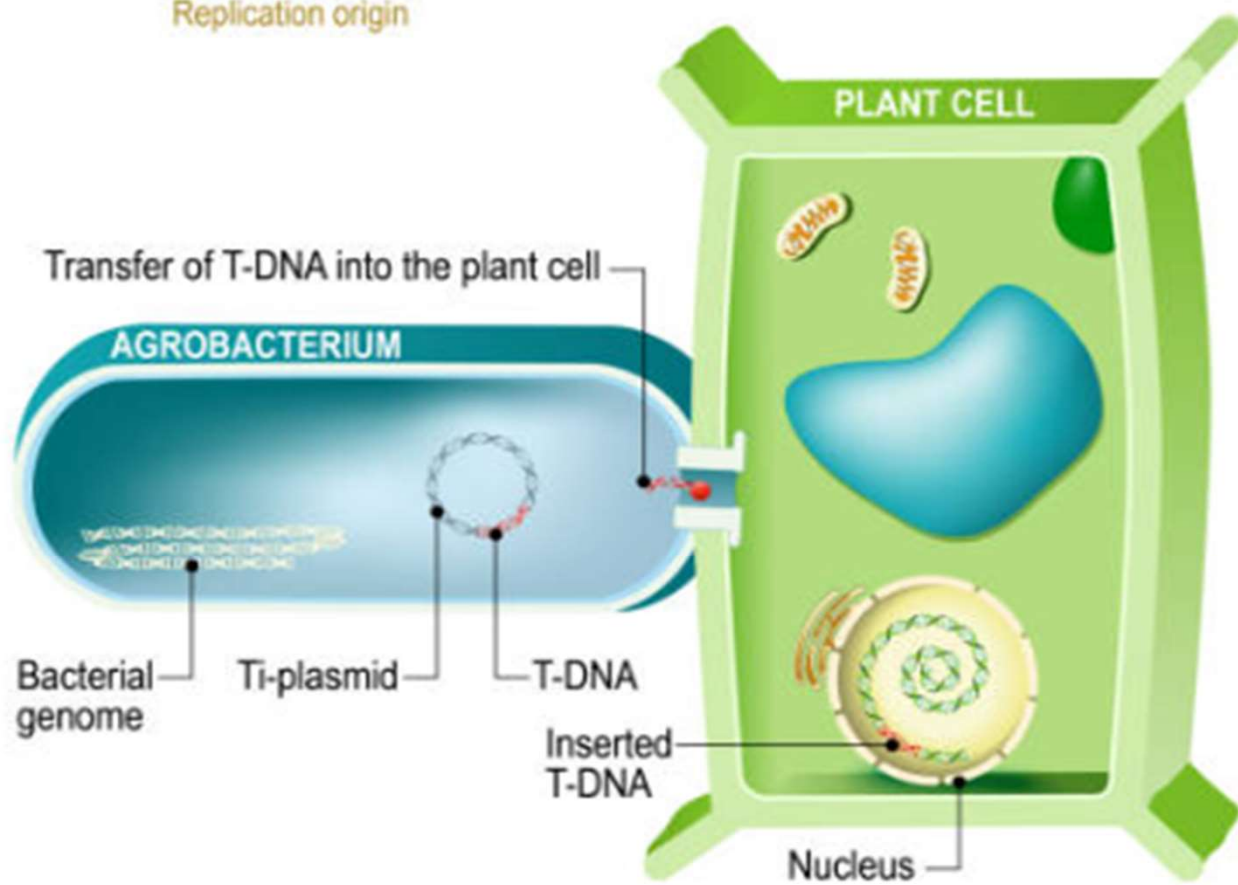
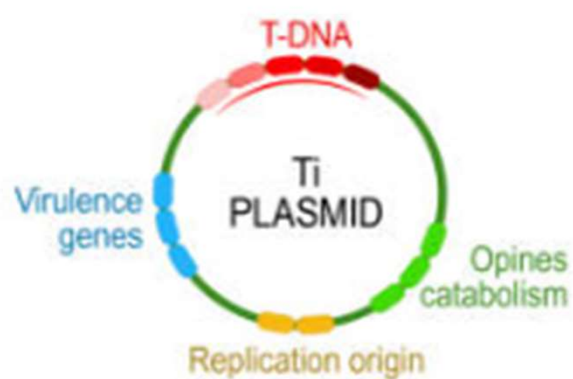
- Klonovací plazmidy (teplotní šok)
- *Agrobacterium tumefaciens*

mediated transformation

- Virová „infekce“
- Elektroporace
- Mikroinjekce
- Gene gun (biolistická transformace)
- Cílový organismus vektor sní (*C. elegans* + bakterie s RNAi vektorem)



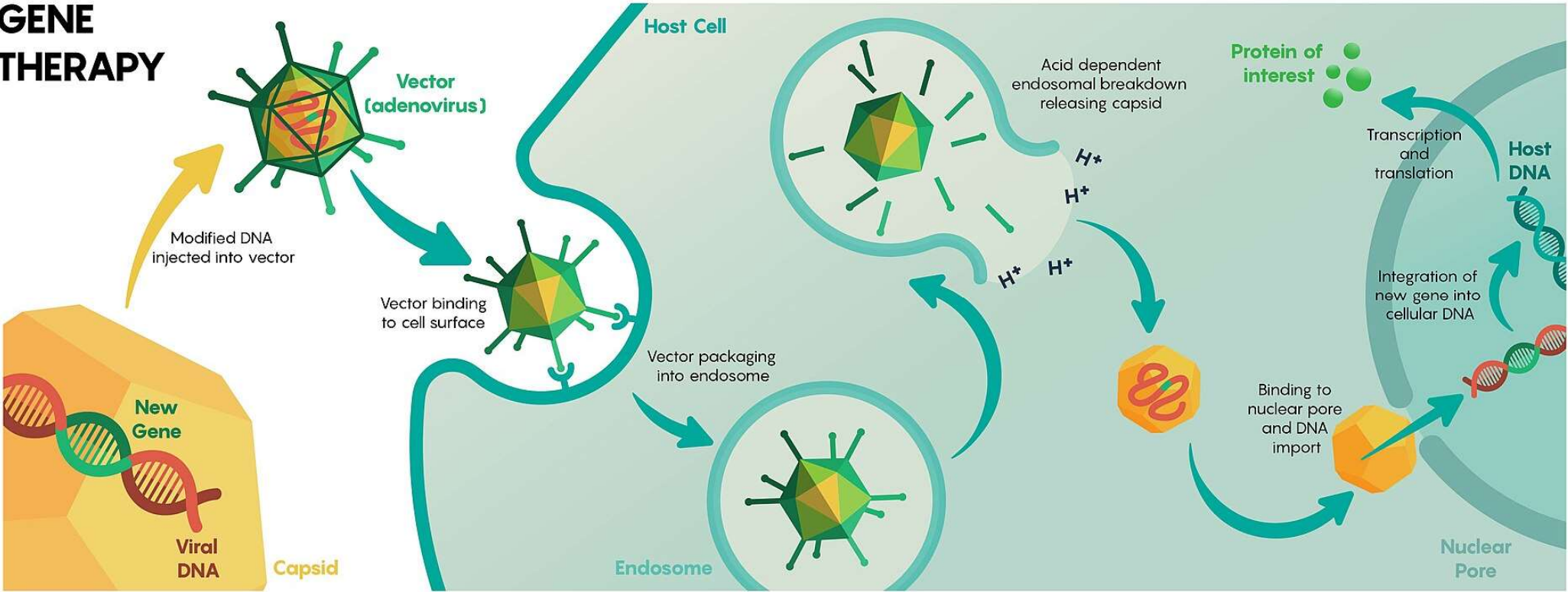
# Agrobacterium



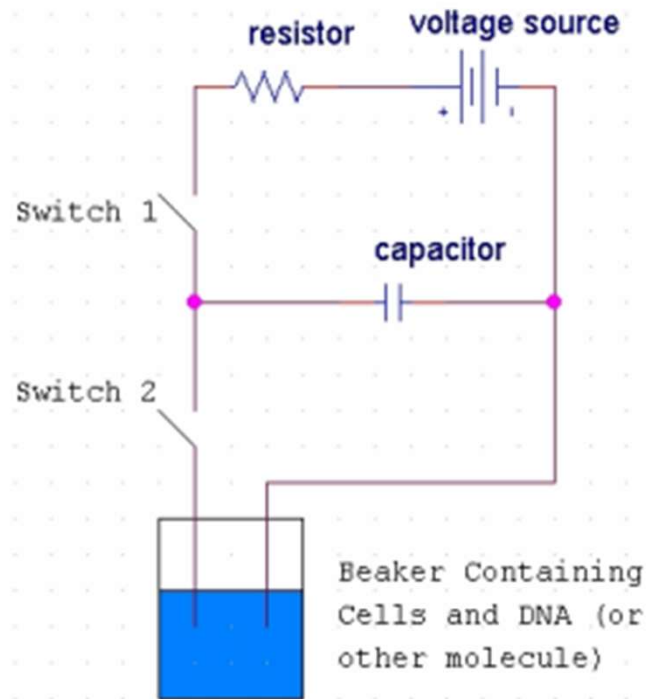


# Virální vektory

## GENE THERAPY



# Elektroporace

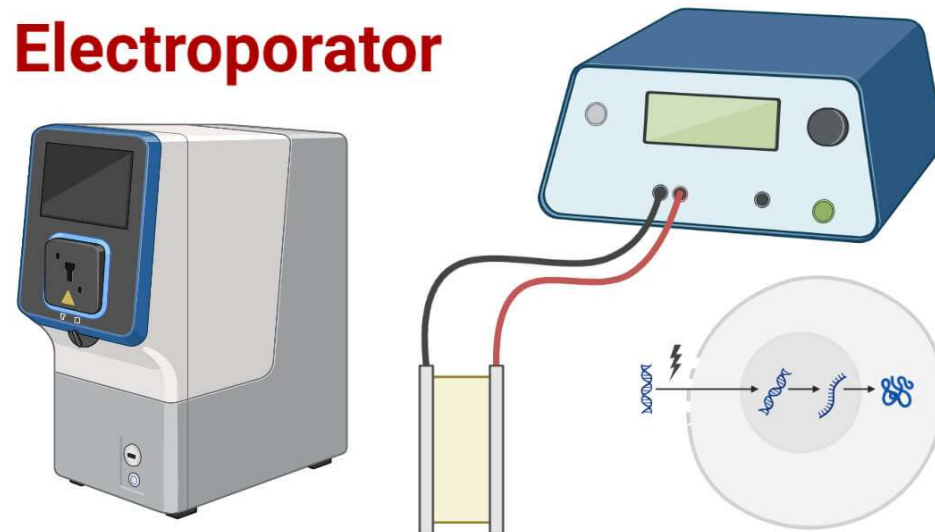


Obr. 41. Schéma elektroporátoru:

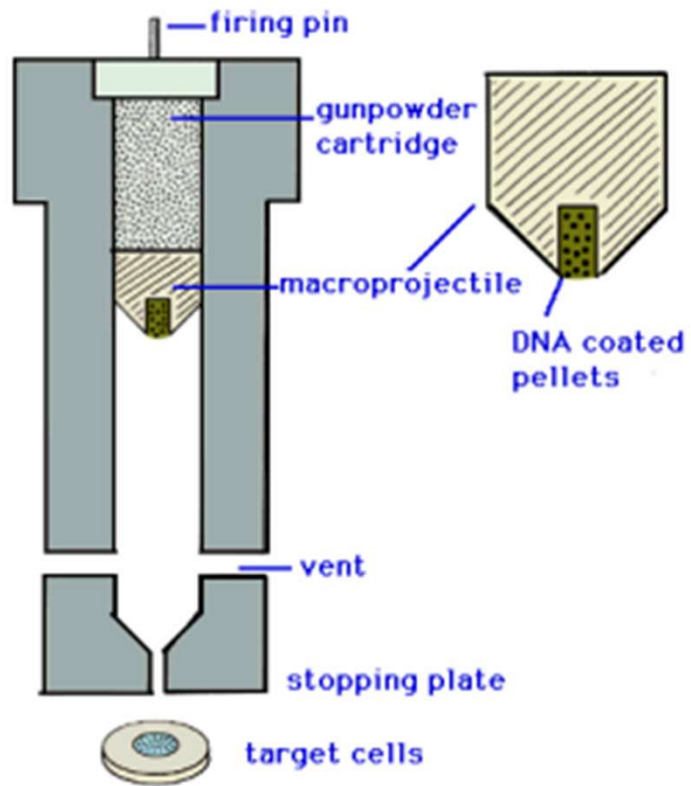
Po zapojení prvního spínače (1) dojde k nabití kondenzátoru, který se po zapojení spínače (2) vybije a generuje pulz vysokého napětí. Jeho hodnota se pohybuje mezi 10000-100000V/cm a trvá řádově mikrosekundy až milisekundy. Tento pulz naruší buněčnou membránu, vyvolá vznik pórů a změnu membránového potenciálu o hodnotu 0,5–1V, což umožní vnesení DNA ze suspenze do buňky na podobném principu, na jakém je založena elektroforéza.

→ <http://opbs.okstate.edu/%7Emelcher/MG/MGW4/MG431.html>.

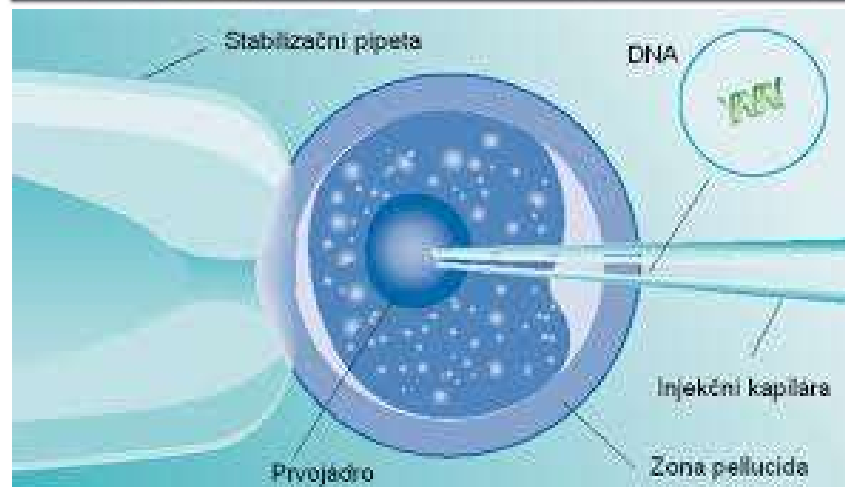
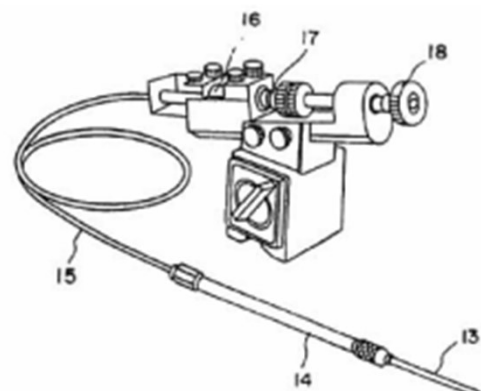
## Electroporator



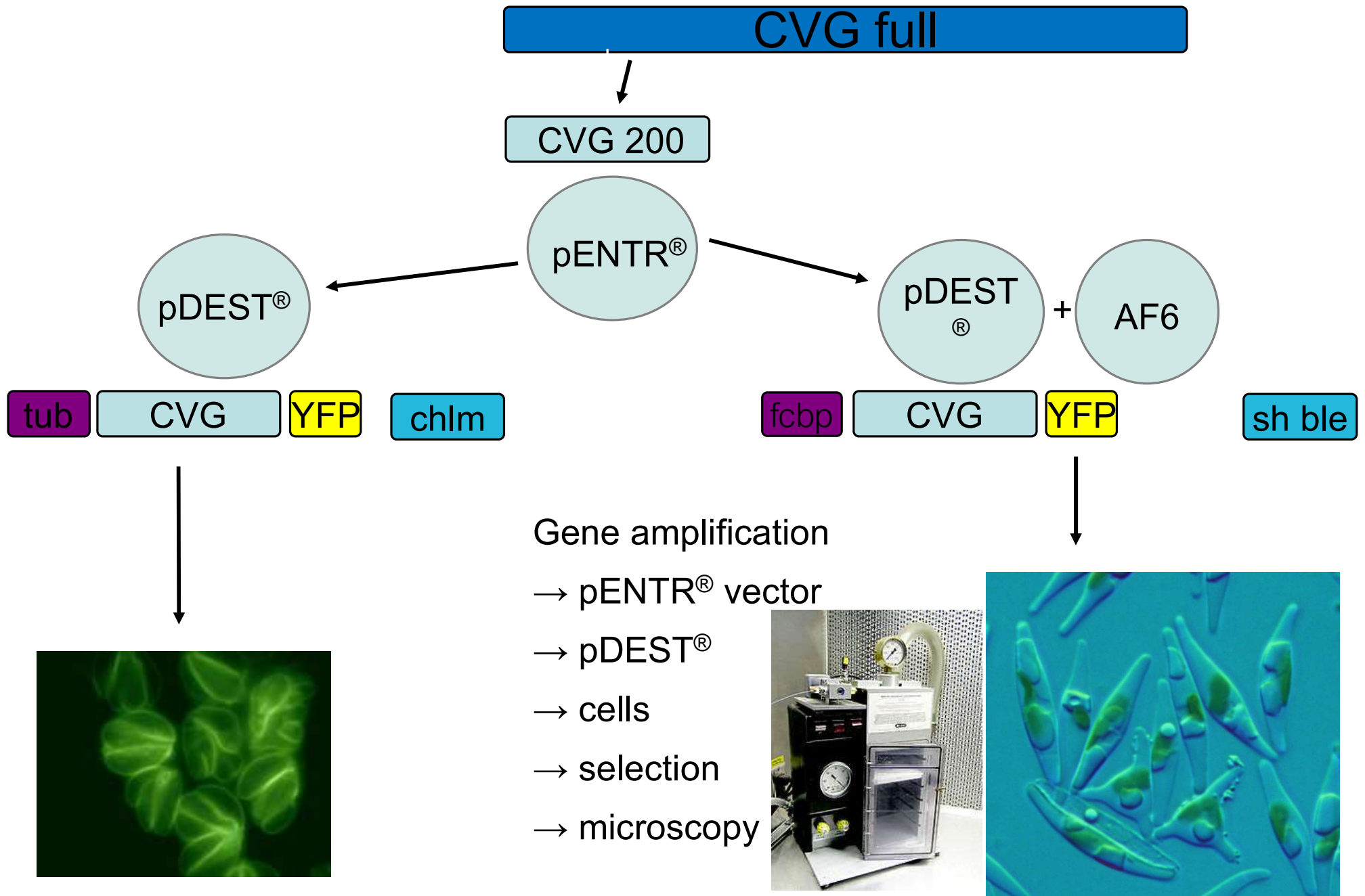
# Gene gun (biolistická transformace)

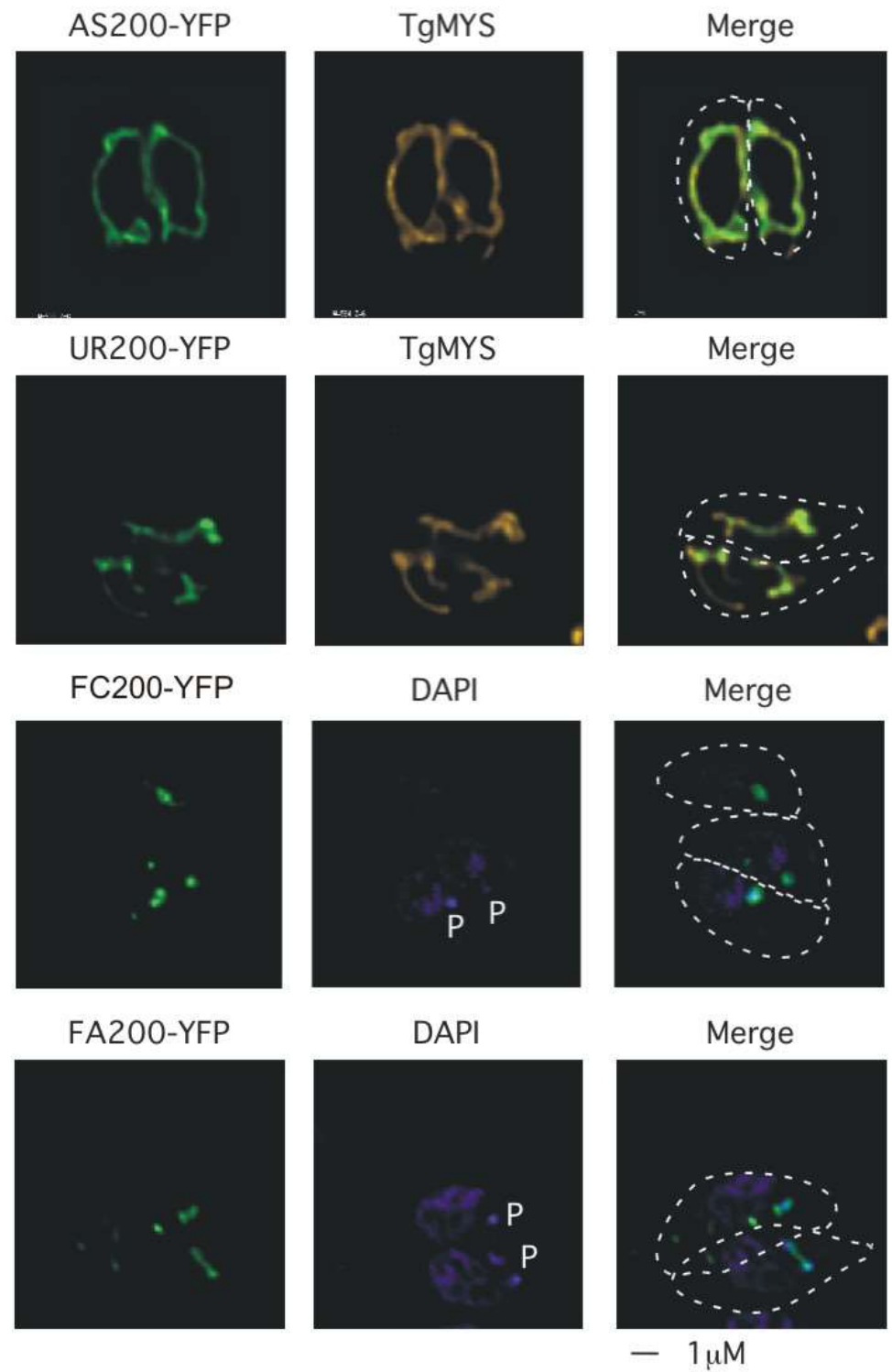
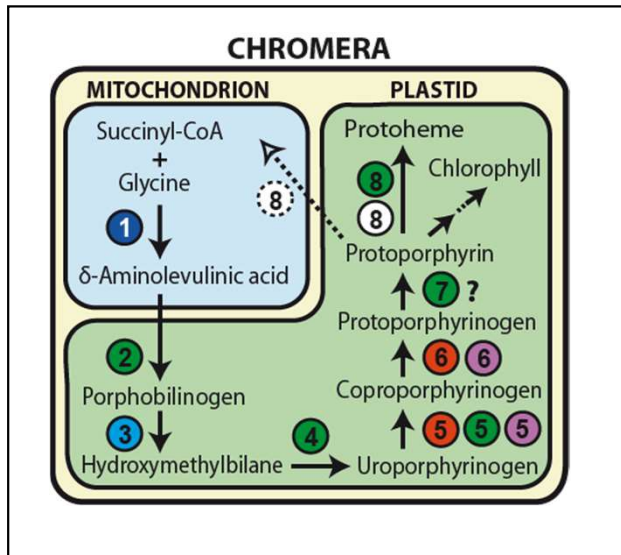


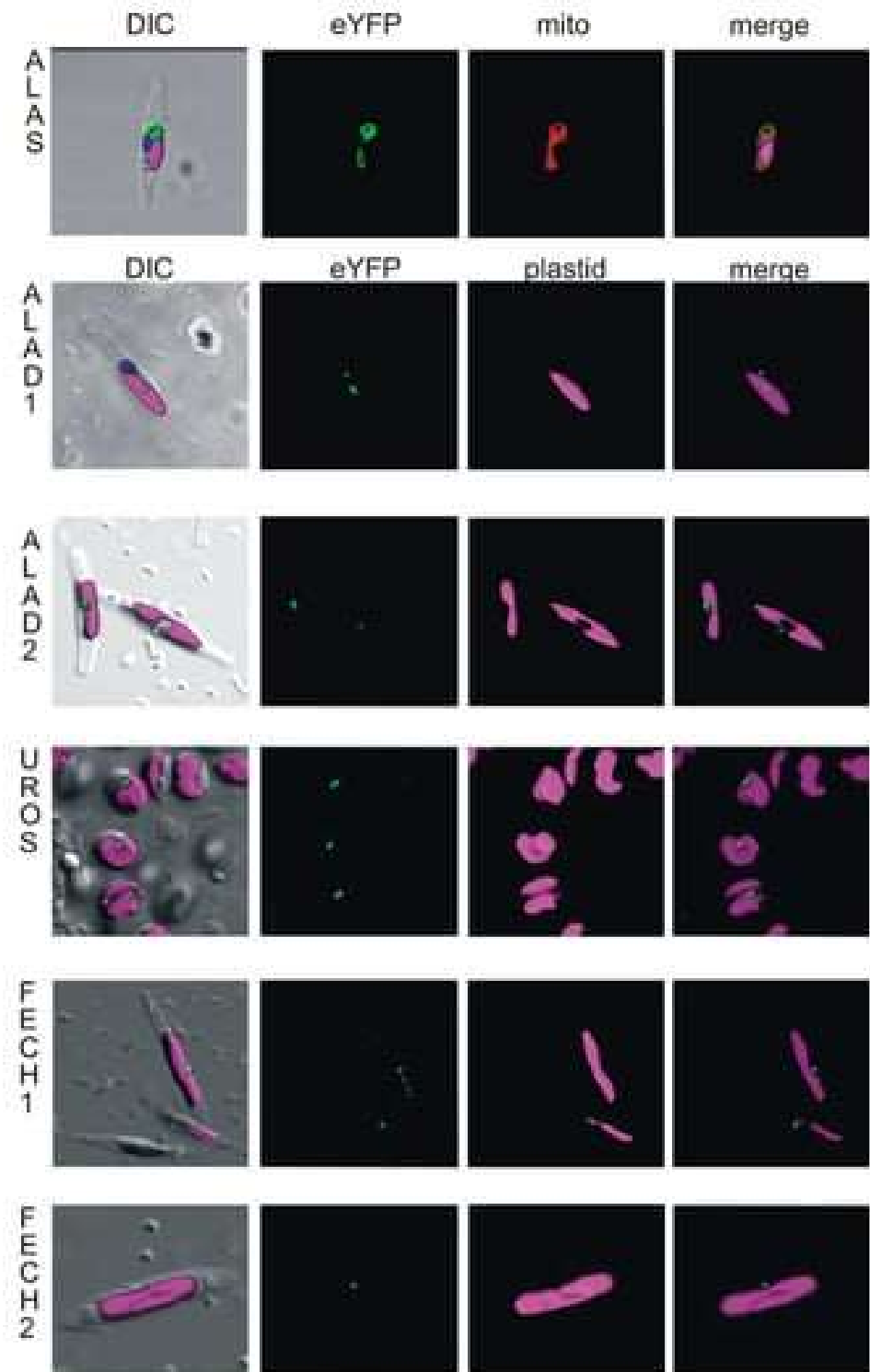
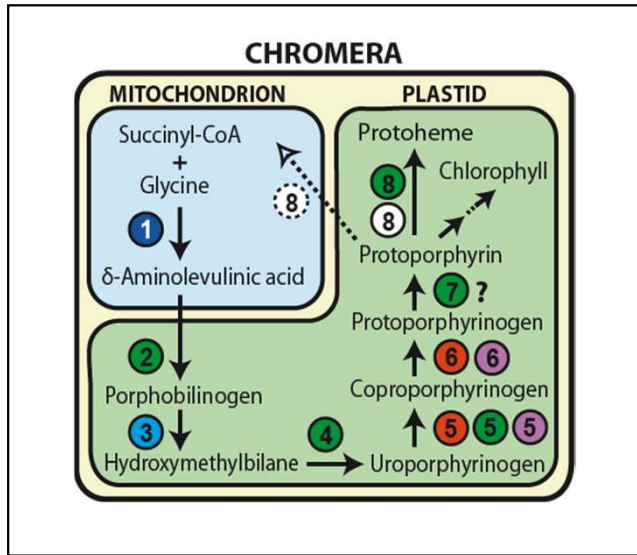
# Mikroinjekce



# Xenotransfekte *Toxoplasma gondii* a *Phaeodactylum tricornutum*



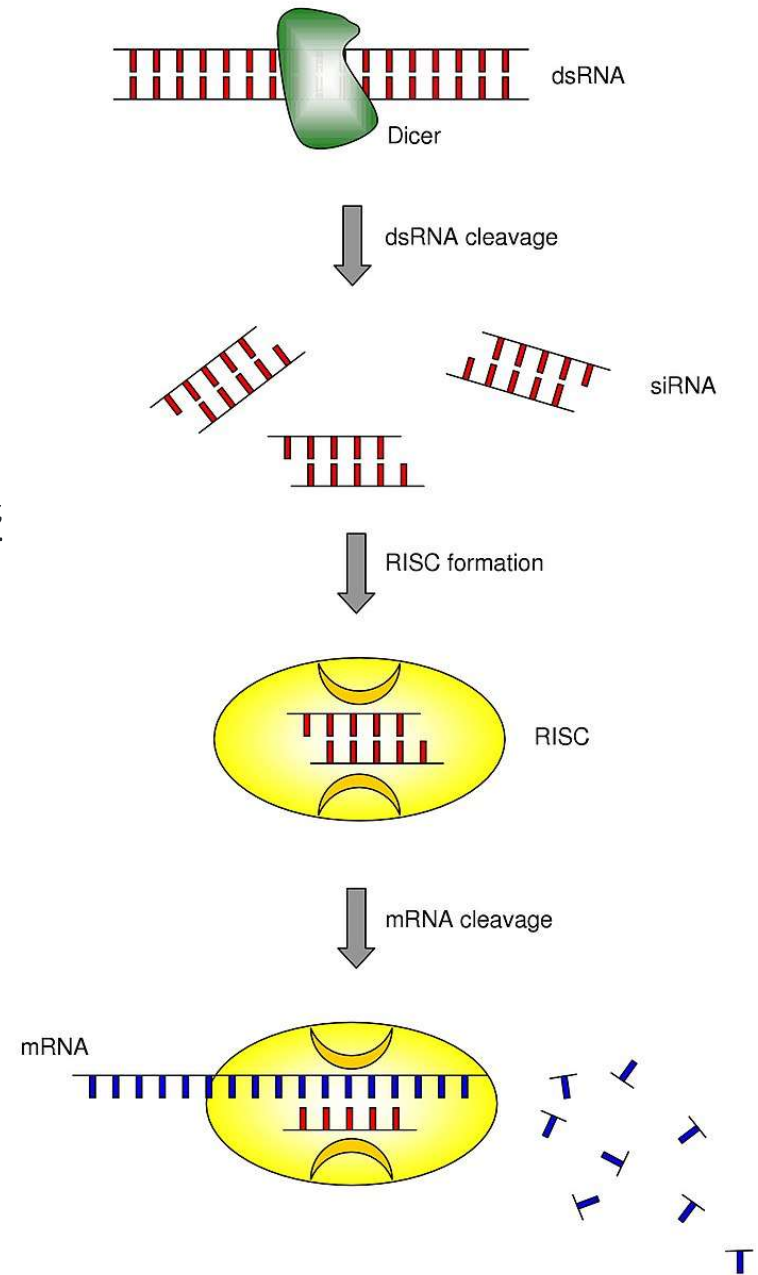




# RNA interference

## Post-transcripční gene silencing

1. Vstup virové dsRNA / uměle vytvořené dsRNA do buňky
  2. dsRNA je rozštěpena specifickou endonukleasou DICER (kódována genem DICER1, z rodiny RNáz III.) na malé dvouřetězcové molekuly o sekvenci cca 21bp
  3. Molekula siRNA je rozvinuta do dvou vláken, z nichž jedno je degradováno
  4. Dochází k tvorbě RISC (RNA-induced silencing complex) komplexu = siRNA + protein Argonaut
  5. RISC se pomocí komplementarity řetězce siRNA naváže na molekulu mRNA, kterou díky své endonukleasové aktivitě rozštěpí a znemožní tak translaci
- miRNA jsou ss molekuly RNA, které jsou transkribovány v buňce. Díky jejich vlásenkovité struktuře, která připomíná dsRNA, může být DICERem rozpoznána a spolu s ním zapojena do RNA interference.



Sekvenčně specifická degradace mRNA – „knock-down“



**Craig C. Mello a Andrew Fire, Nobelova cena fyziologie a medicínu 2006**



## CRISPR-Cas9

Metoda editování genomu postavená na zjednodušeném bakteriálním obranném mechanismu proti virům. Kombinace nukleázy Cas9 s gRNA (guide, vodící RNA) umožňuje buď „vystříhnout“ část DNA nebo jí tam naopak vložit.

V roce 2020 obdržely autorky této metody **Jennifer Doudna** a **Emmanuelle Charpentier** Nobelovu cenu za chemii. Zásadní podíl na objevu má také Čech **Martin Jínek**, který dříve pracoval v týmu Jennifer Doudna v Berkeley



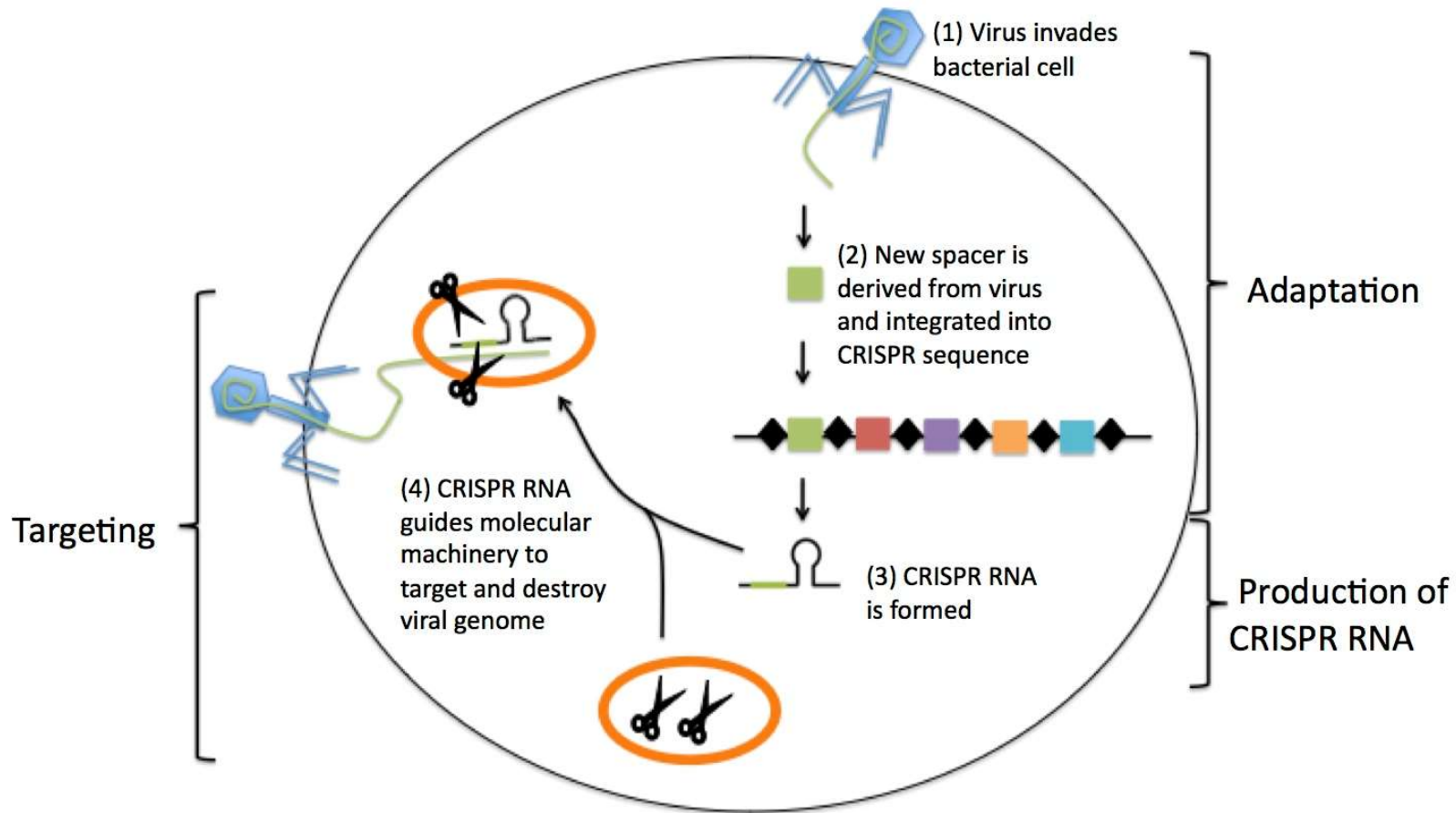
J. Doudna



E. Charpentier



M. Jínek

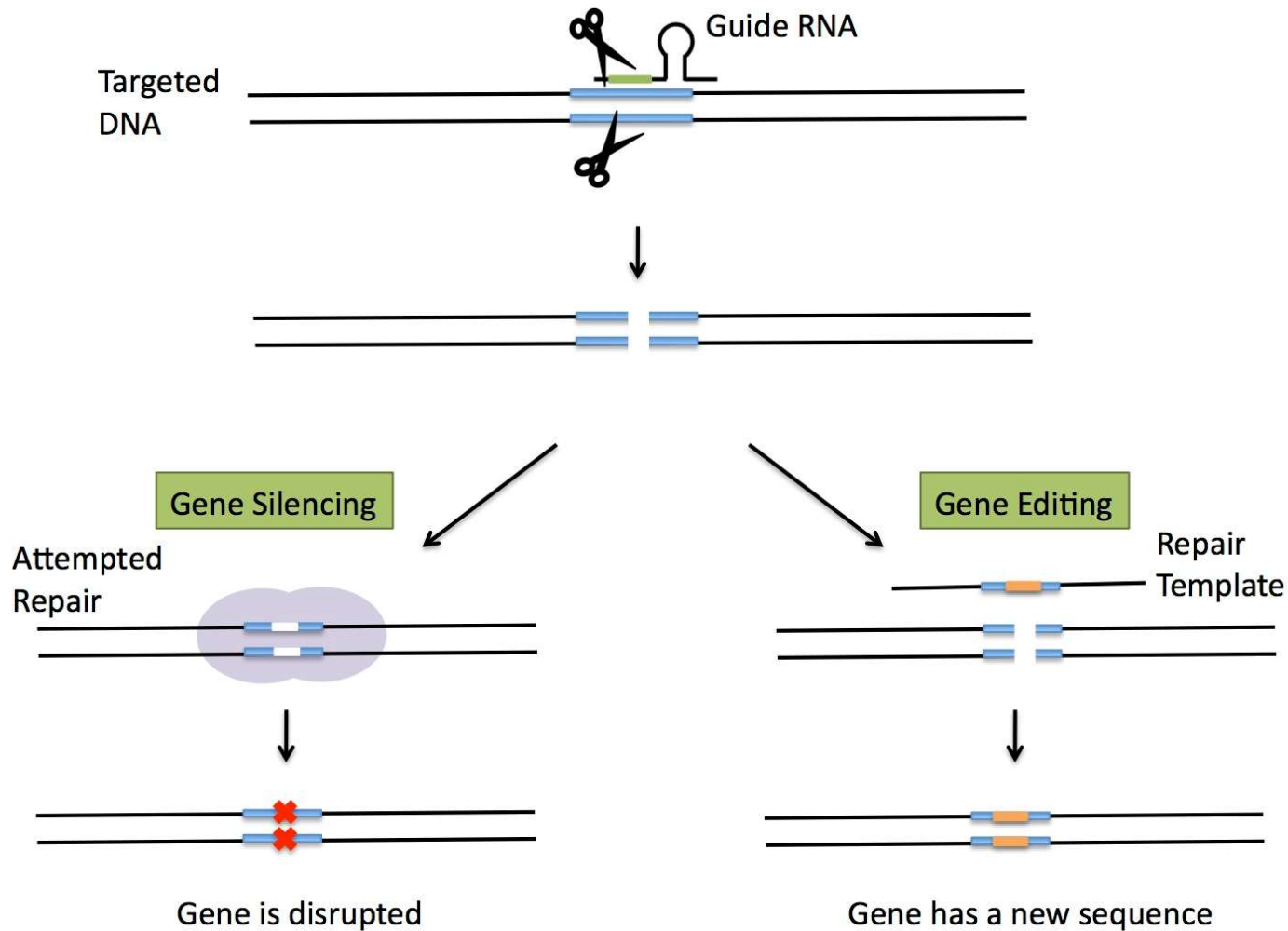


Step 1) Adaptation – DNA from an invading virus is processed into short segments that are inserted into the CRISPR sequence as new spacers.

Step 2) Production of CRISPR RNA – CRISPR repeats and spacers in the bacterial DNA undergo transcription, the process of copying DNA into RNA (ribonucleic acid). Unlike the double-chain helix structure of DNA, the resulting RNA is a single-chain molecule. This RNA chain is cut into short pieces called CRISPR RNAs.

Step 3) Targeting – CRISPR RNAs guide bacterial molecular machinery to destroy the viral material. Because CRISPR RNA sequences are copied from the viral DNA sequences acquired during adaptation, they are exact matches to the viral genome and thus serve as excellent guides.

The specificity of CRISPR-based immunity in recognizing and destroying invading viruses is not just useful for bacteria. Creative applications of this primitive yet elegant defense system have emerged in disciplines as diverse as industry, basic research, and medicine.



Gene silencing and editing with CRISPR. Guide RNA designed to match the DNA region of interest directs molecular machinery to cut both strands of the targeted DNA. During gene silencing, the cell attempts to repair the broken DNA, but often does so with errors that disrupt the gene—effectively silencing it. For gene editing, a repair template with a specified change in sequence is added to the cell and incorporated into the DNA during the repair process. The targeted DNA is now altered to carry this new sequence.

# EVOLUCE

## Evolve versus stvoření

**Změnám prostředí může čelit jen  
vyvíjející se život**

**Důkazy jsou všude kolem nás**

- Rychlá evoluce virů
- Molekulární důkazy
- Rudimenty (zakrnělé orgány)
- Funkčně nevhodná řešení  
(přece není Bůh debil!)

**Evoluční teorie nabízí logický  
mechanismus vývoje**

**V rozporu s vírou?**

**Nebezpečné důsledky pro společnost?**

**Evoluční teorie je pouze teorie, kterou:**

- Nelze dokázat
- Samovolné zvyšování uspořádanosti systému je nemožné
- Slepým procesem nemůžou vznikat adaptivní vlastnosti
- Přirozený výběr nestačí ke vzniku druhů a nových tělních plánů
- Chybějící mezičlánky
- Složité systémy nemohou vznikat z jednoduchých
- **Nevysvětluje vznik života**

# Evoluce nám probíhá před očima

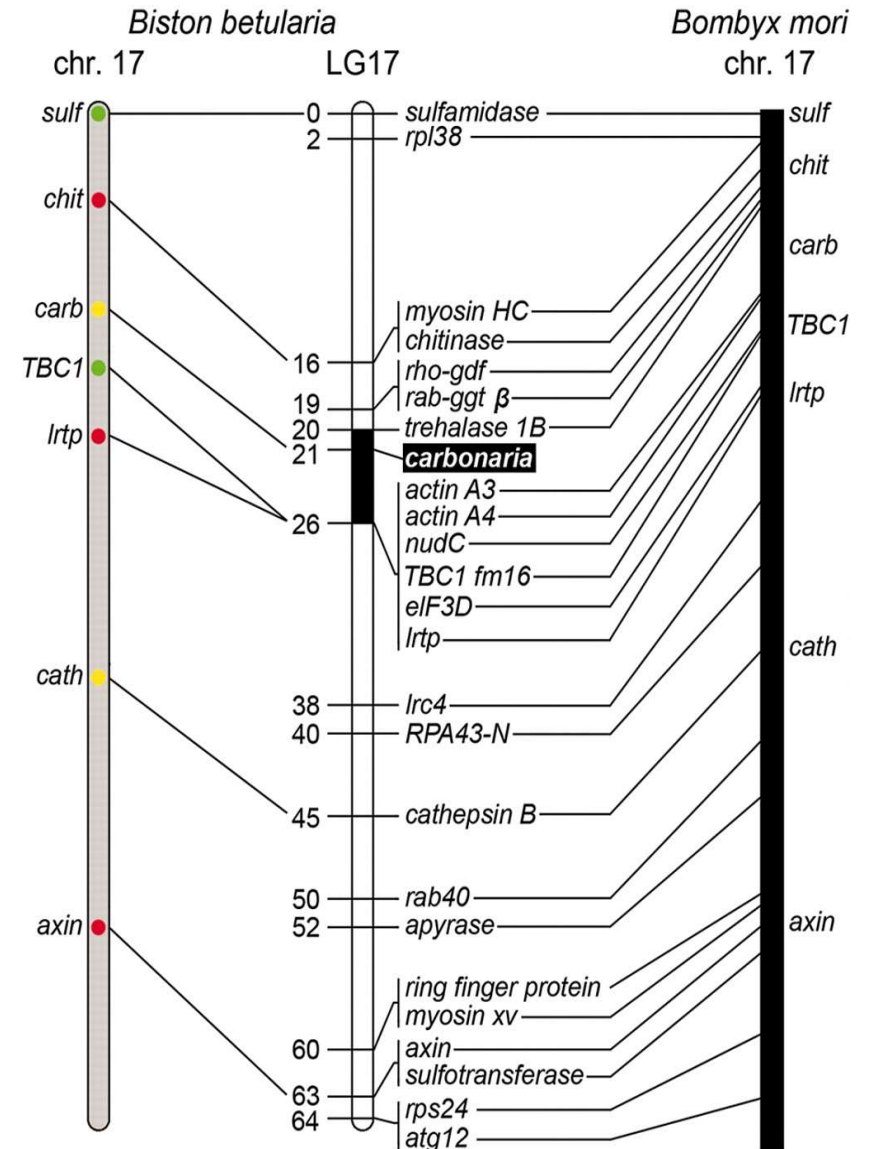
*Drsnokřídlec březový* (*Biston betularia*), v 19. století se začala v Británii objevovat Tmavá forma (*B. carbonaria*) hromadící v křídlech melanin. V poslední čtvrtině 20. stole zase vymizela.



František Marec

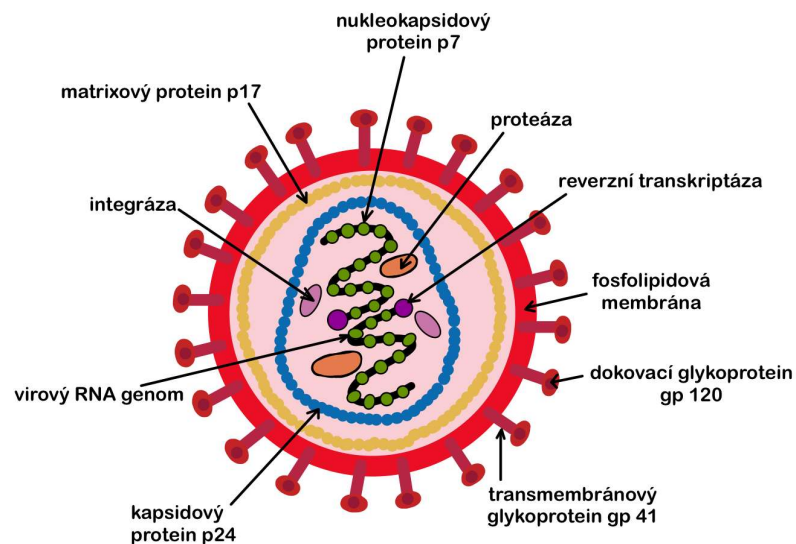
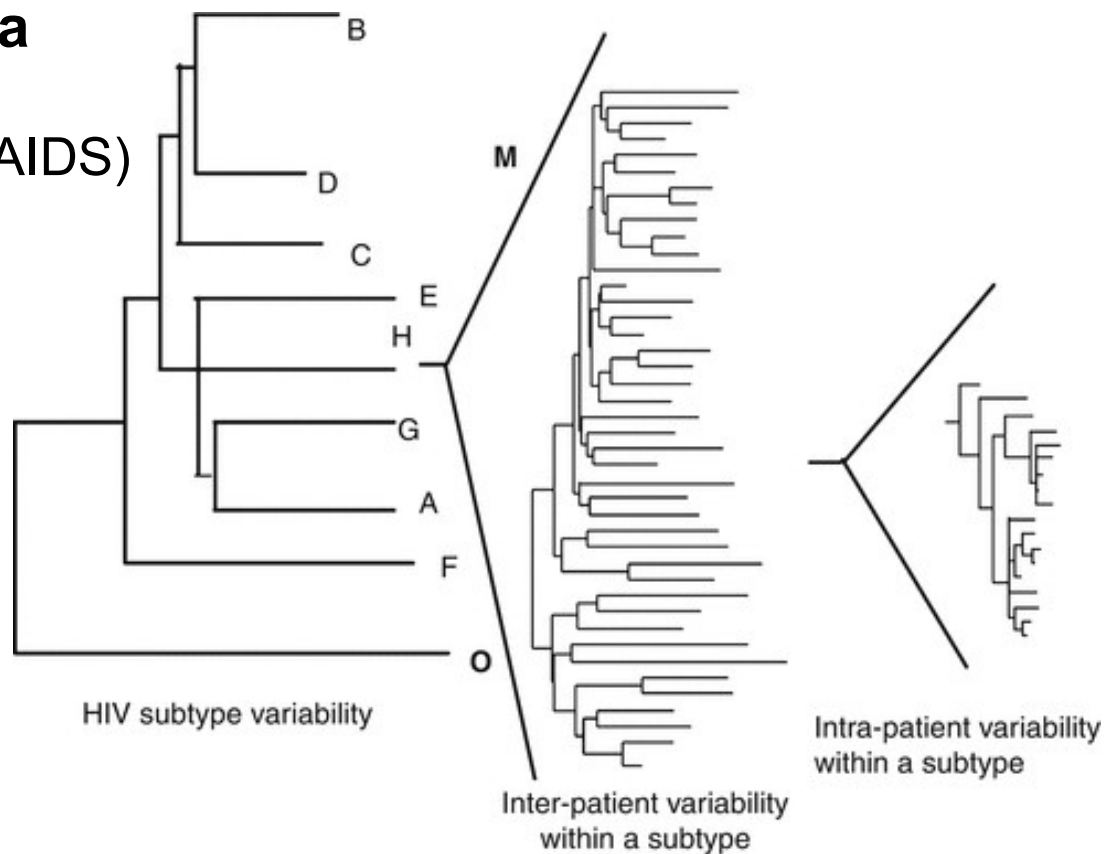
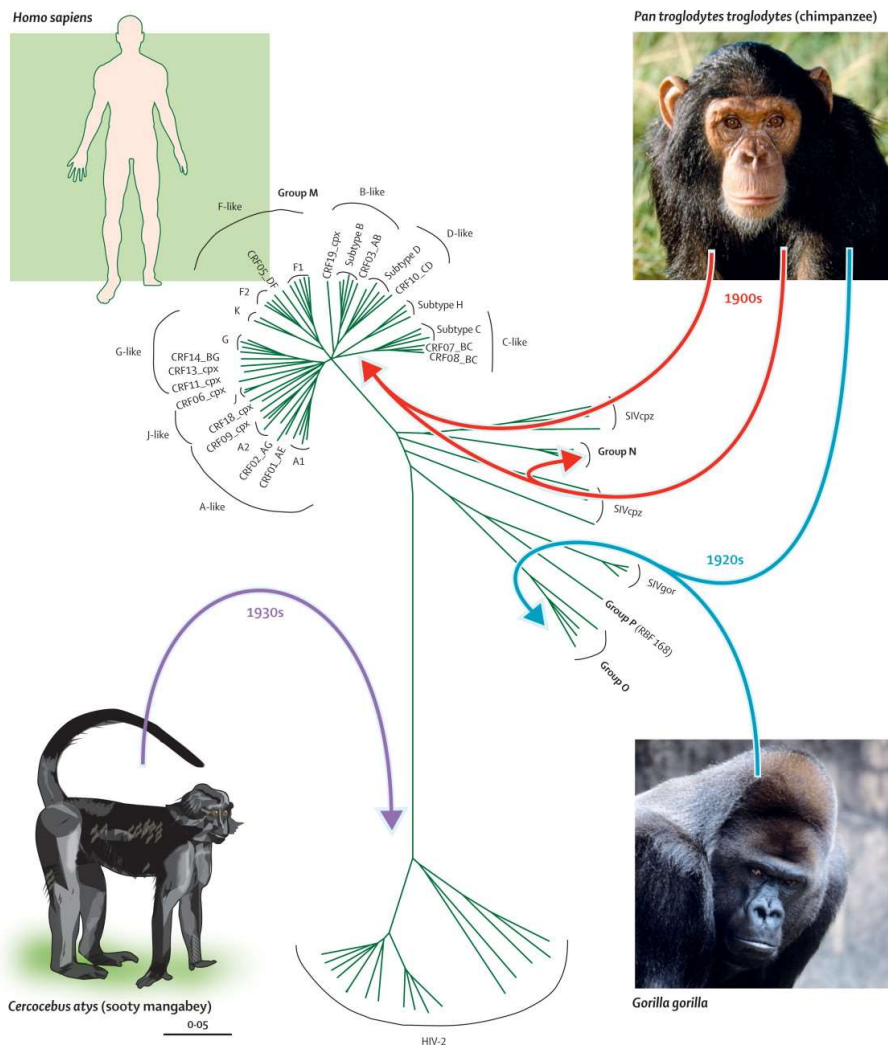


Martina Dalíková

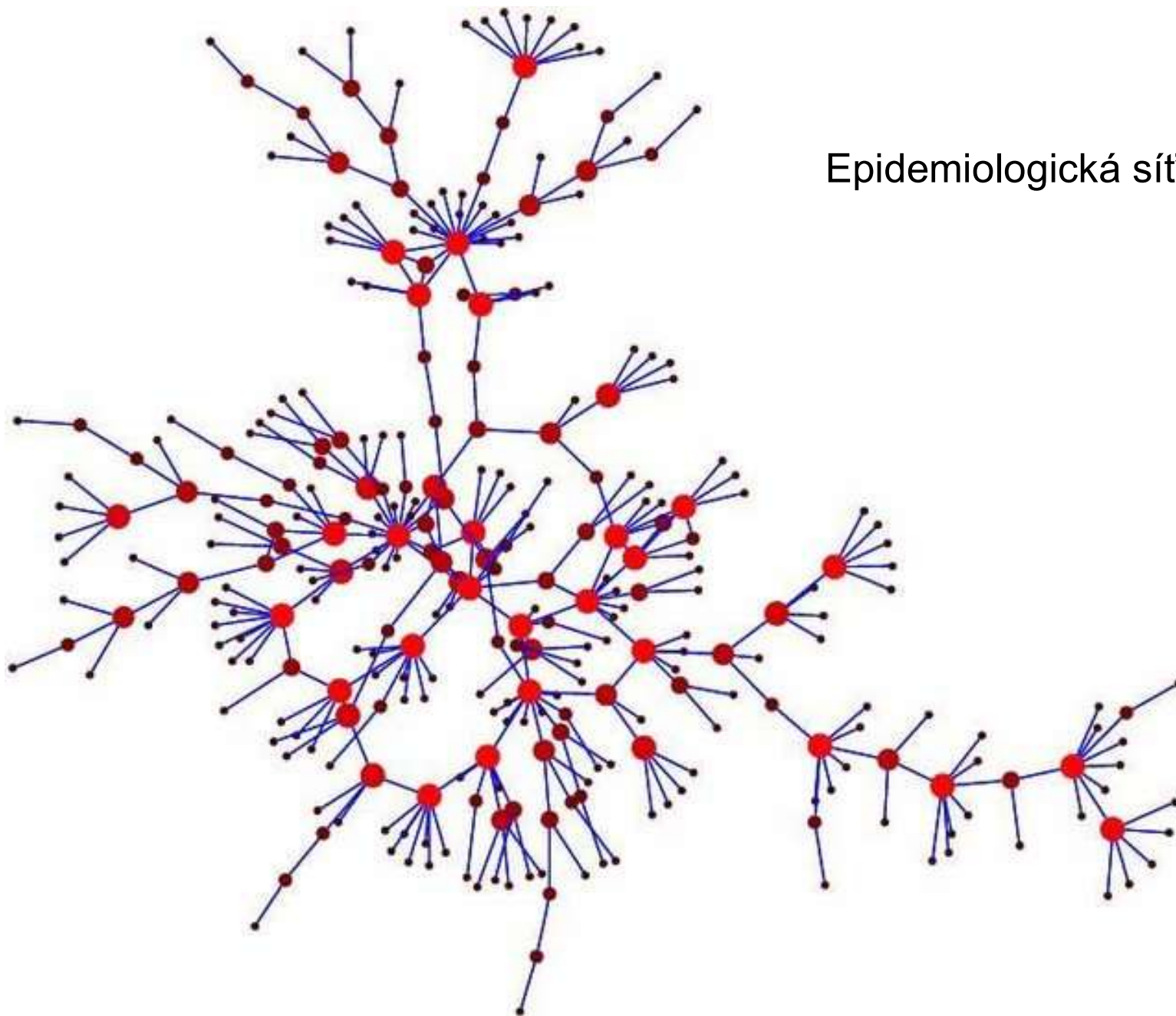


# Evoluce nám probíhá před očima

## Evoluce virů HIV (retrovirus, původce AIDS)

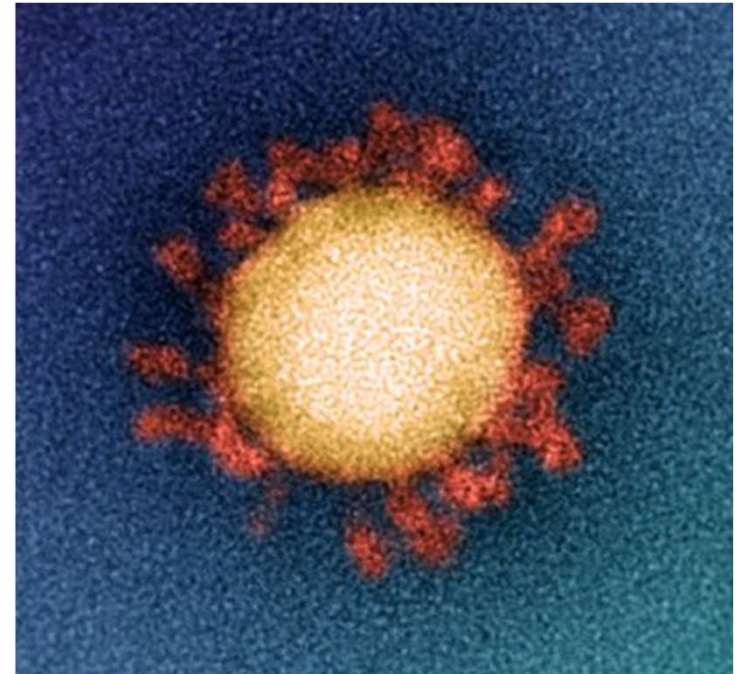
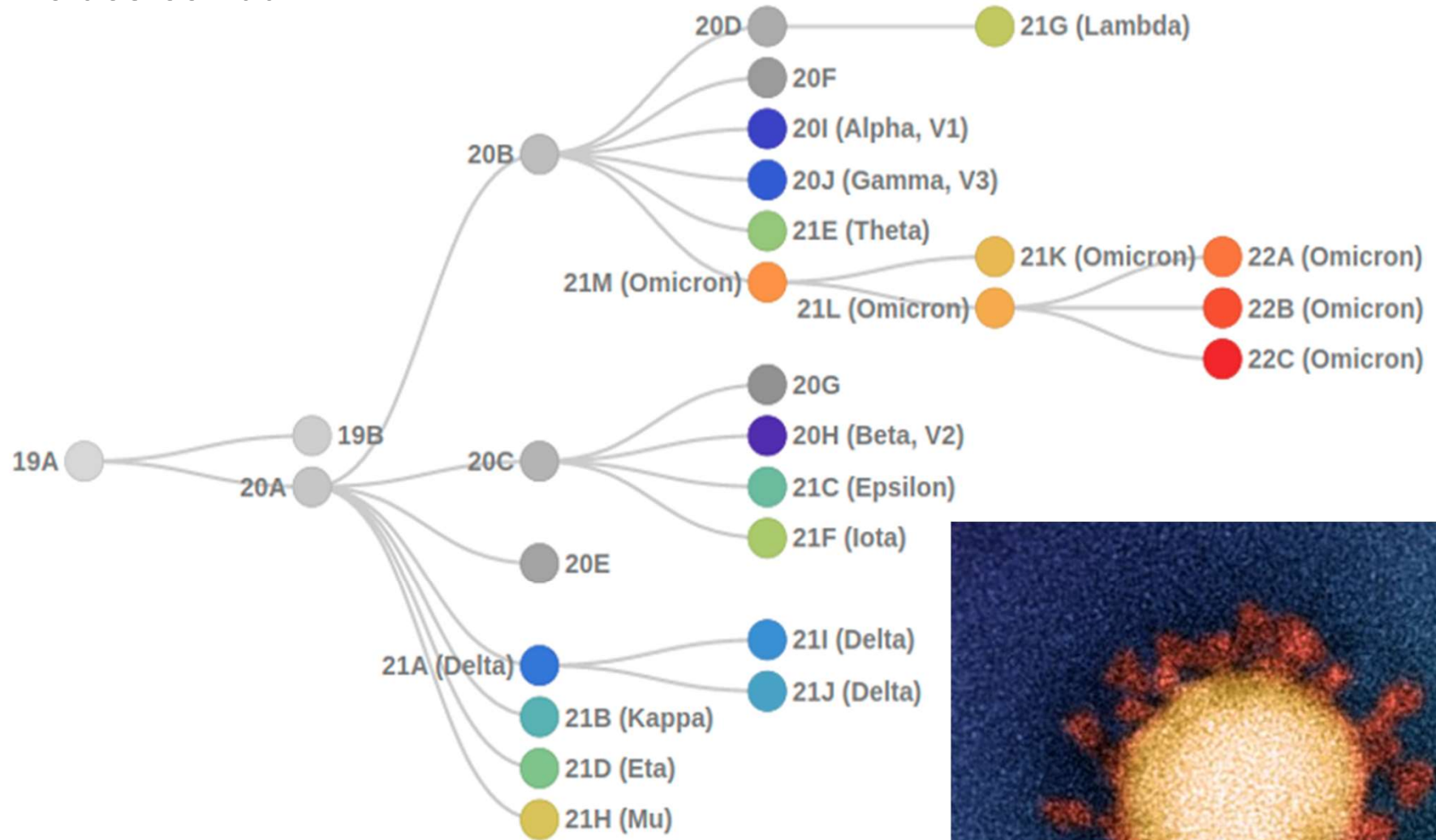


## Epidemiologická síť přenosu HIV

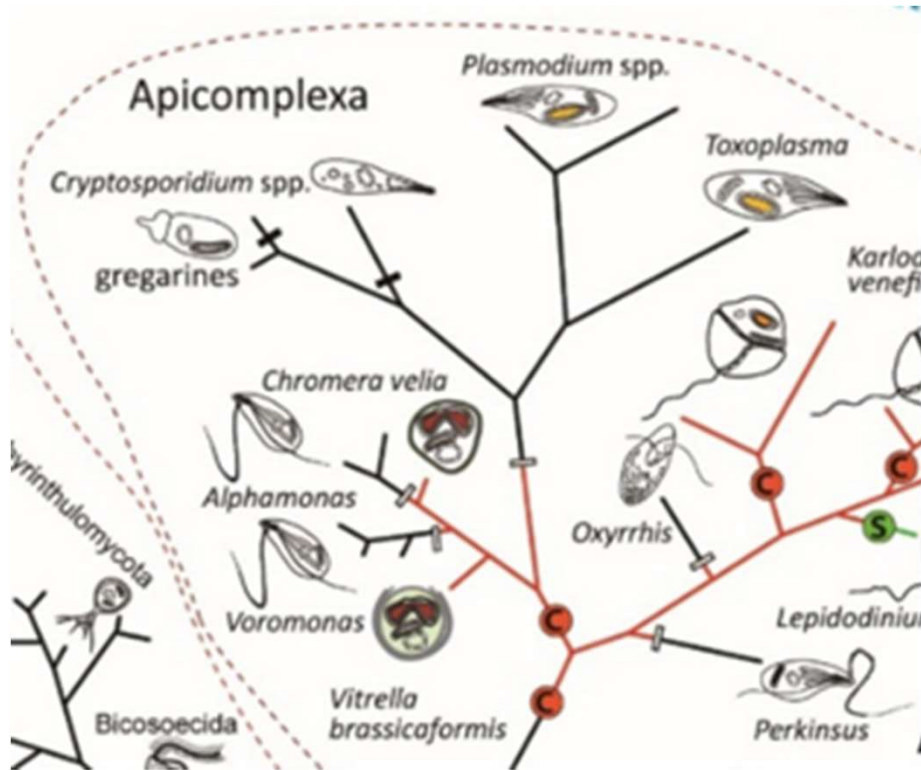




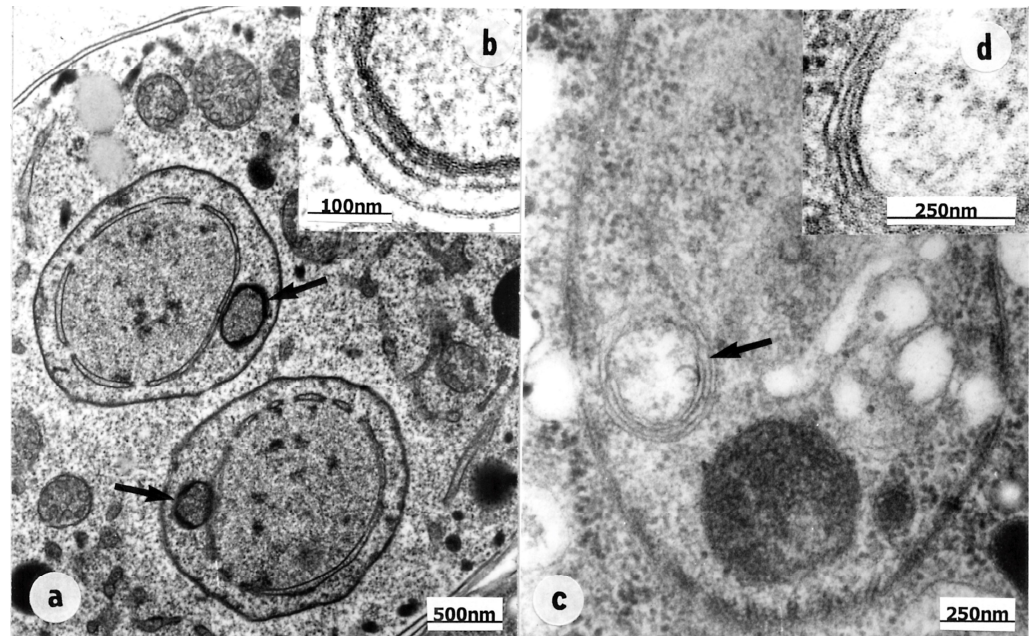
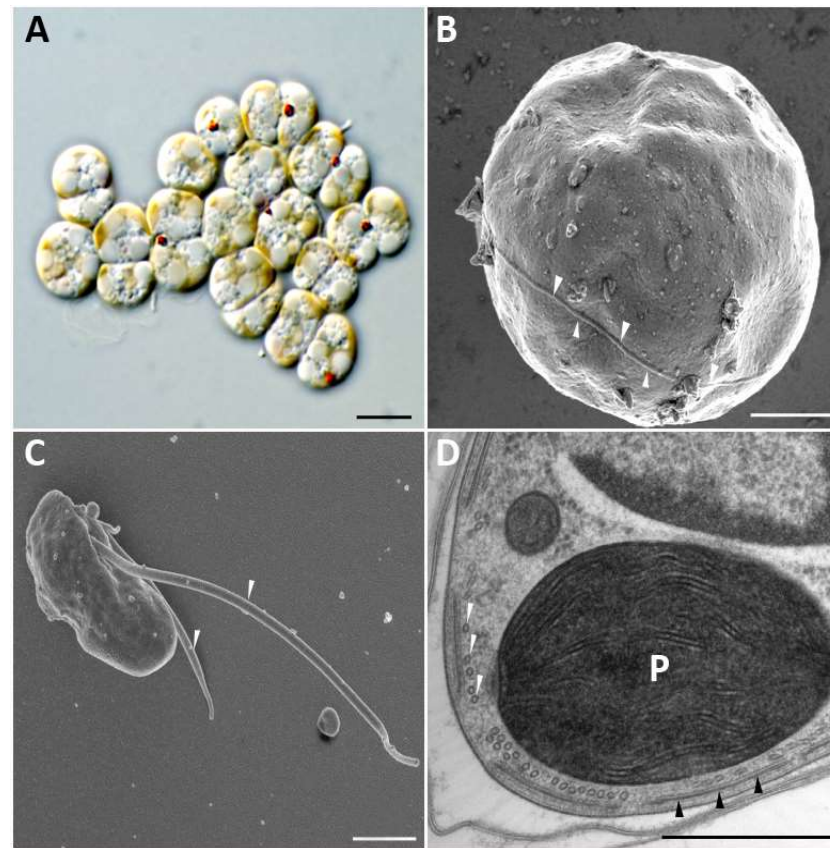
# Evoluce covidu



# Mezičlánky neexistují....

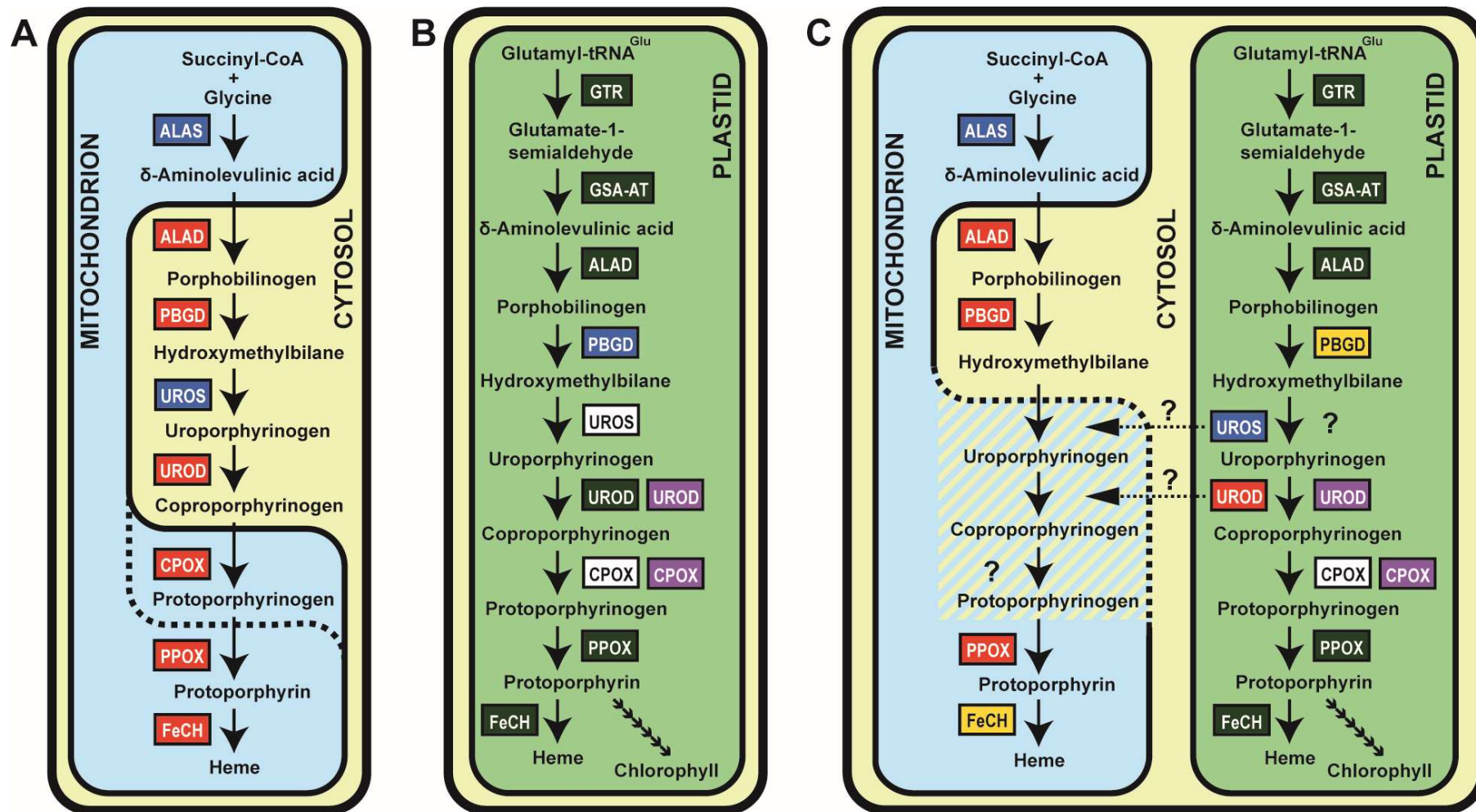


prediktivní potenciál



Mezičlánky neexistují....

# Euglenozoa



- α-proteobacterial / mitochondrial origin
- eukaryotic origin (final host nucleus)
- eukaryotic origin (nucleus of the “primary algae”)

- cyanobacterial / plastid origin
- origin via non-endosymbiotic horizontal gene transfer
- uncertain origin



# BIOLOGICKÁ EVOLUCE

vývoj života

## Před Darwinem (do roku 1859)

### Jean-Baptiste Lamarck

Organismy se pod vlivem prostředí směřují k vytváření složitějších adaptivních forem. Znaky získané se přenášejí, dědí do další generace. **vůle k pokroku**

#### Proti:

- Centrální dogma molekulární biologie
- Weismannovská bariéra (mutace v somatických buňkách se nepřenášejí do další generace)
- Epigenetické procesy neovlivňují sekvenci genů, ale jenom jejich regulaci

#### Pro:

- Některé organismy nemají Weismannovu bariéru
- Existence cílených mutací (protilátky, povrchové proteiny apod.)
- Horizontální genový transfer
- U rostlin dochází k selekci somatických buněk
- RNA s katalytickou funkcí mohou být přepsány do DNA a děděny

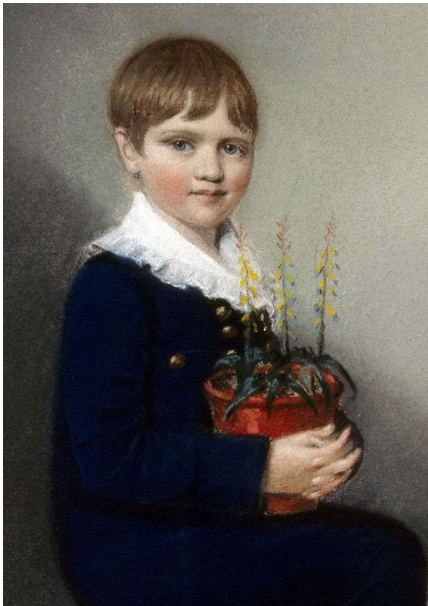


Jean-Baptiste Lamarck

## Charles Robert Darwin (1809-1882)

Od mládí evolucionista, nadšený propagátor evoluční hypotézy **Jeana Baptiste Lamarcka** o evoluci získaných vlastností. Vystudoval na anglikánského duchovního, žák **Johna Stevense Henslowa**, obdivoval **Williama Paleyho**, (boží záměr)

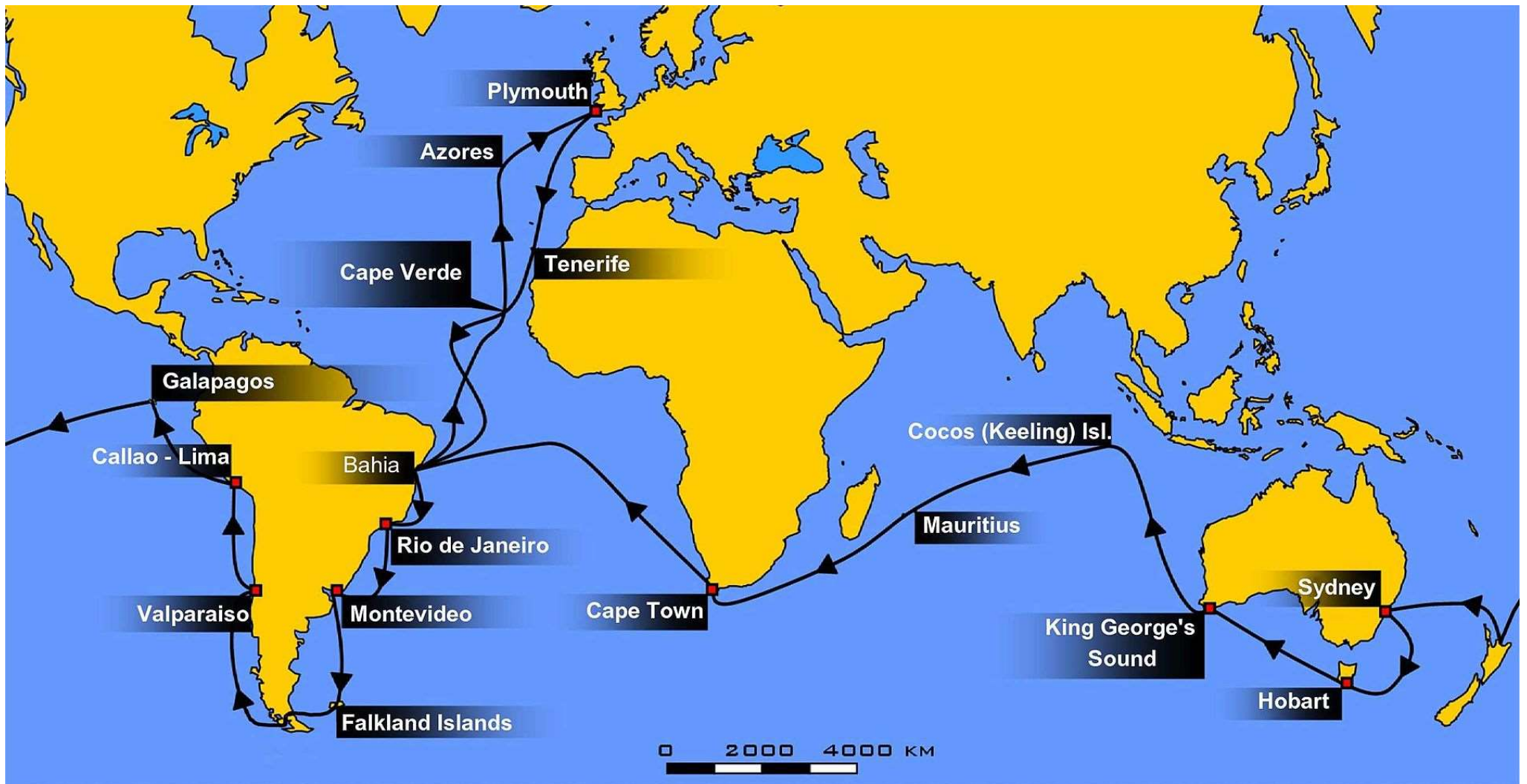
Po plavbě na lodi Beagle (5 let) formuloval v roce 1839 **teorii přírodního výběru**. Když v roce 1858 zjistil, že Alfred Wallace dospěl k podobným závěrům, sepsal „abstrakt“ a vydal jej v roce 1859 jako „**On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life**“ (O původu druhů přírodním výběrem, neboli uchovávání prospěšných plemen v boji o život).



Darwin nemohl vědět o genech, proto je jednotkou výběru jedinec.

Některé jeho děti (měl jich 10) se proslavily, třeba botanik Francis Darwin, astronom a matematik George Darwin,

Ačkoliv si vzal za ženu svojí sestřenicí (nebo spíš právě proto, ve svých spisech se vyjádřil ke škodlivosti příbuzenského rozmnožování a výhodách křížení



---

"But with regard to the material world, we can at least go so far as this—we can perceive that events are brought about not by insulated interpositions of Divine power, exerted in each particular case, but by the establishment of general laws."

W. WHEWELL: *Bridgewater Treatise.*

"To conclude, therefore, let no man out of a weak conceit of sobriety, or an ill-applied moderation, think or maintain, that a man can search too far or be too well studied in the book of God's word, or in the book of God's works; divinity or philosophy; but rather let men endeavour an endless progress or proficience in both."

BACON: *Advancement of Learning.*

---

Down, Bromley, Kent,  
October 1st, 1859.

ON  
THE ORIGIN OF SPECIES

BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

OR THE  
PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE  
FOR LIFE.

By CHARLES DARWIN, M.A.,

FELLOW OF THE ROYAL, GEOLOGICAL, LINNEAN, ETC., SOCIETIES;  
AUTHOR OF 'JOURNAL OF RESEARCHES DURING H. M. S. BEAGLE'S VOYAGE  
ROUND THE WORLD.'

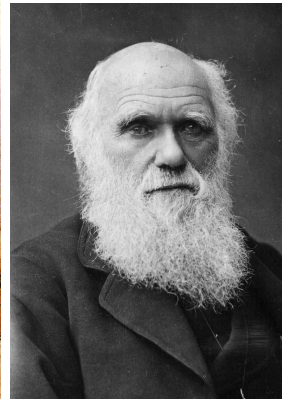
LONDON:  
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.  
1859.

*The right of Translation is reserved.*

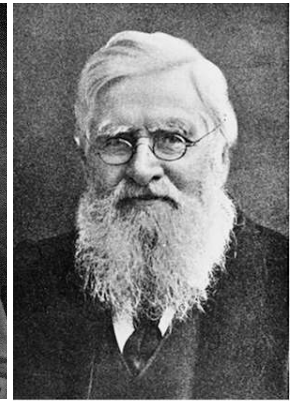
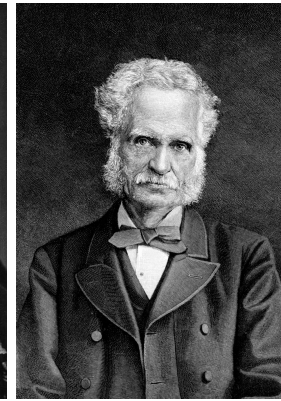
# Darwinismus (do roku 1859)

**Charles Darwin (1809-1882)**

**Alfred Wallace (1823-1913)**



Charles Darwin



Alfred Wallace

Nedochází k cíleným adaptivním změnám, ale selekci (výběru) jedinců (populace) s výhodnou variantou určitého znaku

- Živé organismy se v průběhu času mění
- Druhy se odštěpují od společných předků
- Evoluce probíhá postupnou kumulací drobných změn
- K evoluci dochází změnami ve frekvencích variant v rámci populace
- Evoluci žene selekce, jako přirozený výběr, který následně vede ke vzniku adaptivních vlastností
- Pohlavní výběr může zvýhodňovat vlastnosti, které by přírodní výběr (prostředí) potlačil

Darwin

Konkurence mezi jedinci  
Pohlavní výběr

Wallace

Vliv vnějšího prostředí a evoluční procesy  
Pohlavní výběr neuznával

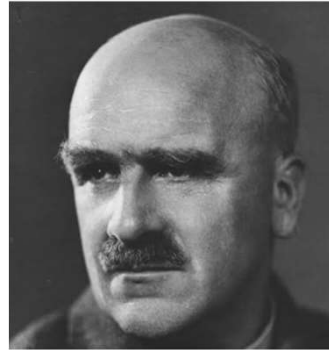


# Neodarwinismus – evoluční syntéza

Nikdo z Darwinistů netušil, jak vzniká variabilita – dědění získaných vlastností  
Mendel jim do toho trochu hodil vidle – kombinace zdánlivě neměnných znaků  
Populační genetika

**J. B. S. Haldane** (1892-1864)

Příbuzenský výběr



**Ronald A. Fisher** (1890-1962) (statistická analýza)



**Theodosius Dobzhansky** (1900-1975)

***Nic v biologii nedává smysl – leda ve světle evoluce.***

Pokusy s octomilkou

Pravoslavný křesťan a evolucionista, kritik primitivního

Kreacionismus, učitel Francisca J. Ayaly

Neodarwinisté: Evoluce jako pozvolný proces, probíhající především na úrovni populací

# Postneodarwinismus – evoluční syntéza

Posun od jedince a populace ke genu – genocentrismus

**George Christopher Williams** a **William D. Hamilton**

**Richard Dawkins** (Sobecký gen): organismus je pouze prostředkem k dalšímu šíření úspěšných alel. „Sobeckost“ genu (alely) je schopnost obsadit genom jedince a následně se úspěšněji replikovat a šířit ve srovnání s konkurenčními alelami.

Příbuzenský výběr – evoluční strategie podporující úspěch příbuzných organismů  
Evoluce altruismu

**Motoo Kimura** neutrální evoluce: většina evolučních změn na molekulární úrovni probíhá důsledkem náhodné fixace neutrálních mutací, zatímco přírodní výběr fixuje pouze minoritní množství změn

# Genetický drift (posun)

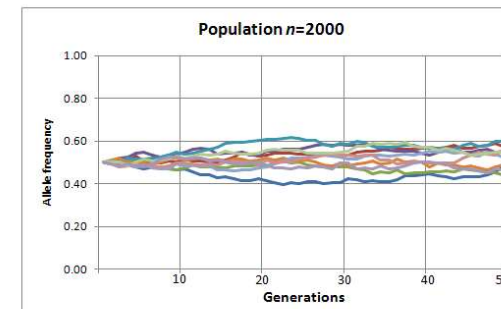
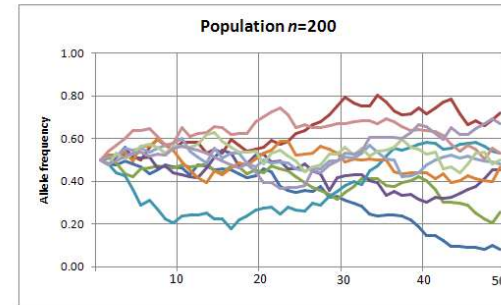
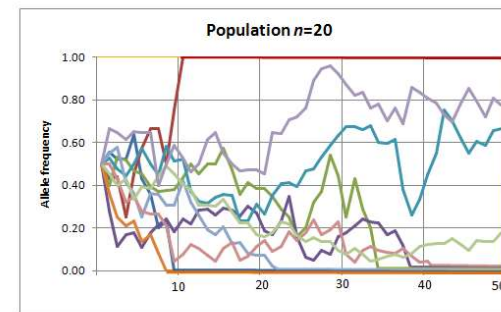
náhodný posun ve frekvenci jednotlivých alel v populaci

je nezávislý na vlastnostech či projevech znaku

přímo úměrný efektivní velikosti populace

platí pouze pro omezené populace,  
pro panmiktické (nekonečně velké) nikoliv

Nejsilnější (až absolutní) u neutrálních alel,  
které se neprojeví na fenotypu



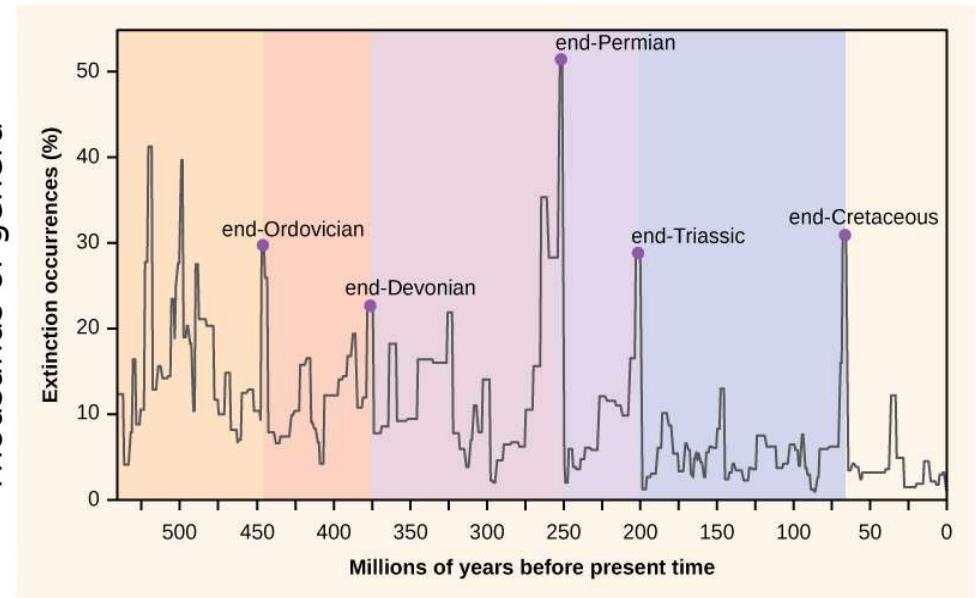
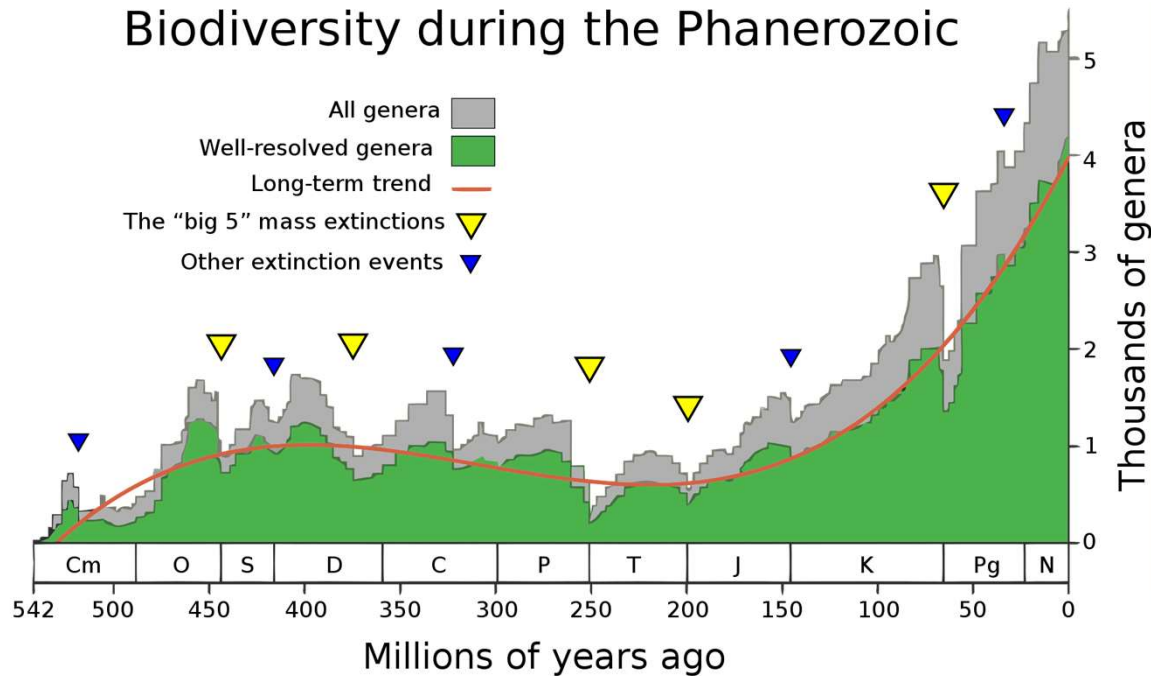
# Niels Eldredge a Stephen Jay Gould



## Teorie přerušovaných rovnováh (anglicky *Punctuated Equilibrium*)

druh po většinu času zůstává stabilní a mění se pouze v krátkých obdobích tzv. speciálních událostí, kdy druhy vznikají.

### Biodiversity during the Phanerozoic

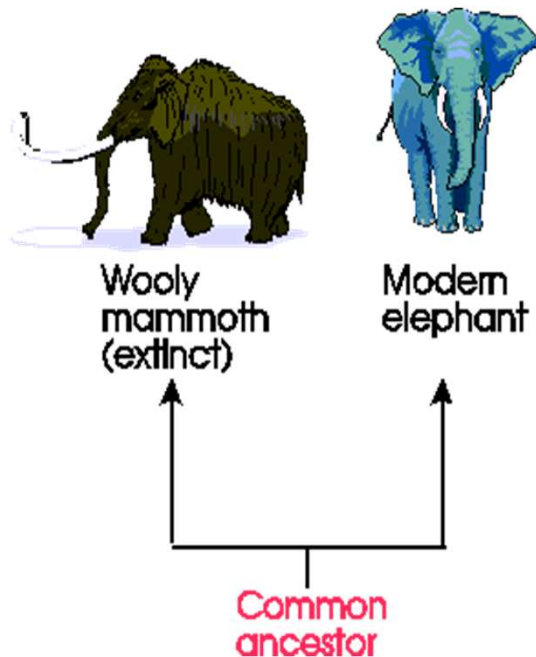


# Evolučně vývojová biologie (evoluce vývoje nebo také evo-devo)

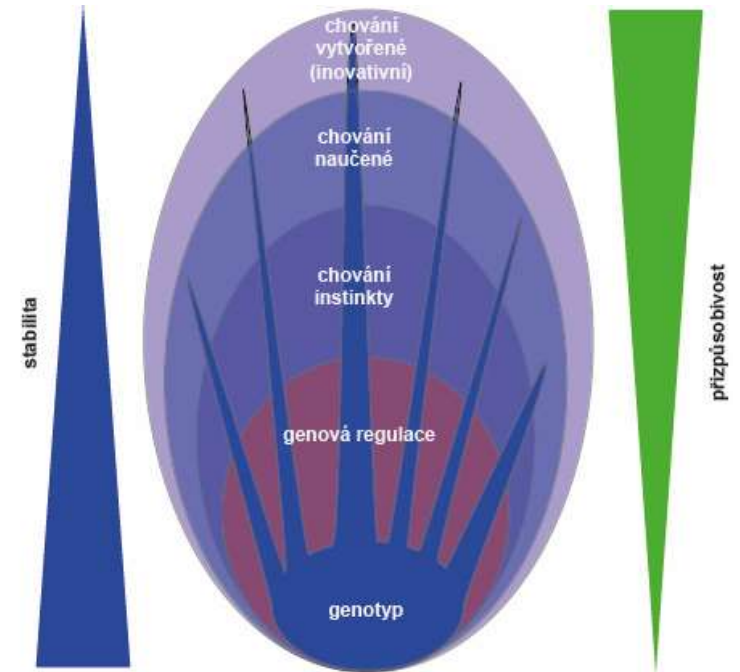
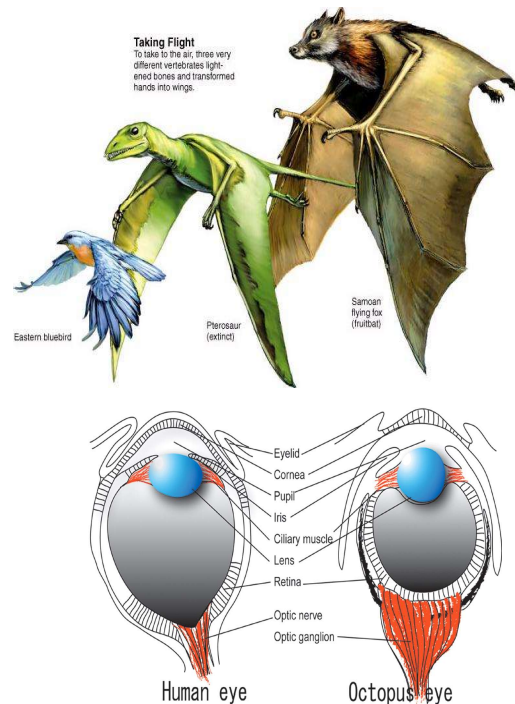
Srovnává vývojové procesy, původ embryonálního vývoje, fenotypické plasticity

Znaky jsou si podobné, protože

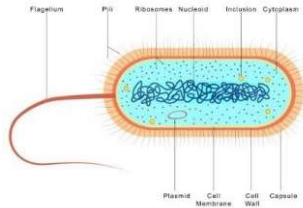
Sdílejí společný původ:  
jsou homologní divergentní  
evoluce



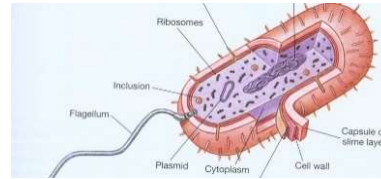
Vyvinuly se v podobných  
podmínkách:  
konvergentní evoluce



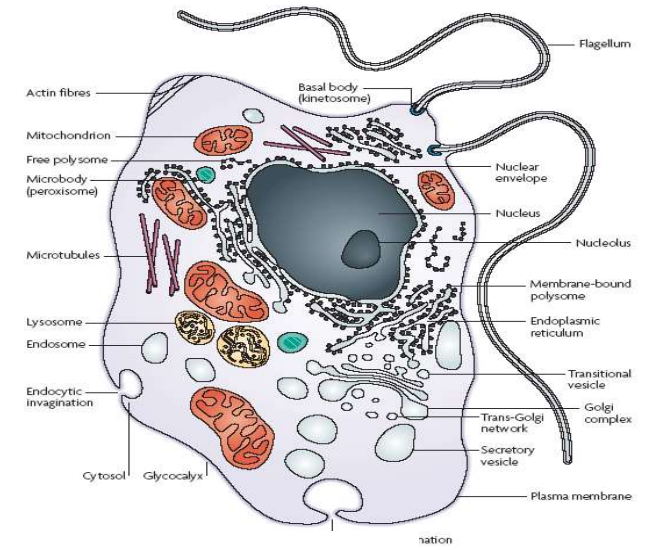
# Diverzita života



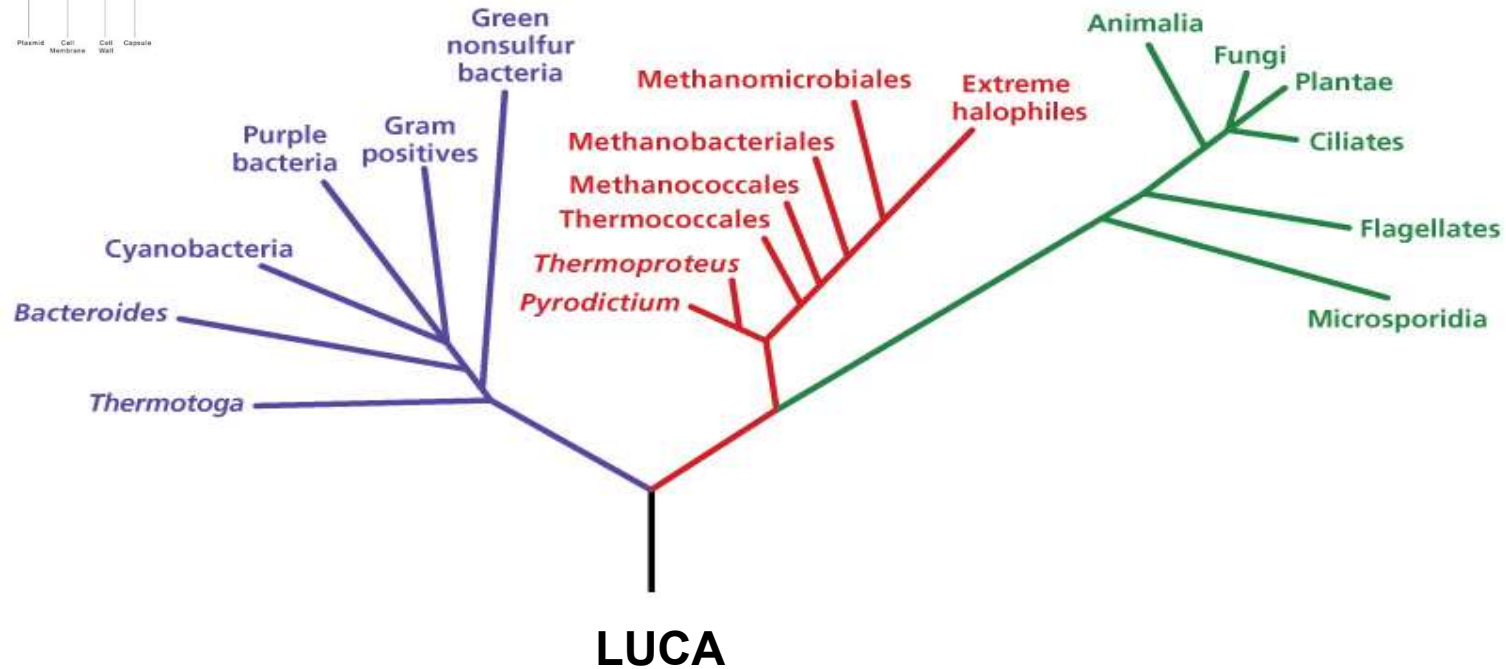
**Bacteria**

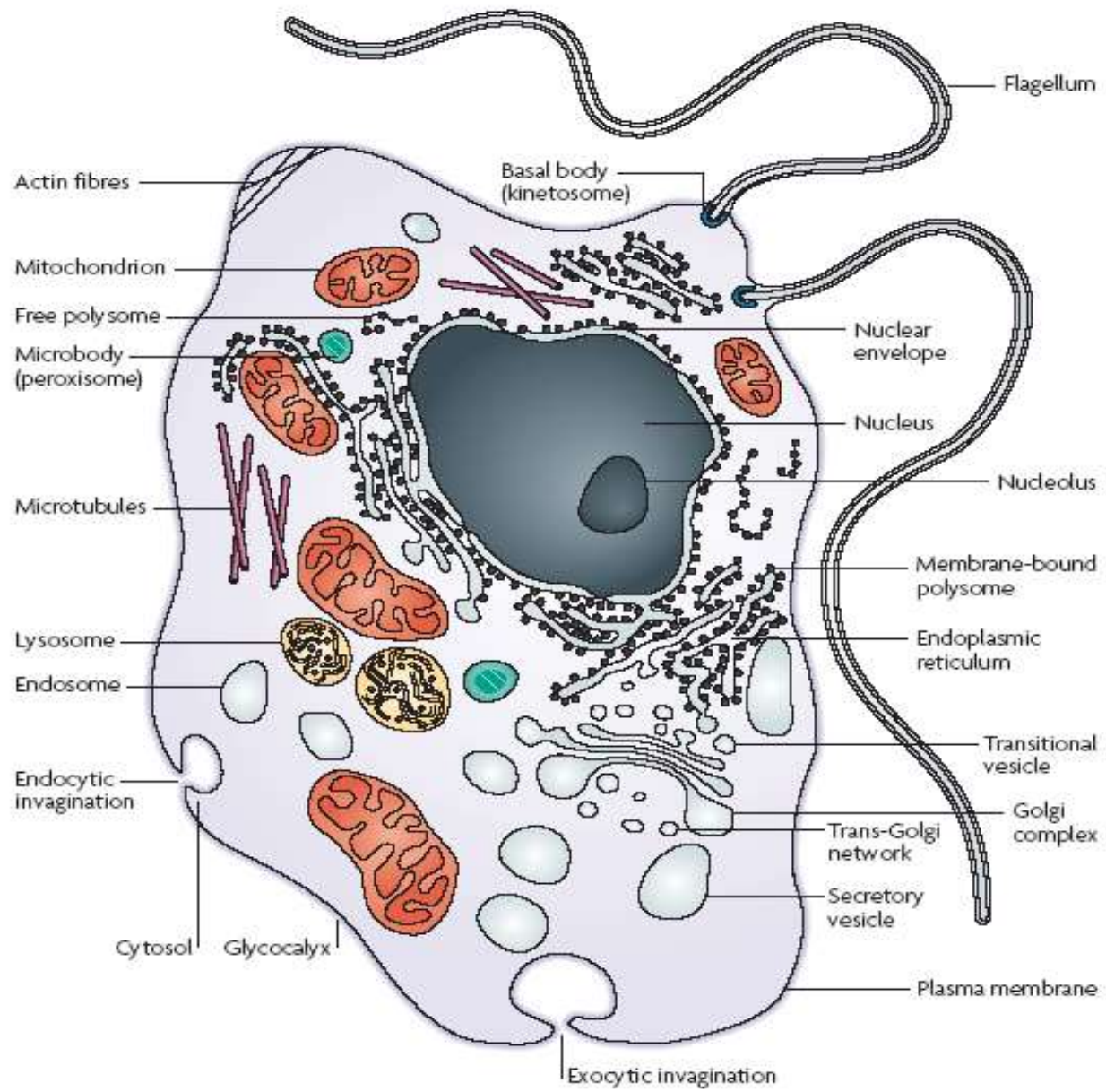


**Archaea**



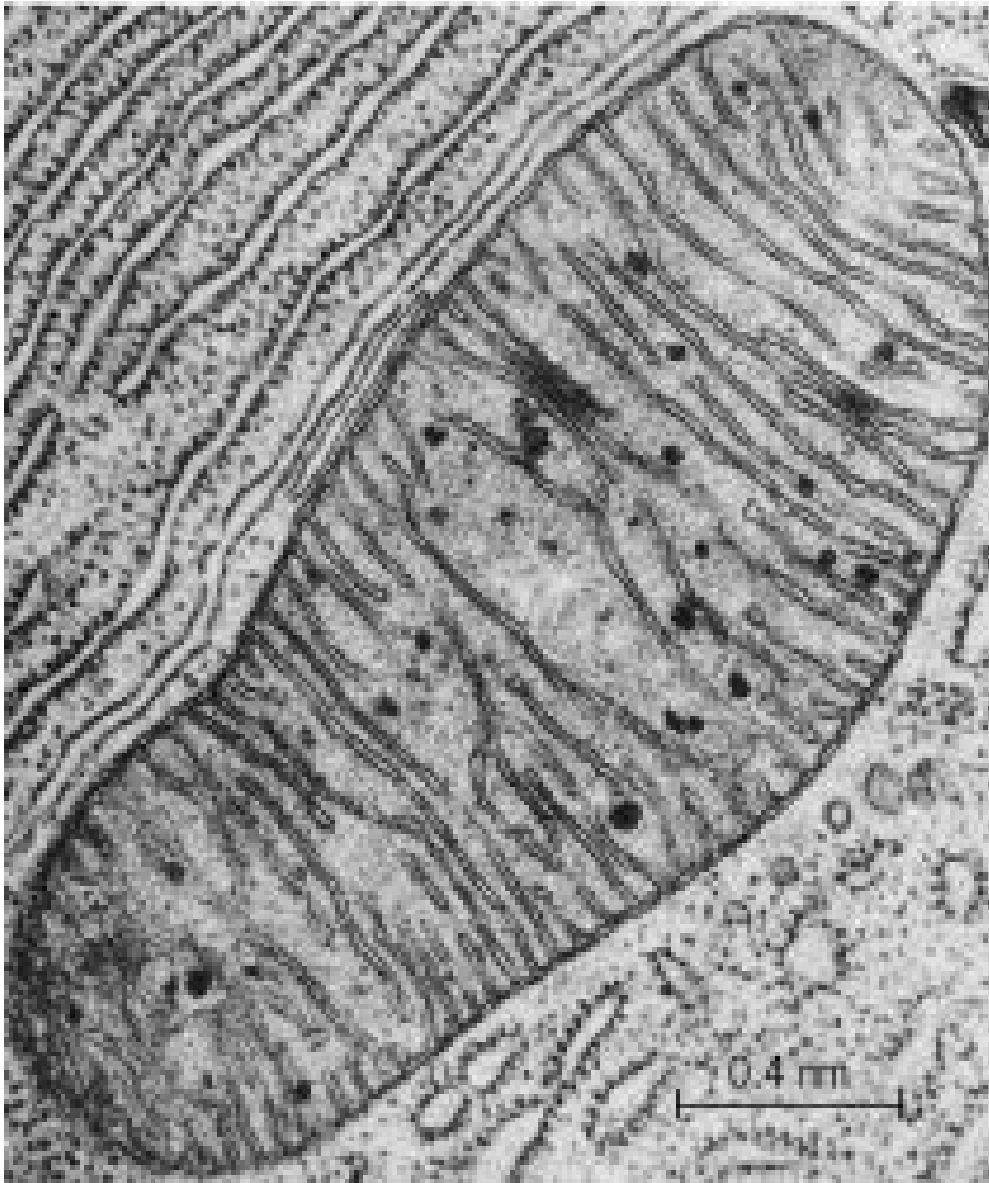
**Eucarya**



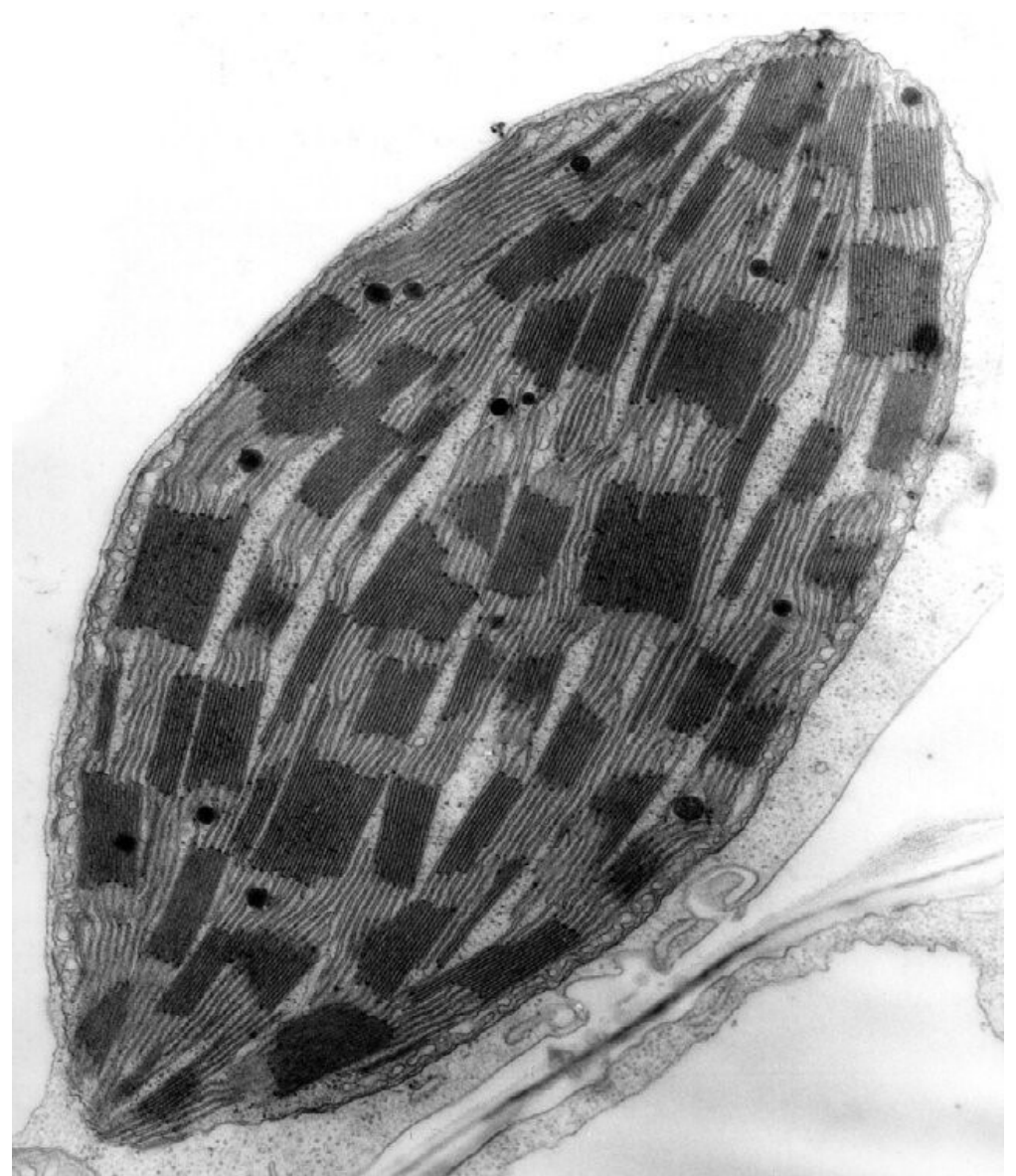


# Semiautonomní organely

mitochondrie

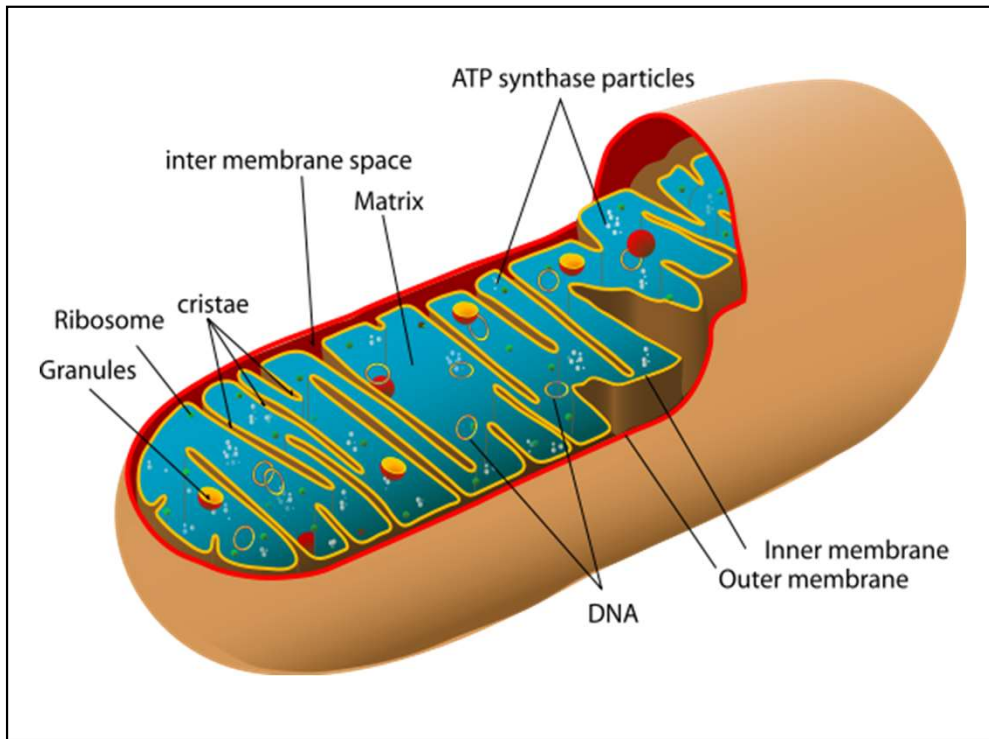
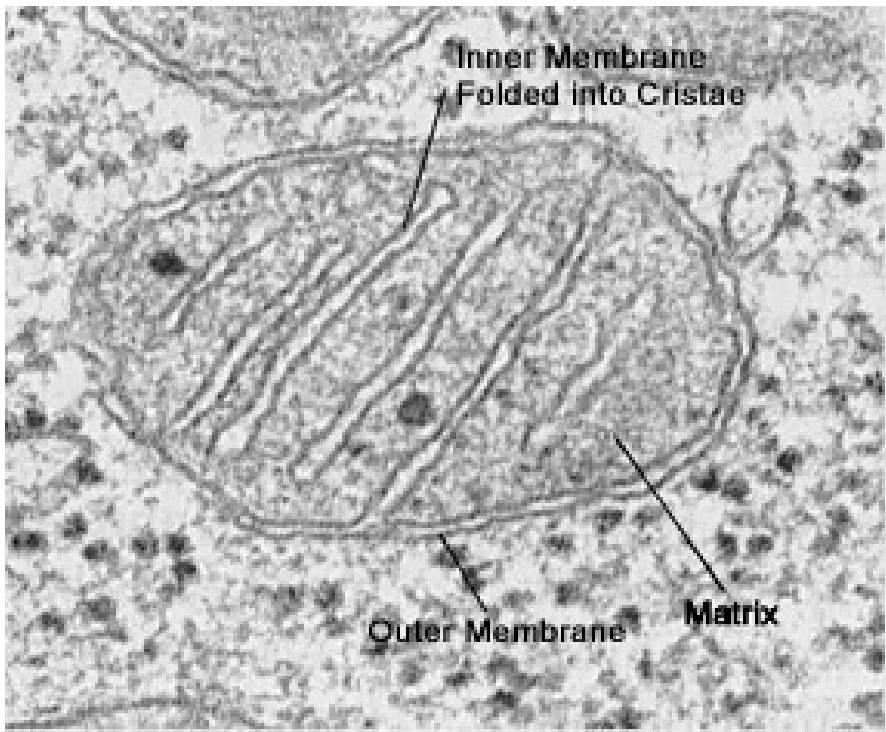
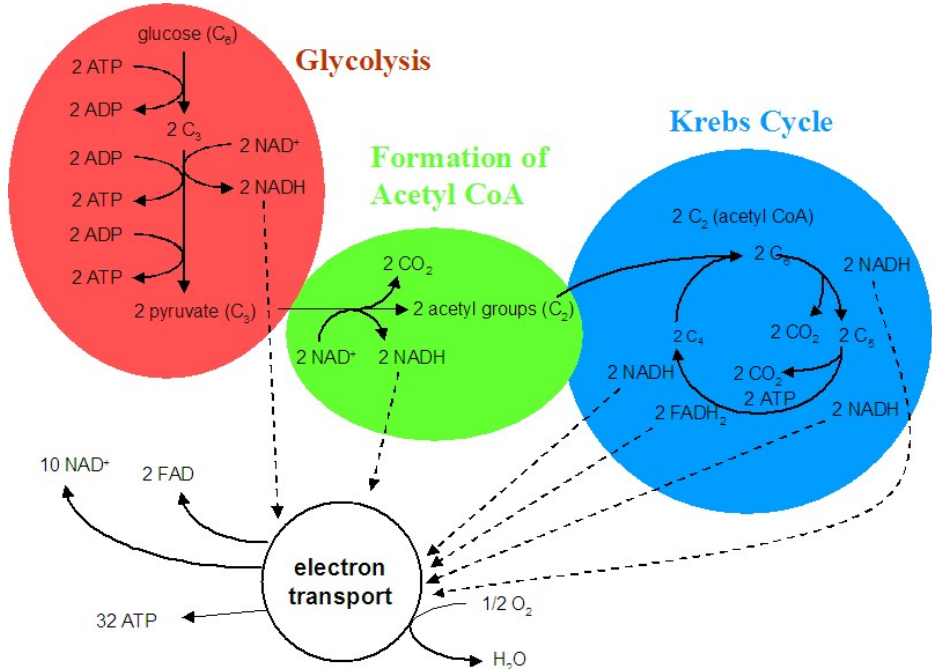
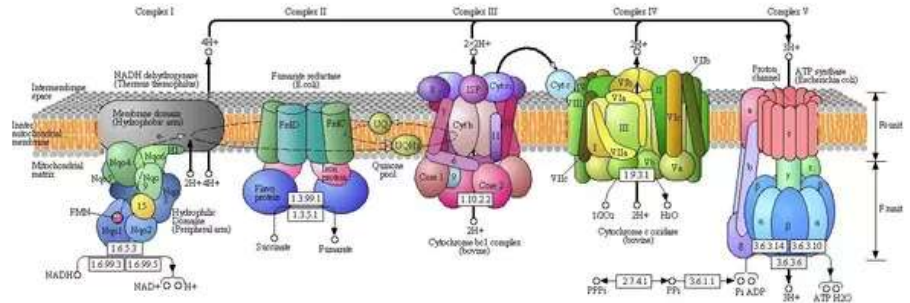


chloroplast (plastid)

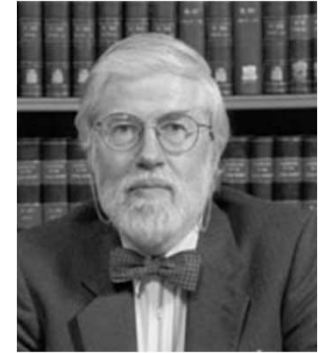




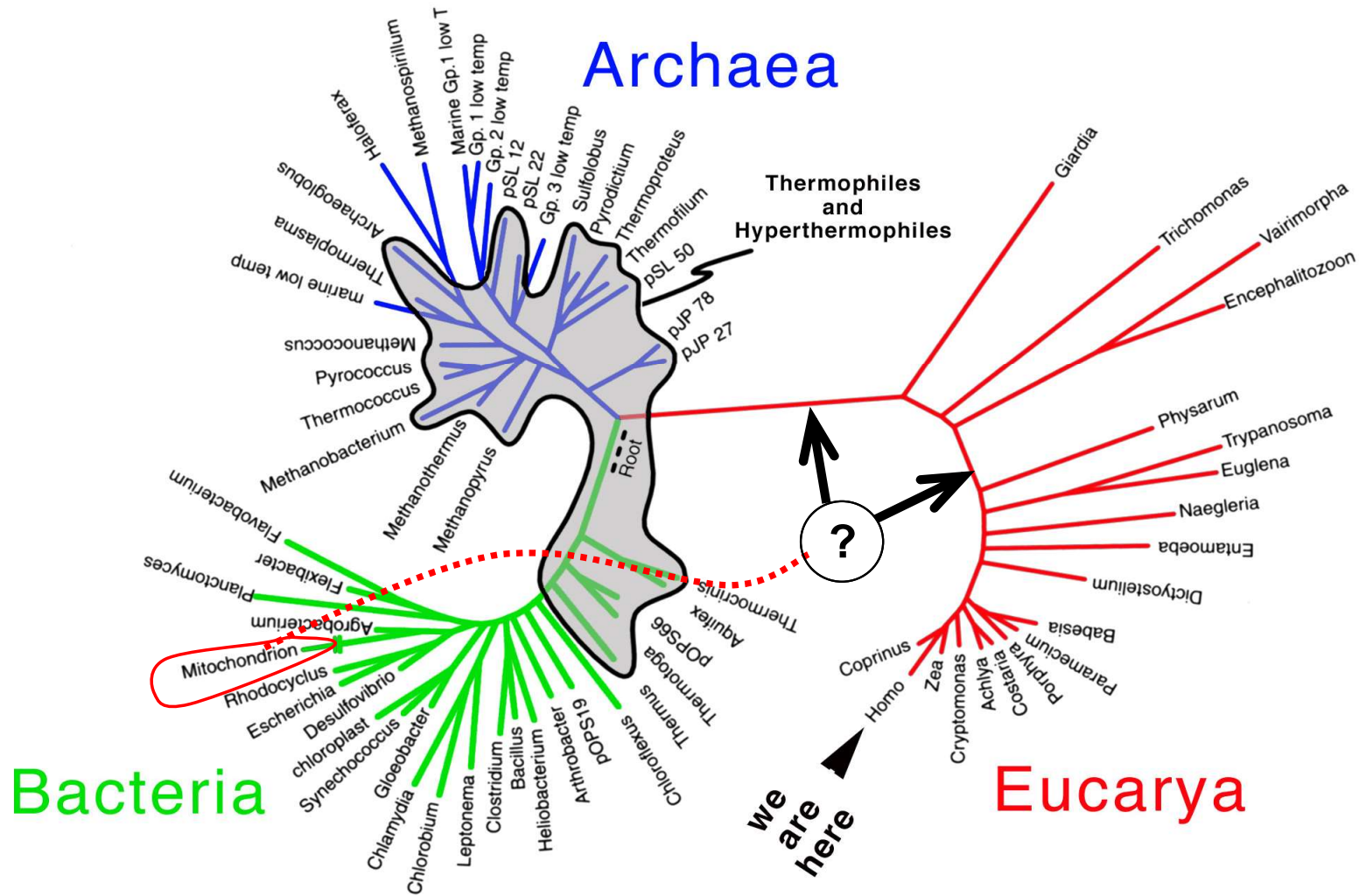
# Mitochondrie

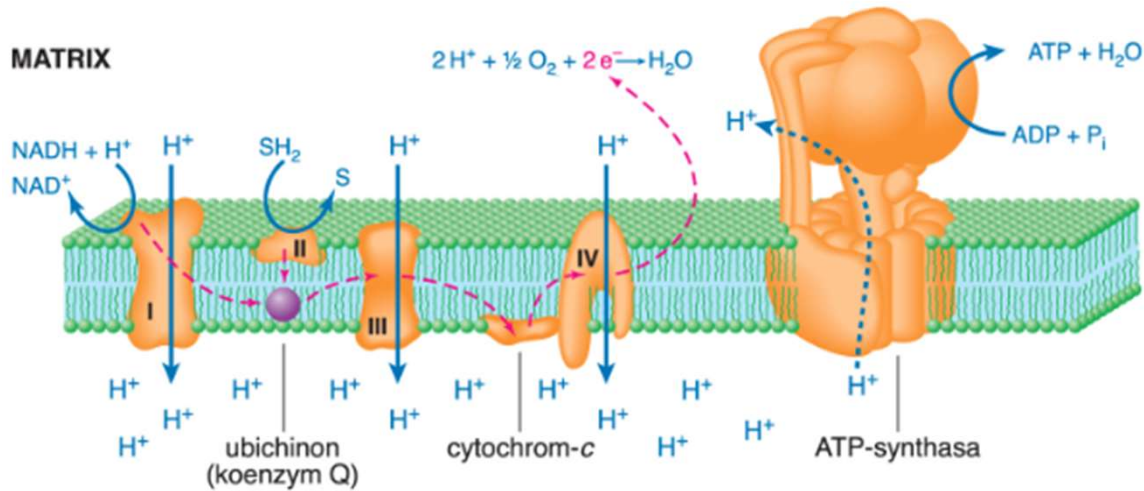
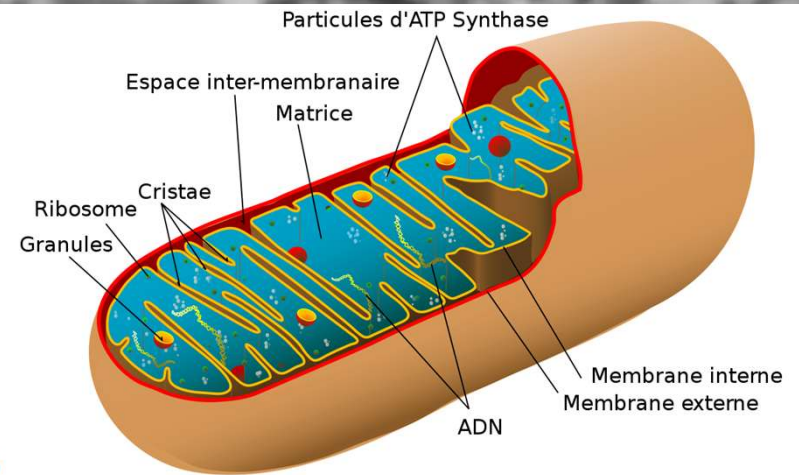
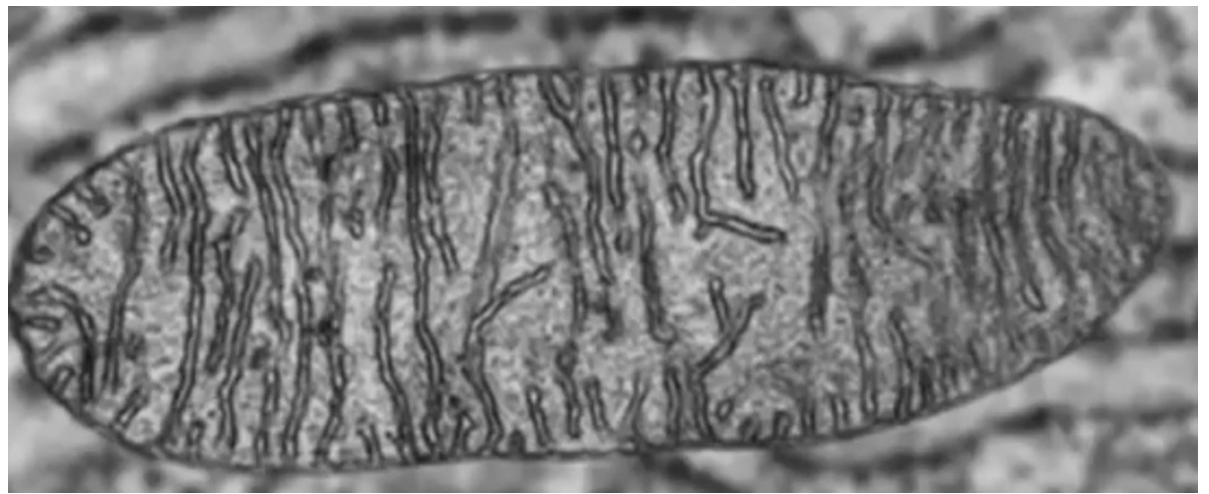
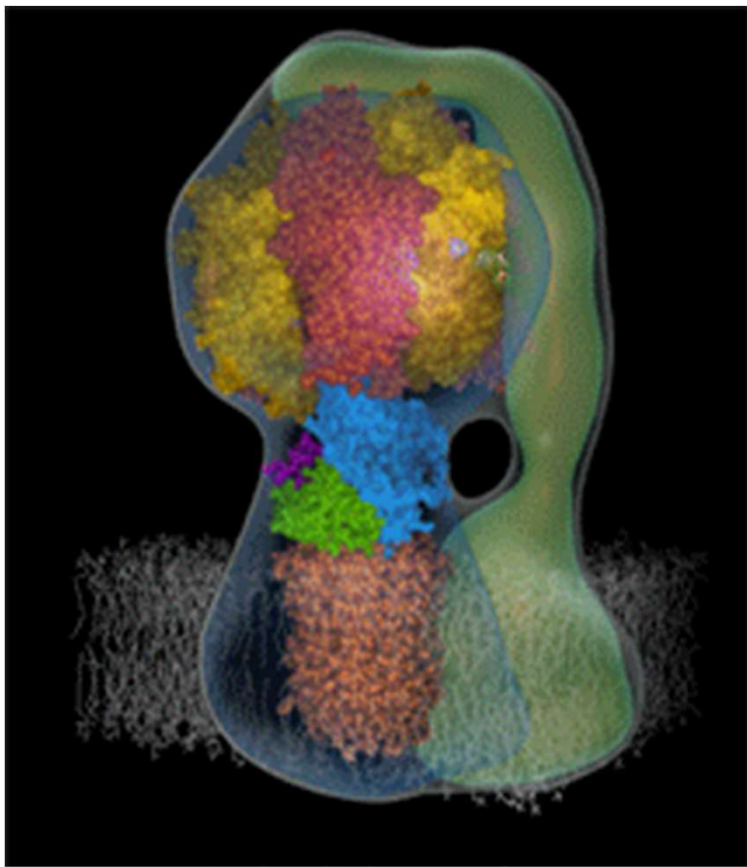


# Mitochondrie



# The Tree of Life





MATRIX  
MEZIMEMBRÁNOVÝ  
PROSTOR

- I. NADH dehydrogenáza
- II. Sukcinát dehydrogenáza
- III. Cytochrom c reduktáza
- IV. Cytochrom c oxidáza

**Plasmodesmata**  
channels connect  
two plant cells

**Cell wall** maintains  
cell shape

Plasma  
membrane

Cytoplasm

**Central Vacuole**  
filled with cell sap  
that maintains  
pressure against  
cell wall

**Cytoskeleton**  
microtubules  
intermediate  
filaments  
microfilaments

**Endoplasmic Reticulum**  
smooth rough

**Nucleus** contains  
chromatin, a  
nuclear envelope,  
and a nucleolus,  
as in an animal cell

Ribosomes

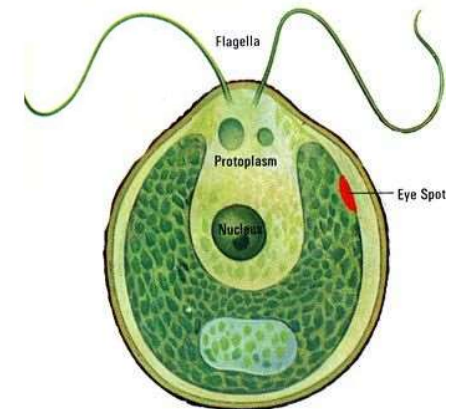
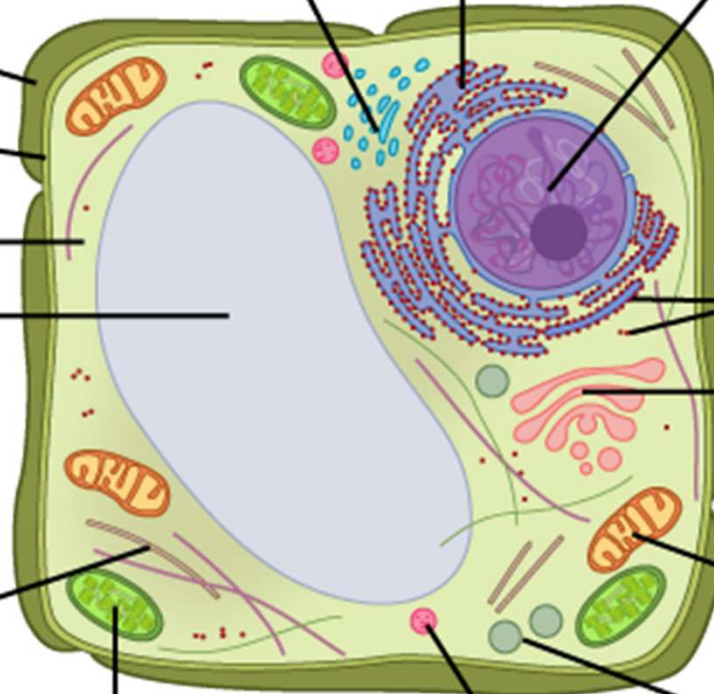
Golgi  
apparatus

Mitochondria

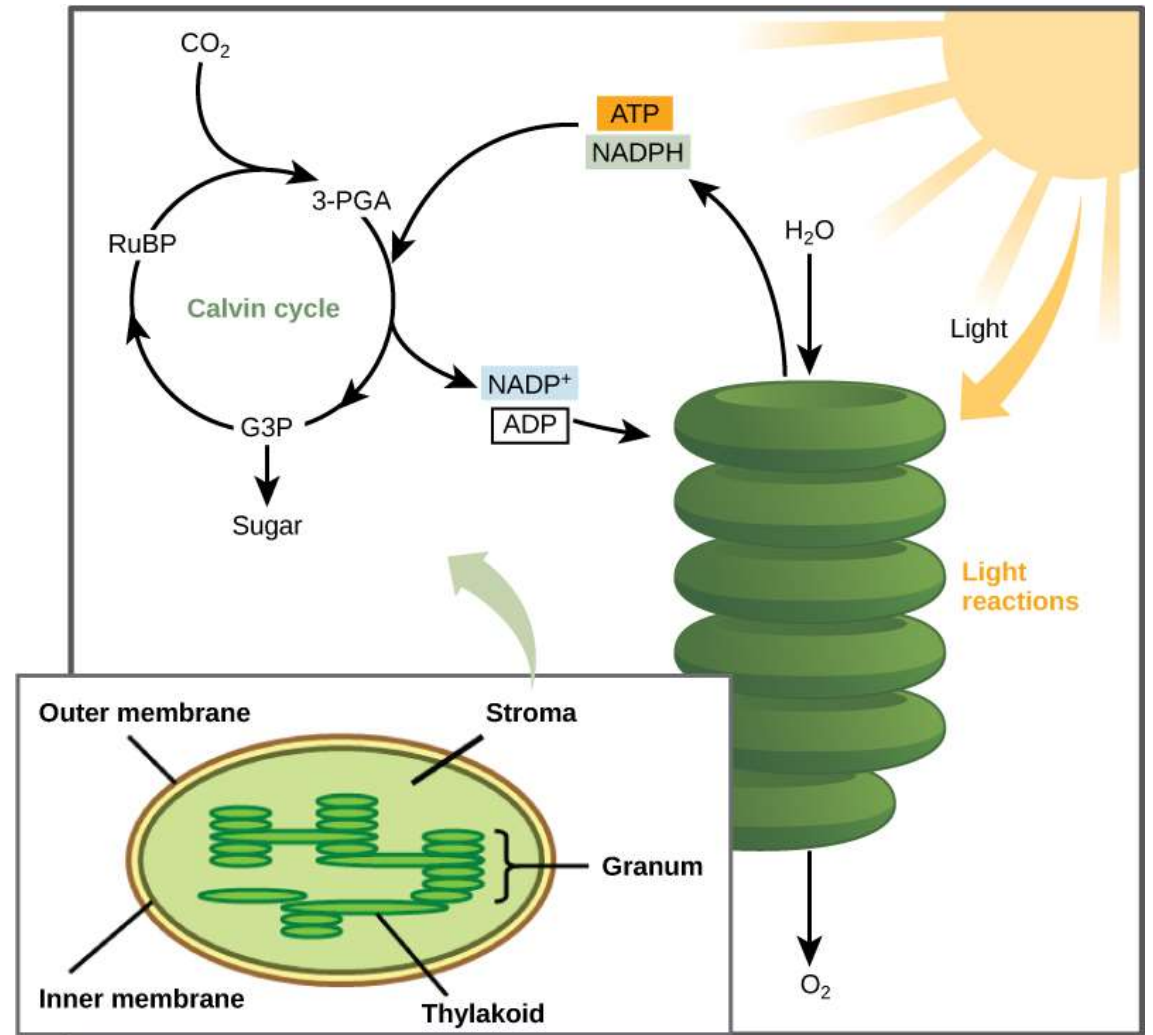
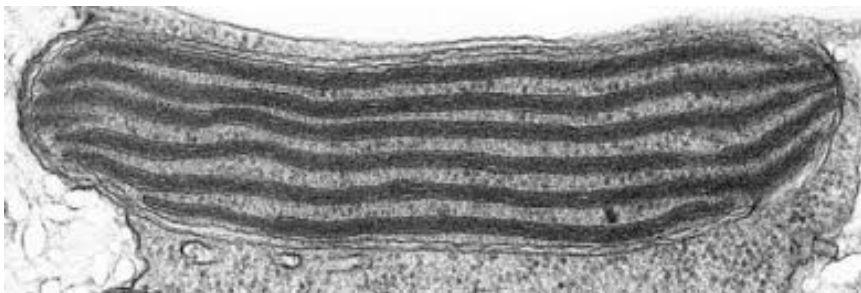
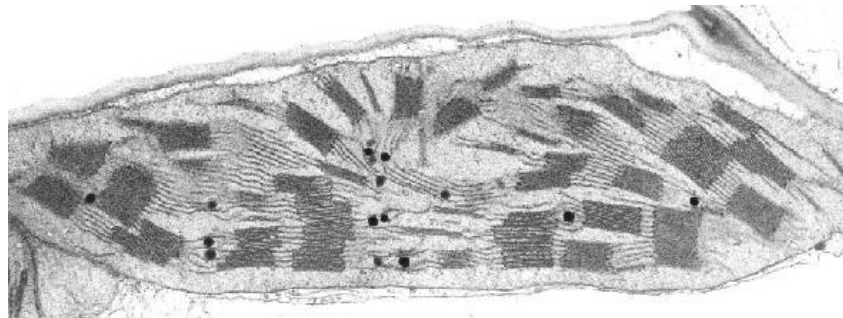
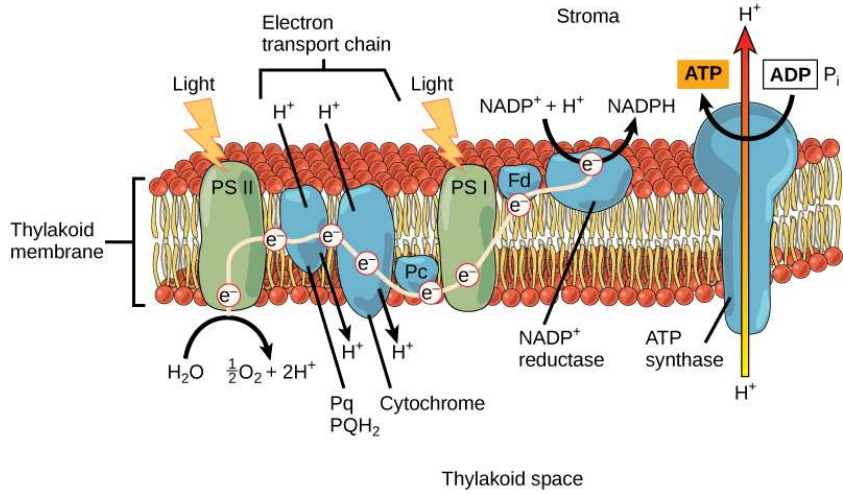
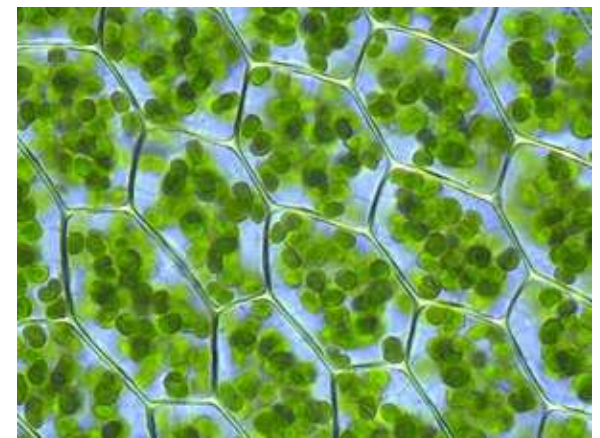
Peroxisome

Chloroplast site  
of photosynthesis

**Plastid** store  
pigments



# Plastid



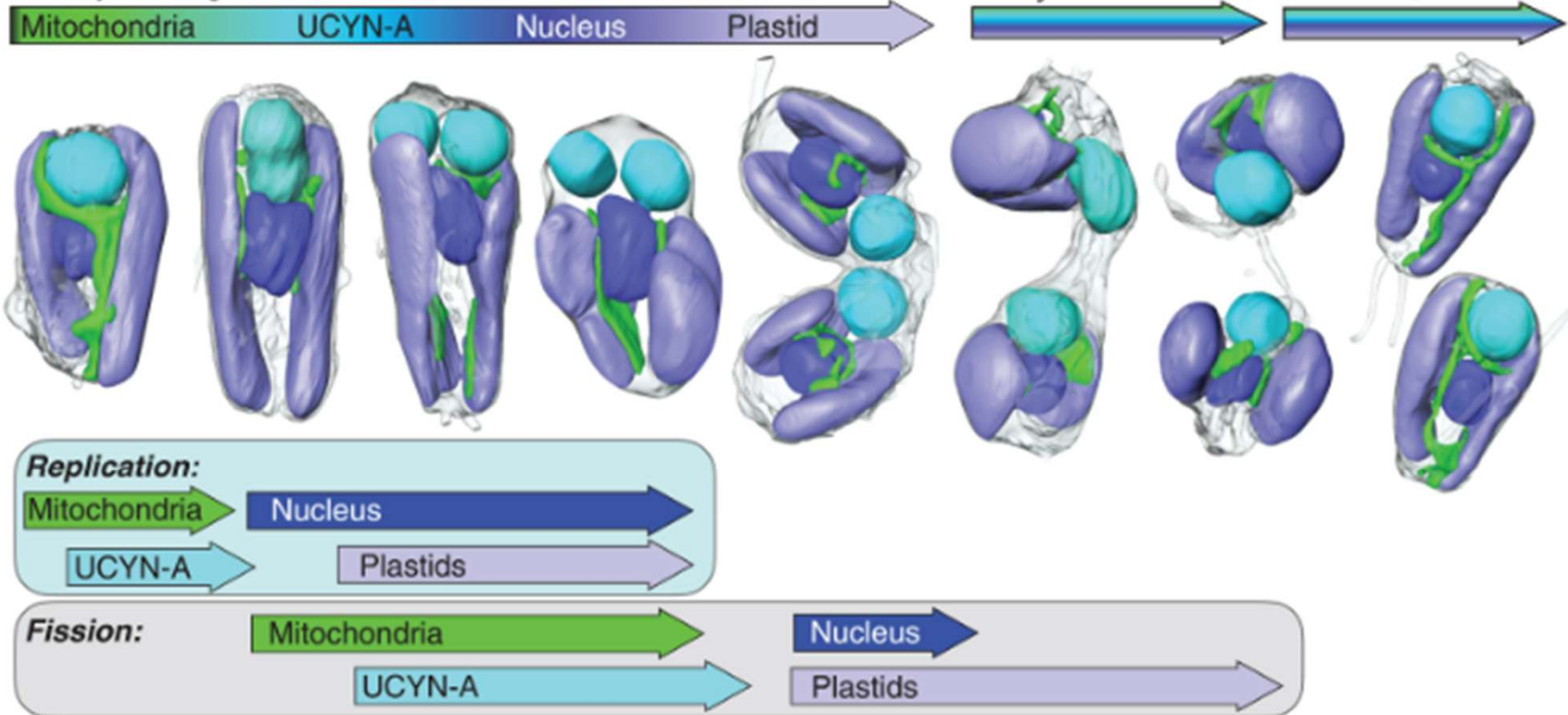
# Dusík fixující „plastid“

(Coale et al, 2024, Science)

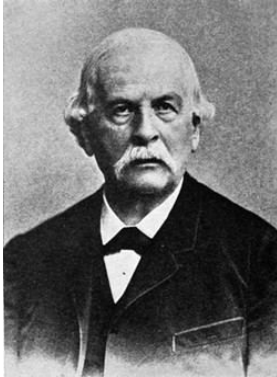


## B Dark Cycle - SXT Tomograms

Cell Cycle Progression



# Endosymbiotická hypotéza



Richard Altman  
(1852-1900)



Lynn Margulis  
(1938-2011)

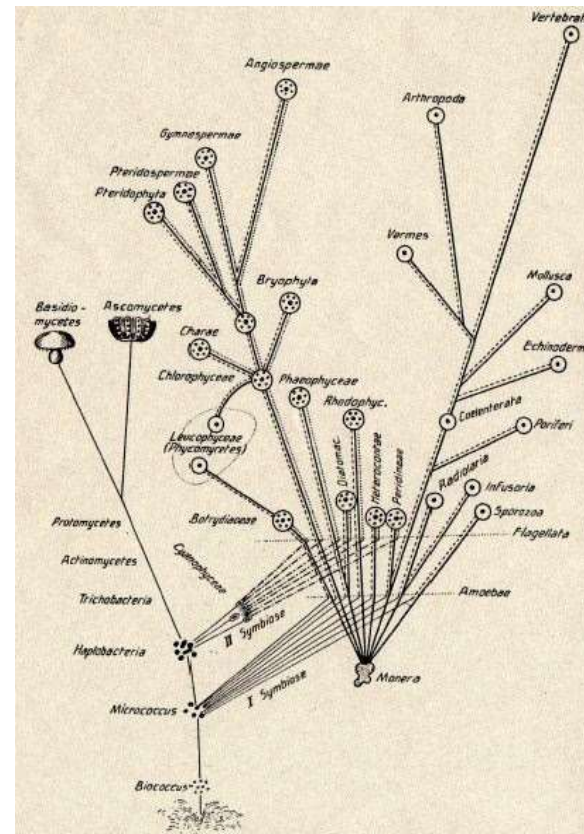
Lynn Sagan. On the origin of mitosing cells. (1967)  
*Journal of Theoretical Biology*, 14: 255–274

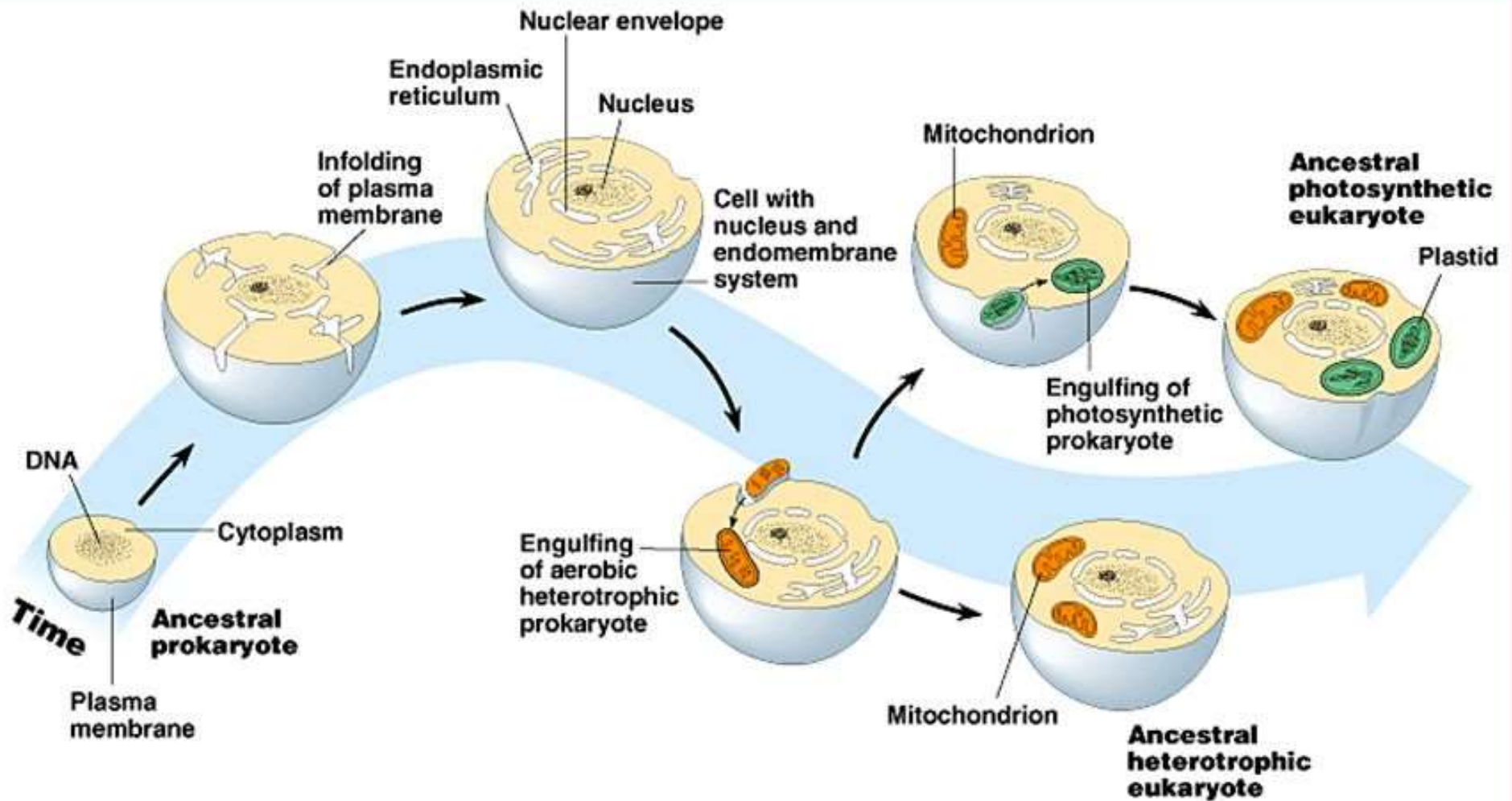


Andreas Franz  
Wilhelm Schimper  
(1856-1901)



Konstantin Sergejevič  
Merežkovskij  
(1854-1921)







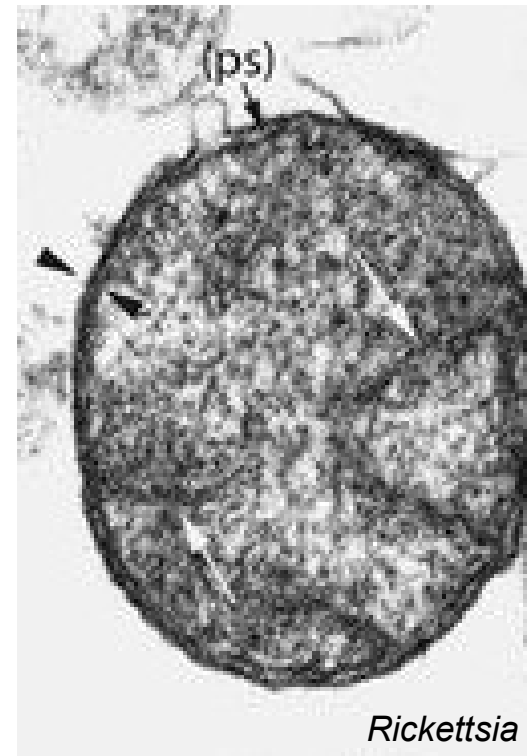
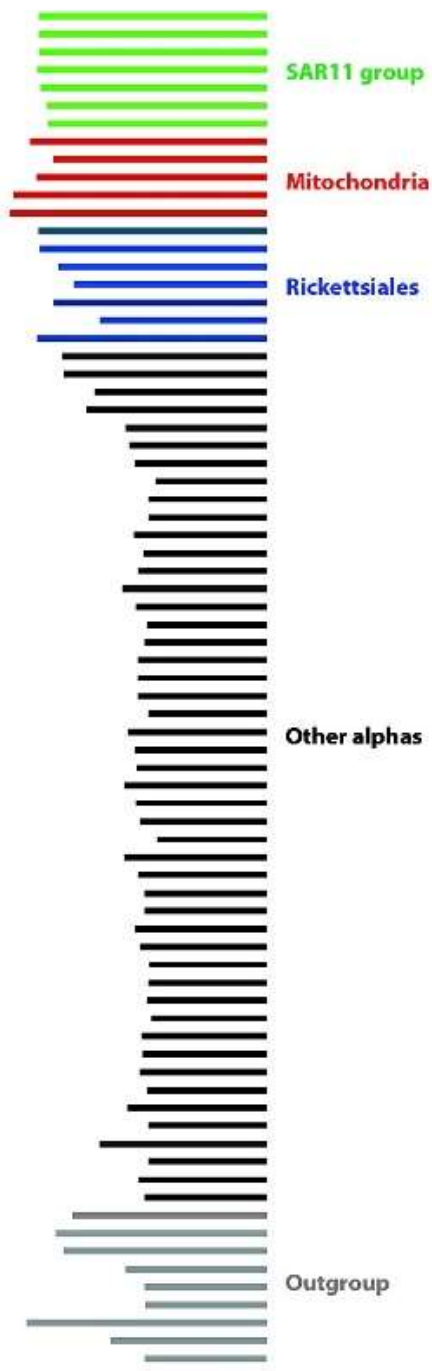
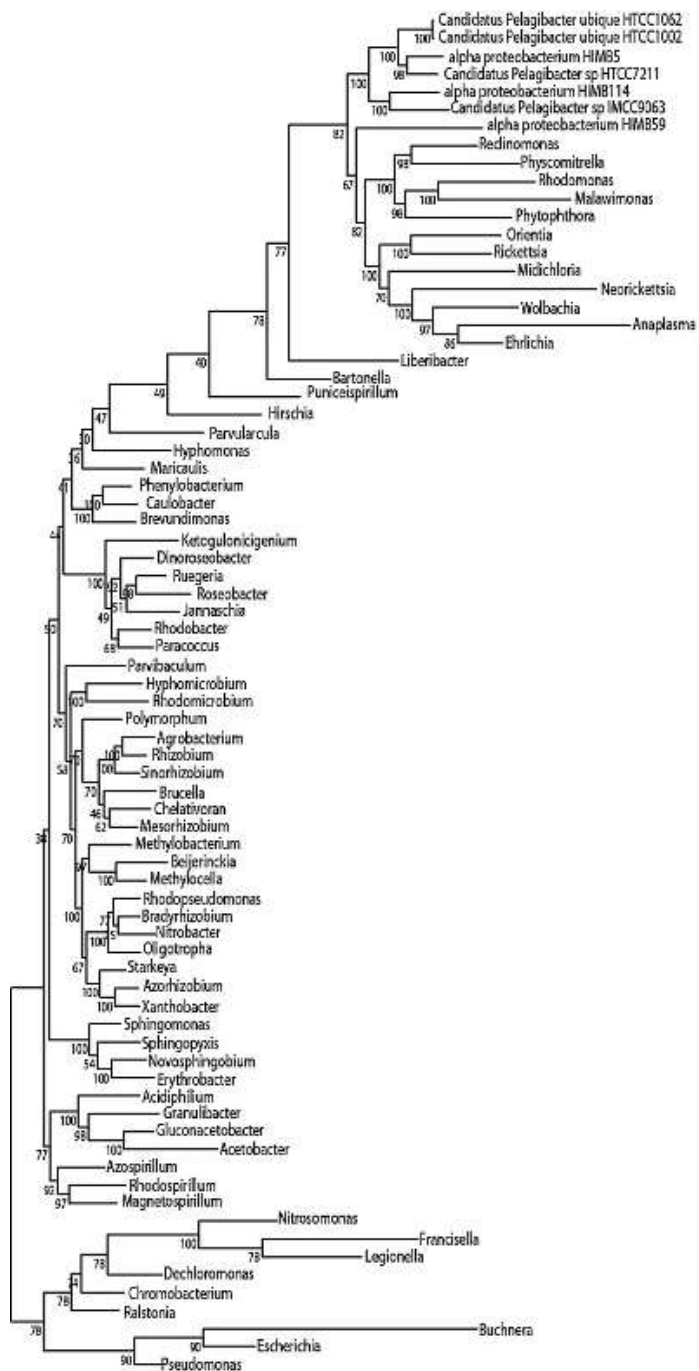
# Vnitrobuněčná domestikace

kořist → kleptoplastidy → plastidy

kořist → chov na maso → vejce, mléko, krev

Experimentální domestikace bankivského kura (Per Jensen)  
Experimentální domestikace lišky (Dimitrij Běljajev)

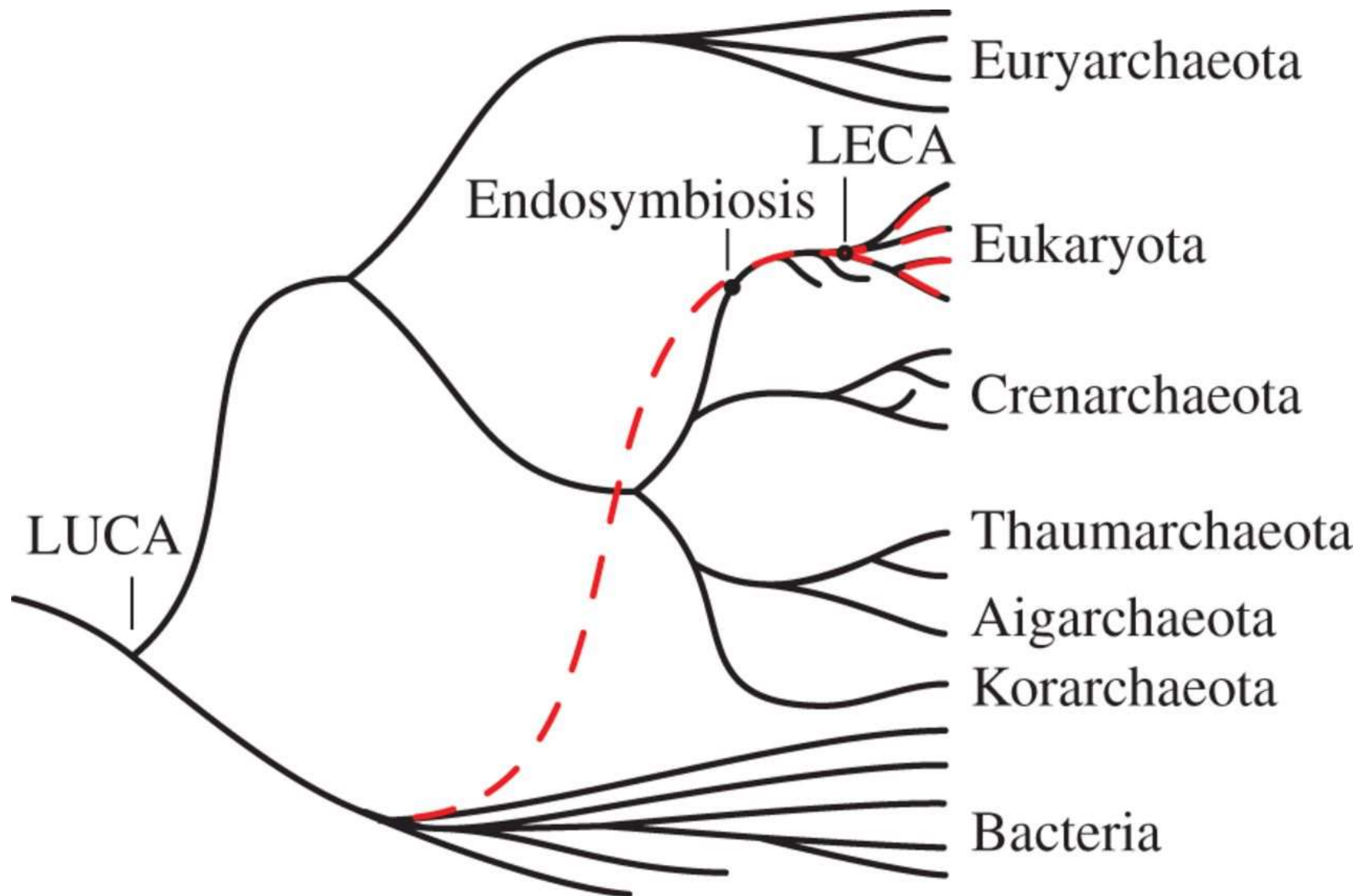


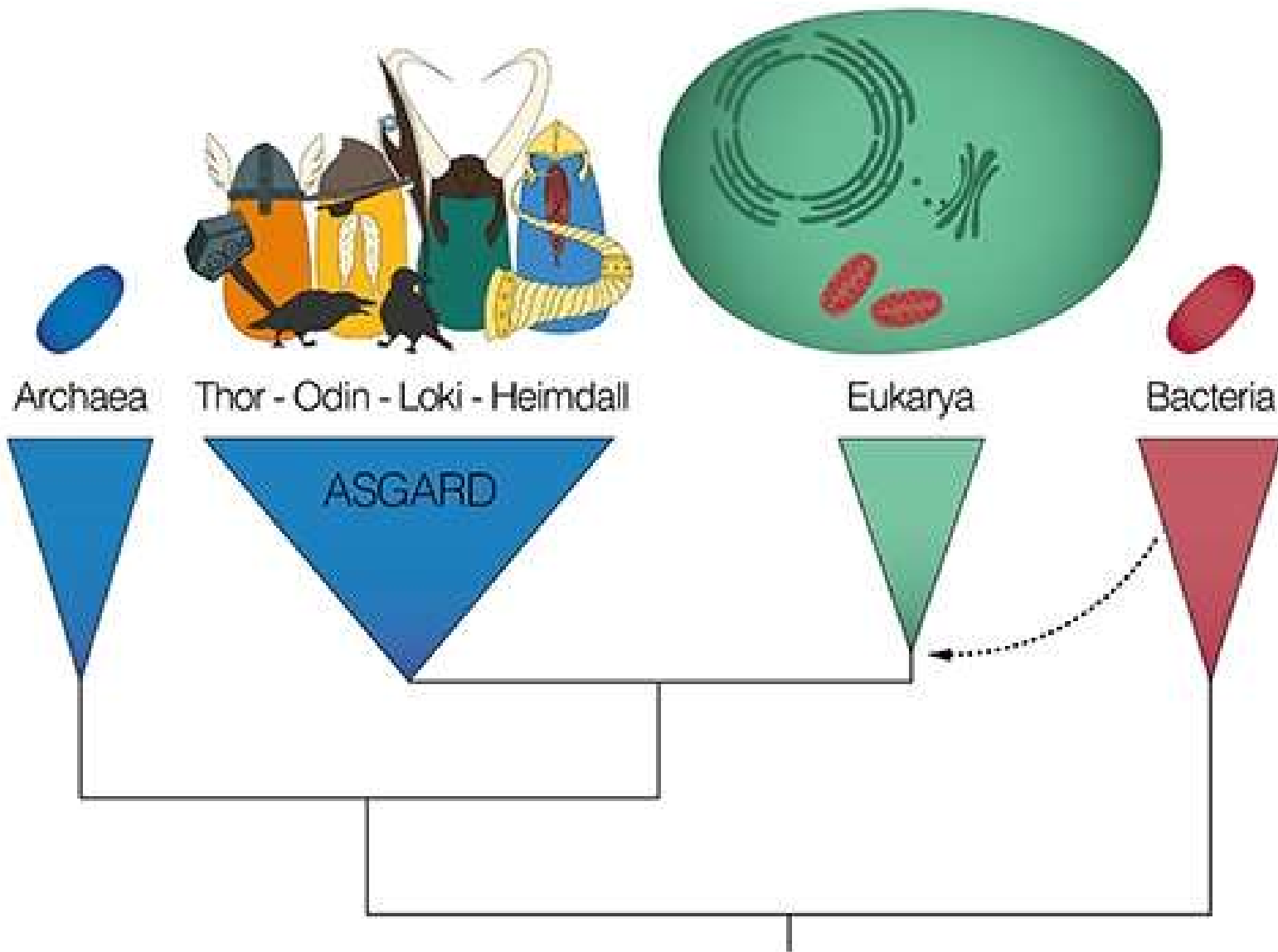


*Rickettsia*

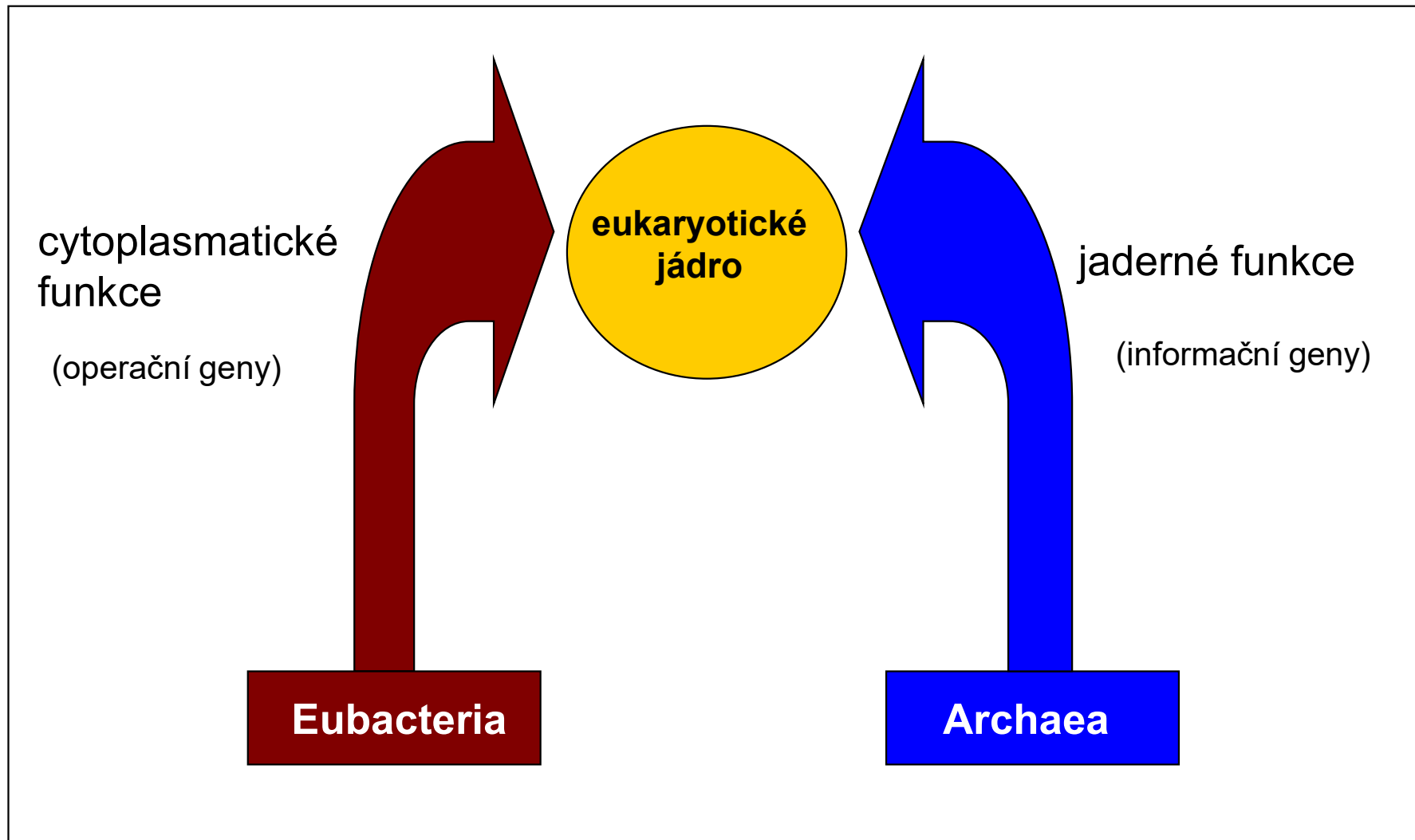
Elfving et al., 2012

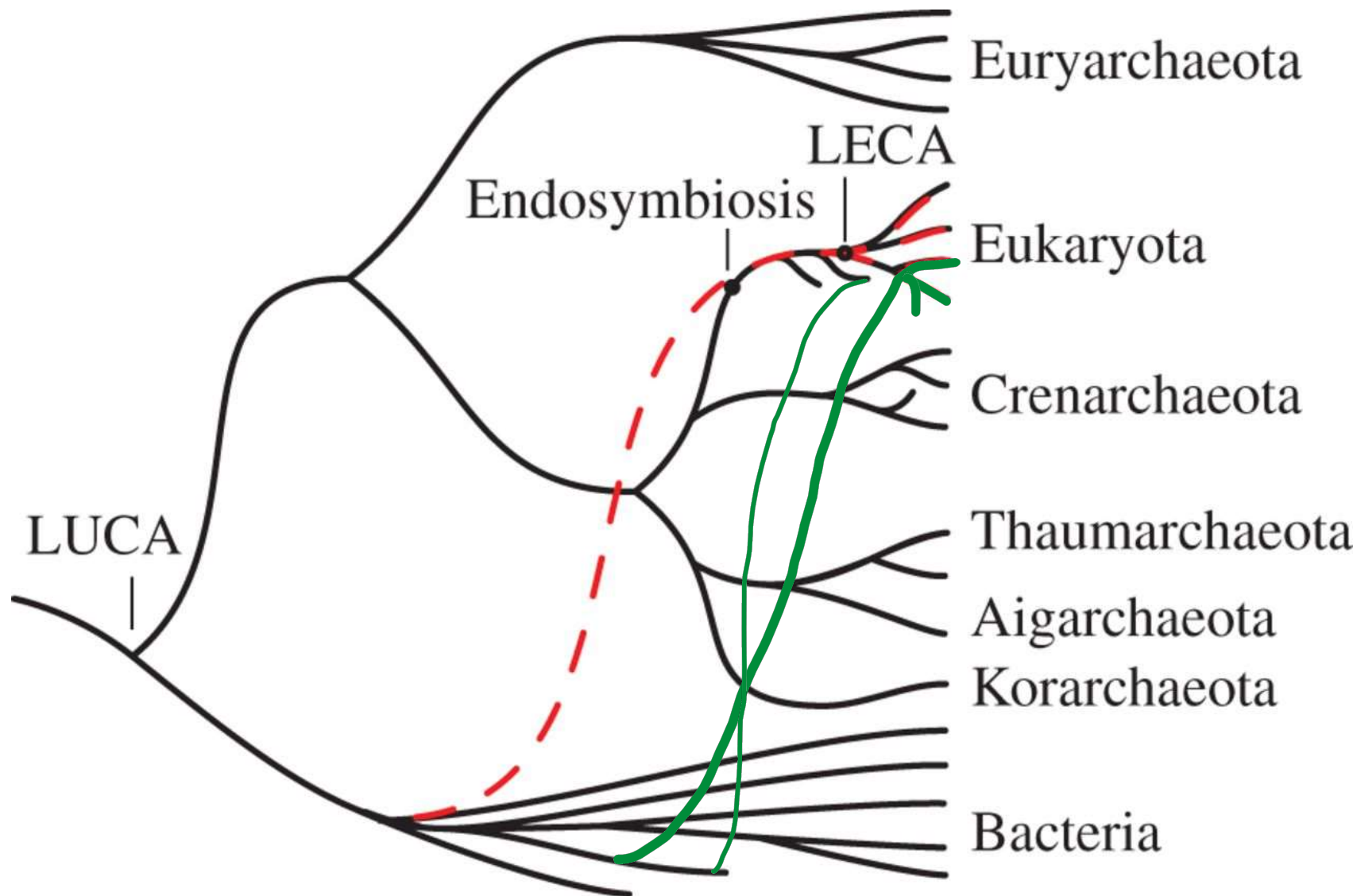
0.1247



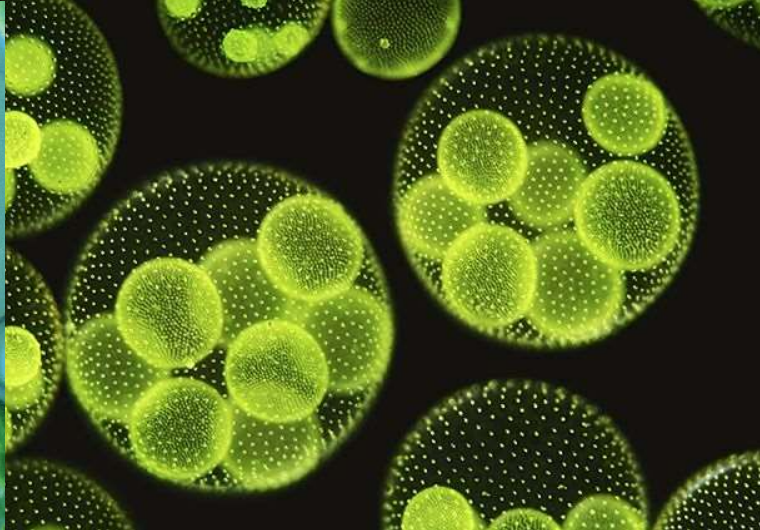
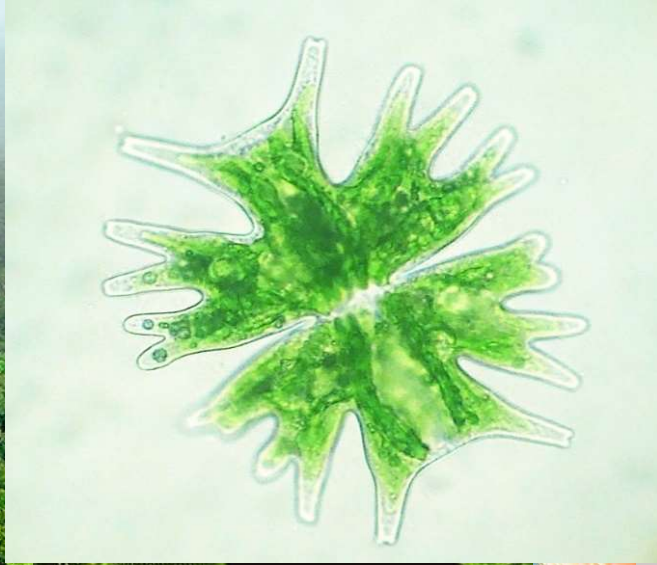
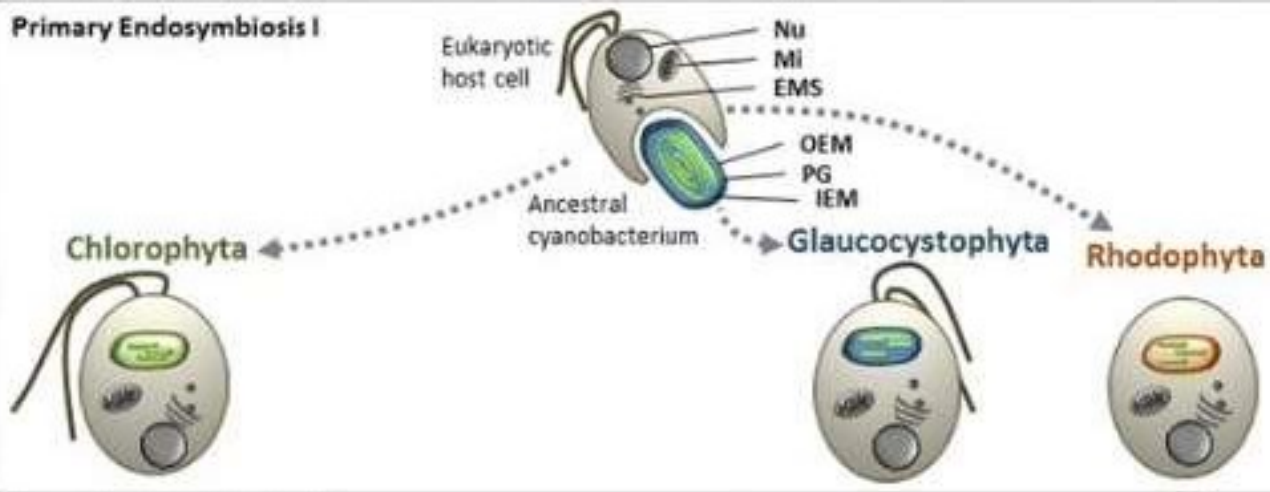


# Složení eukaryotického genomu

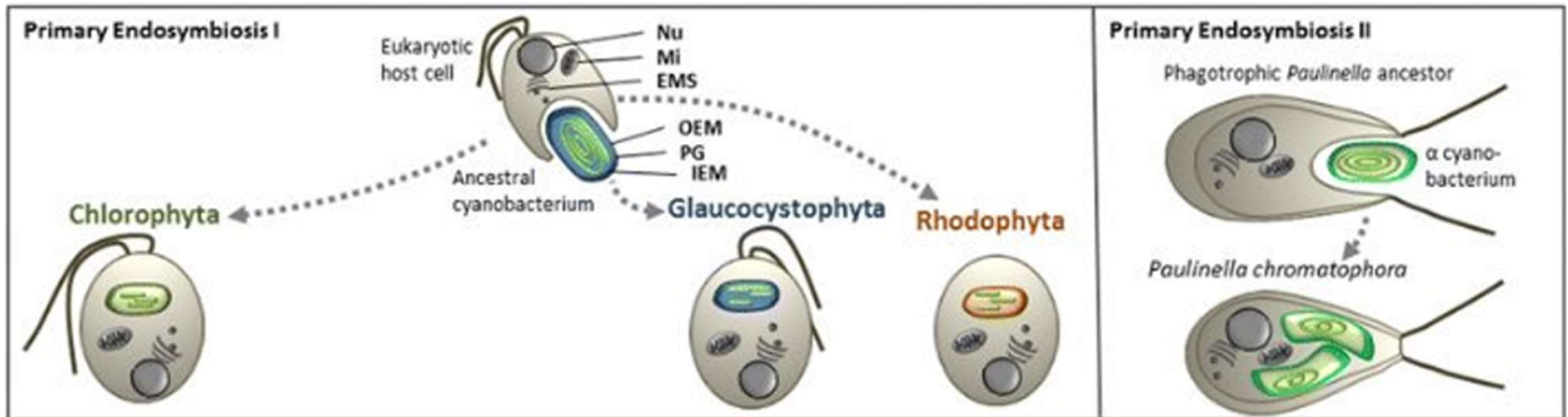




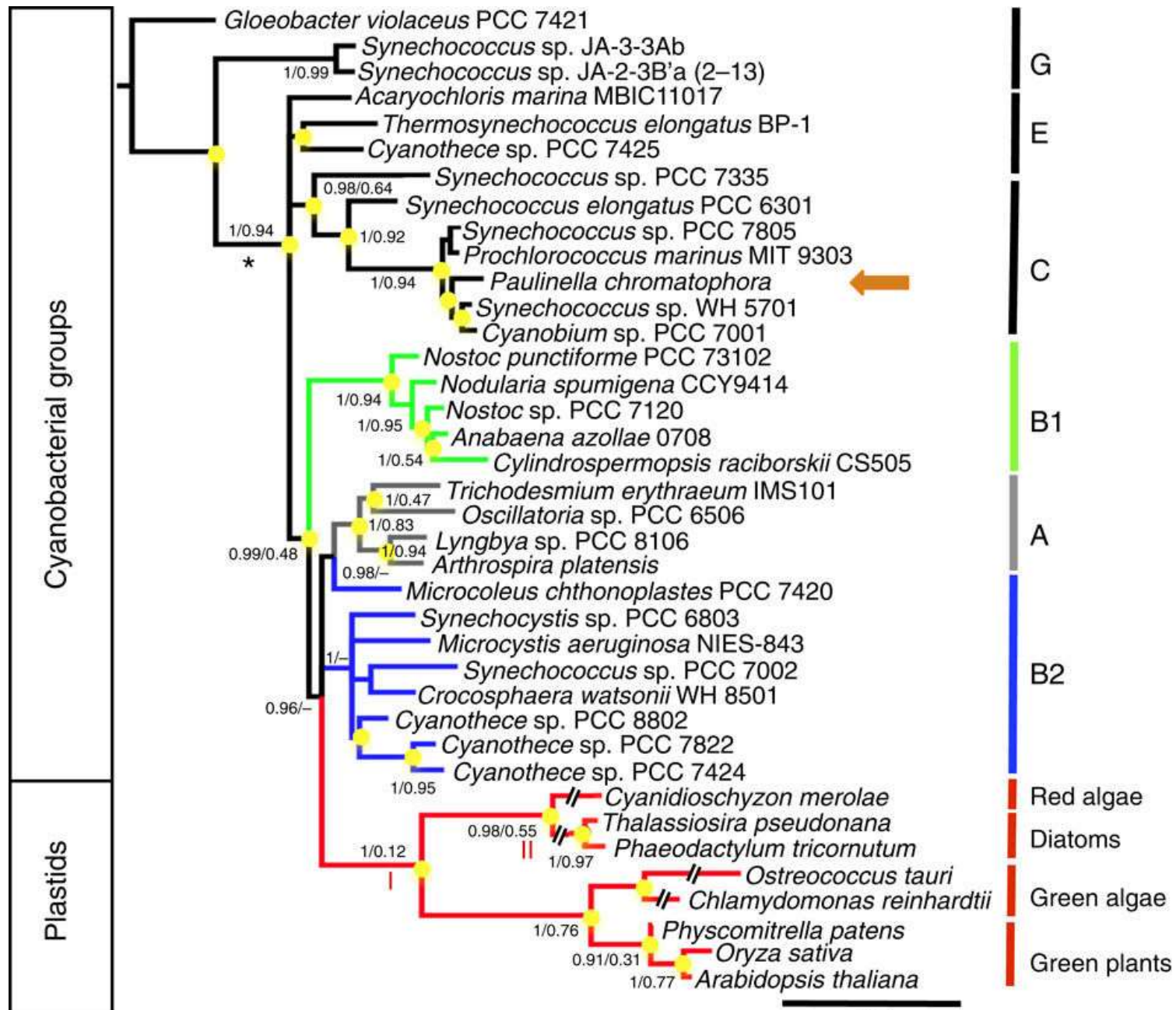
# Primary Endosymbiosis I

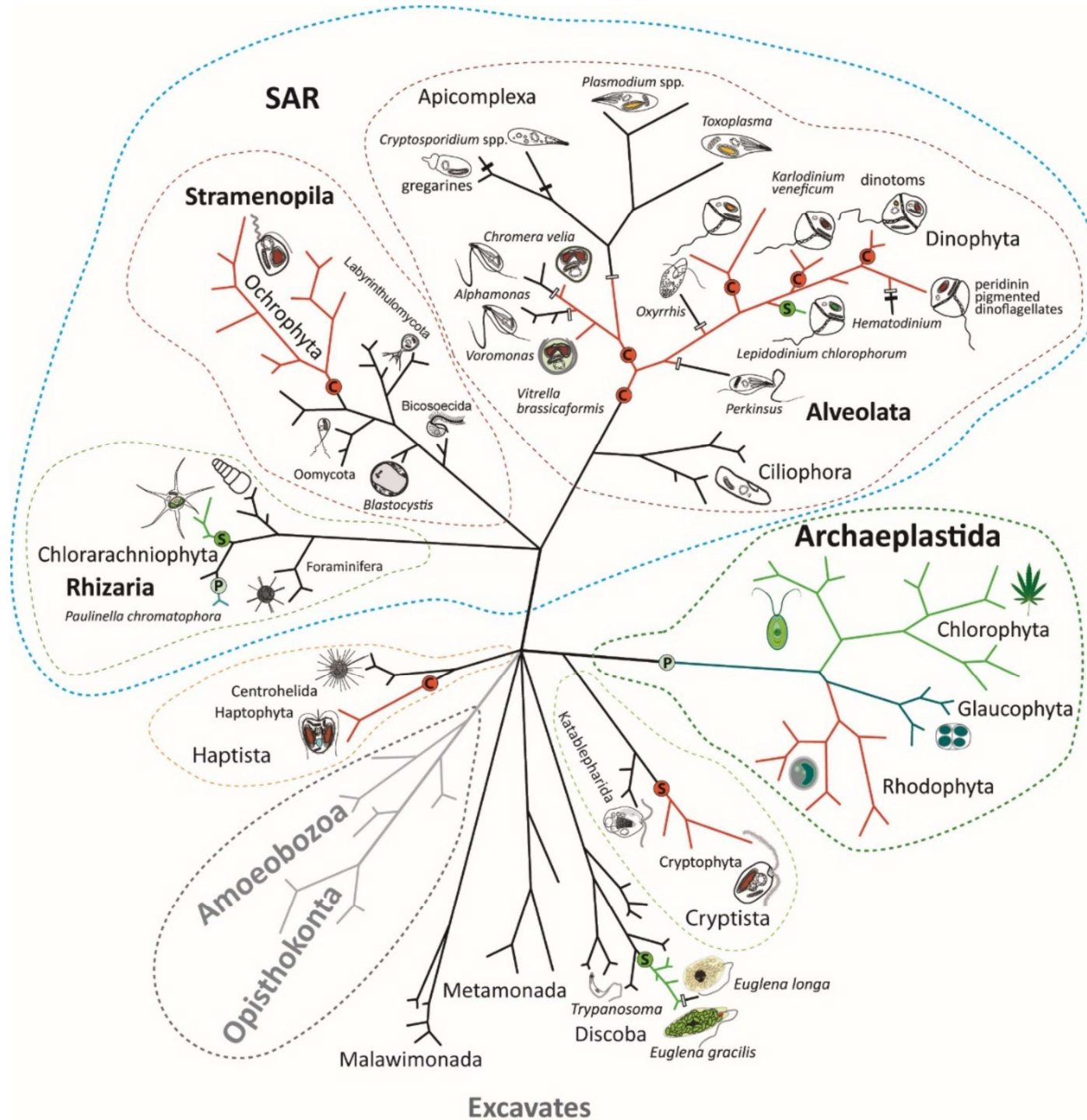


# Primární endosymbióza

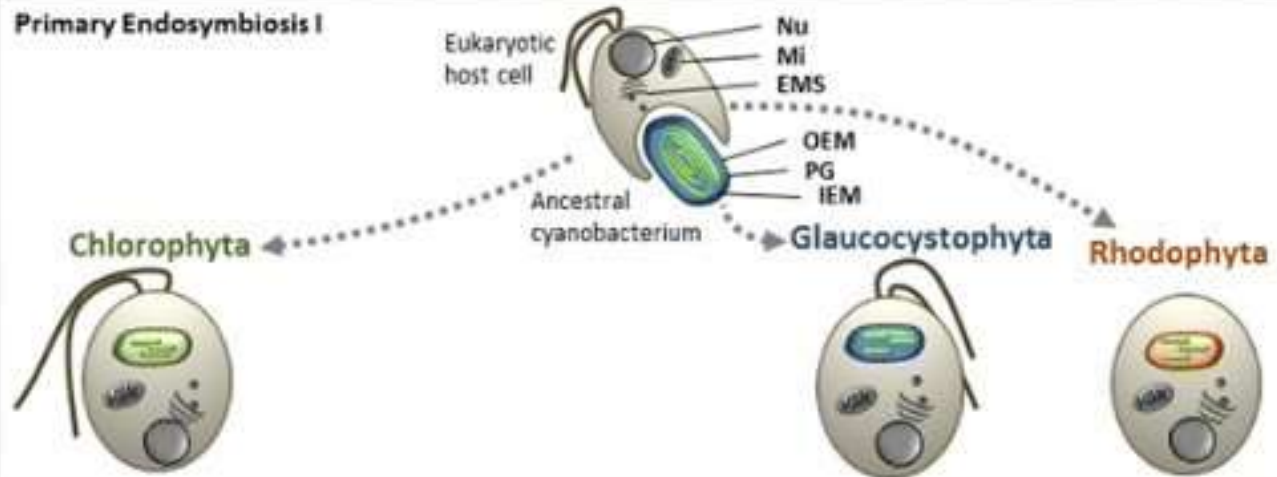




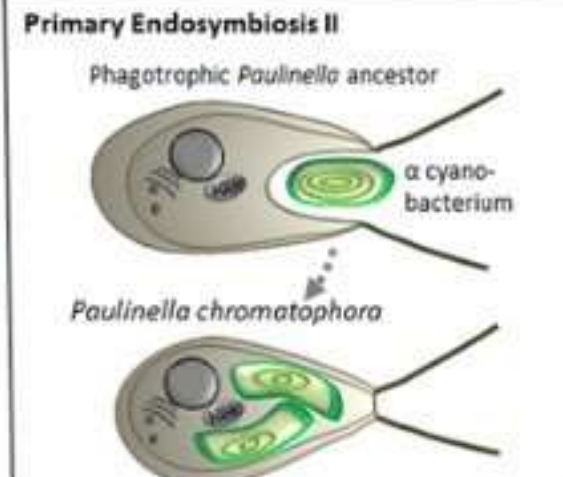




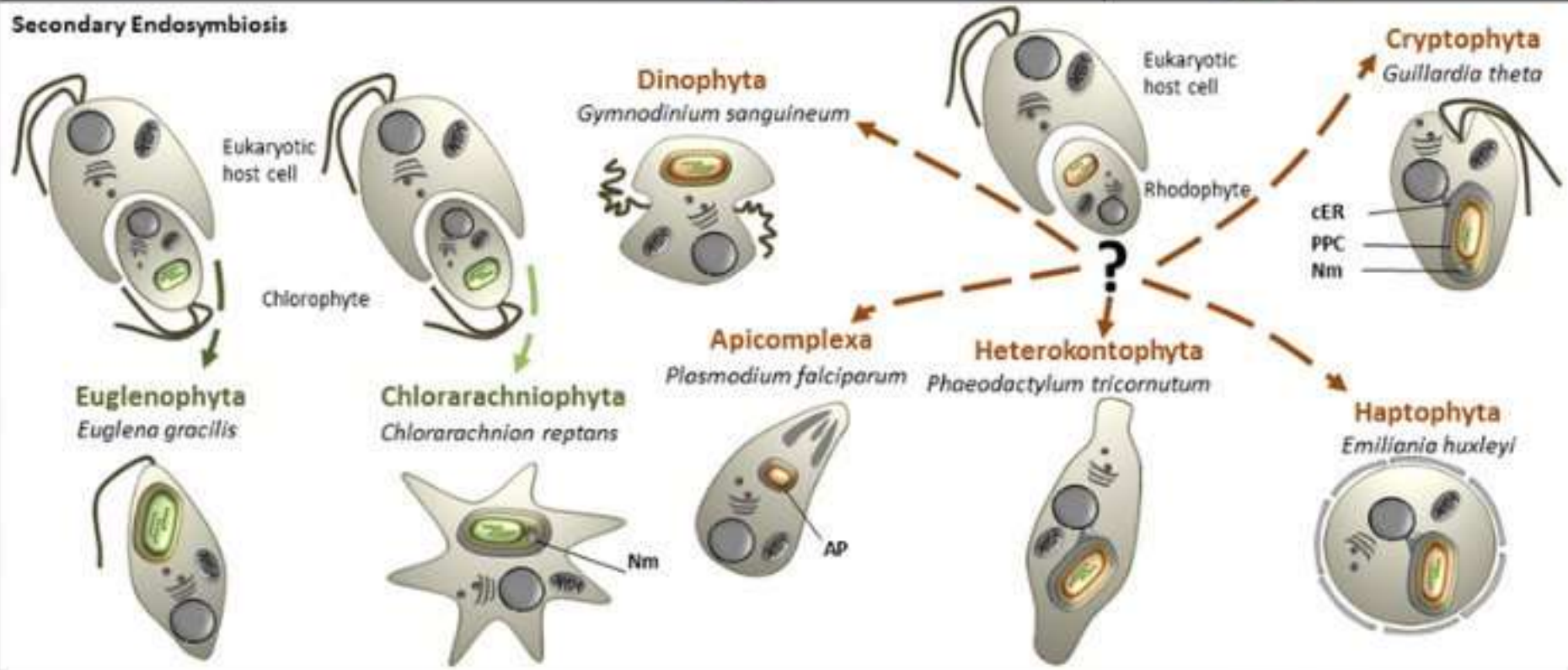
### Primary Endosymbiosis I

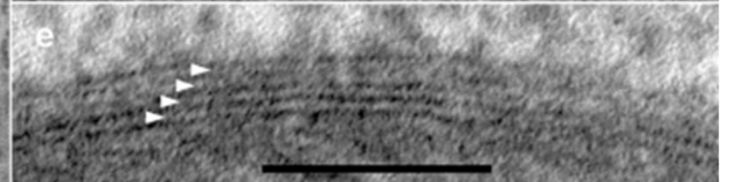
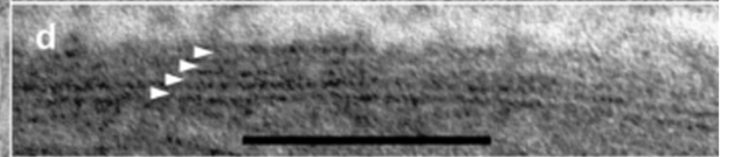
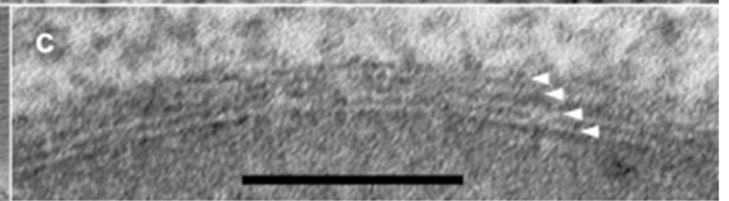
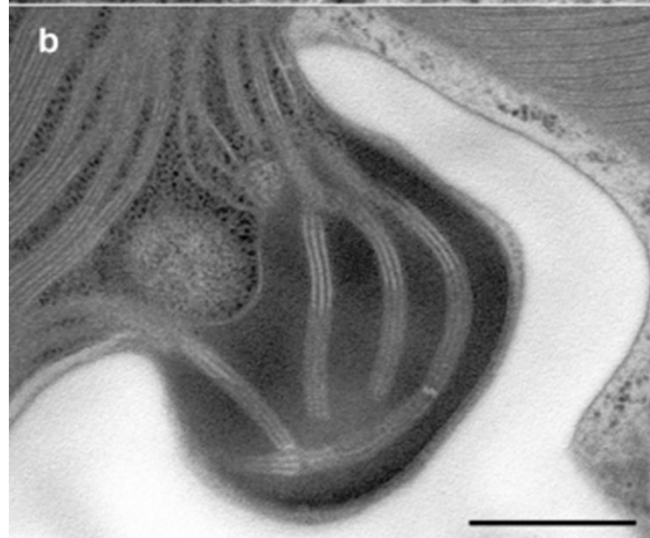
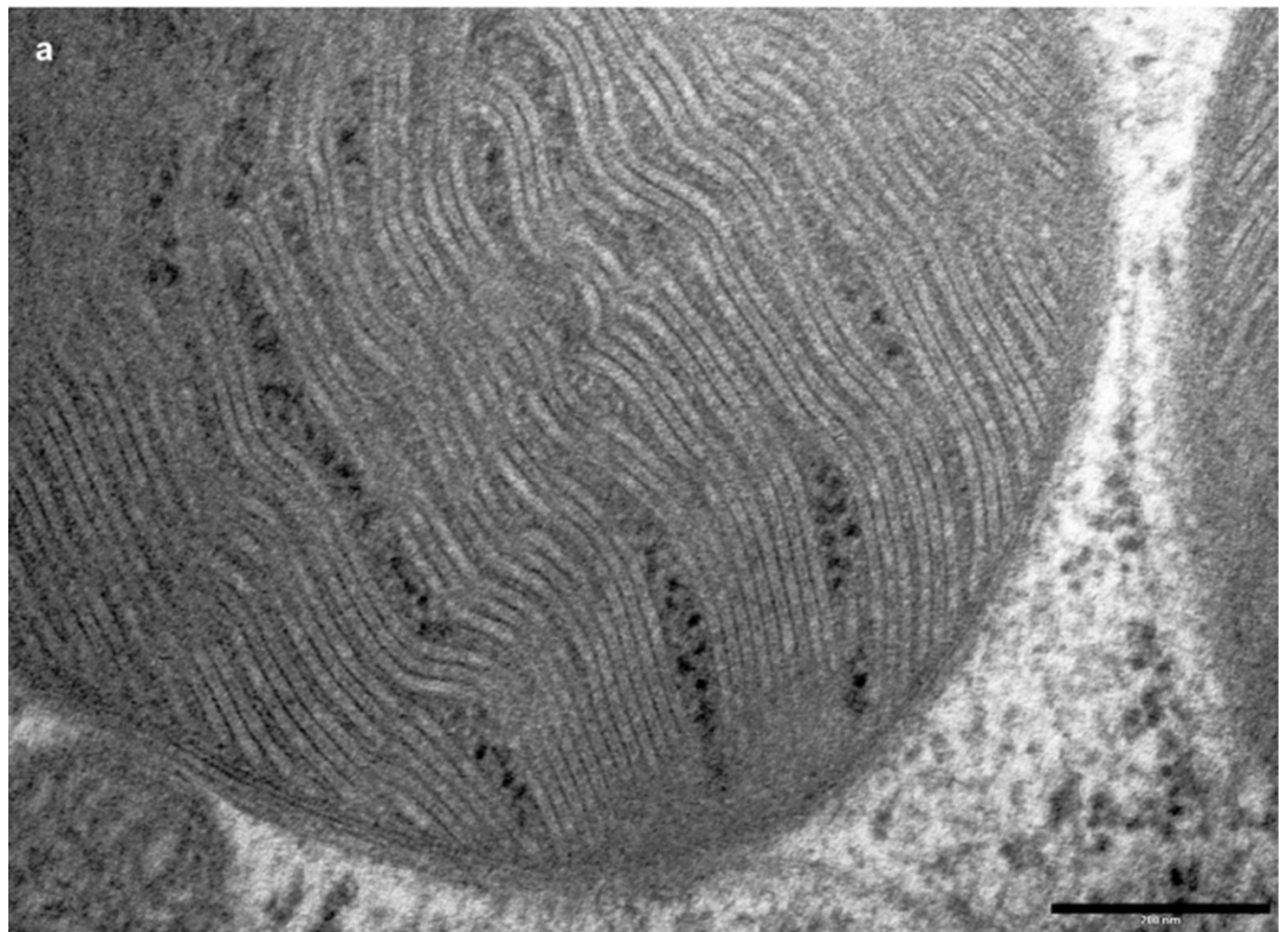


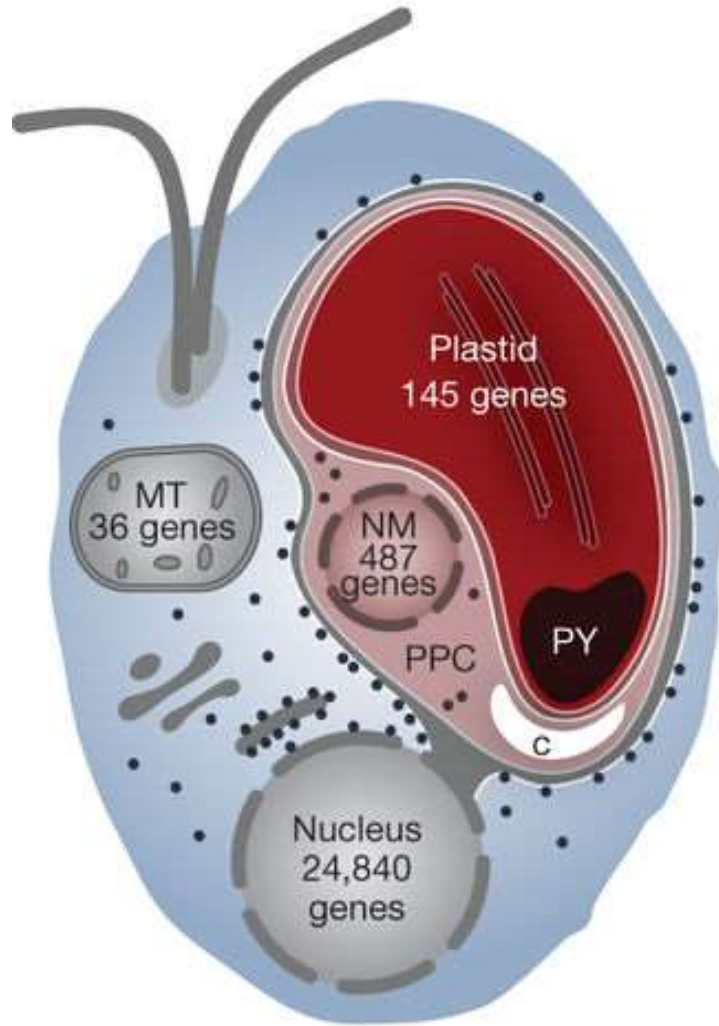
### Primary Endosymbiosis II



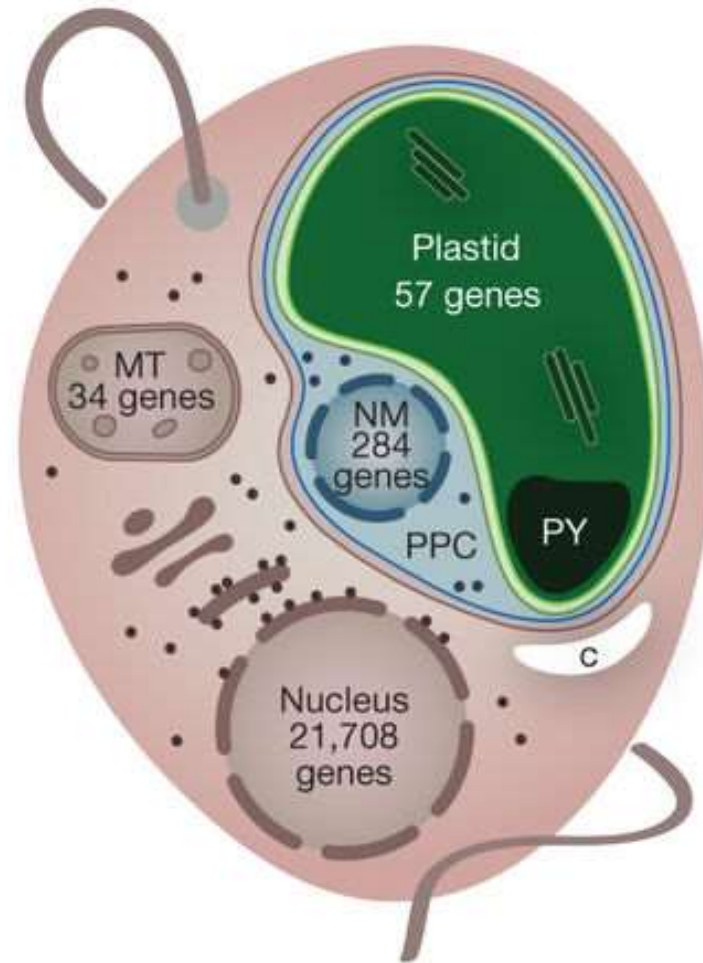
### Secondary Endosymbiosis



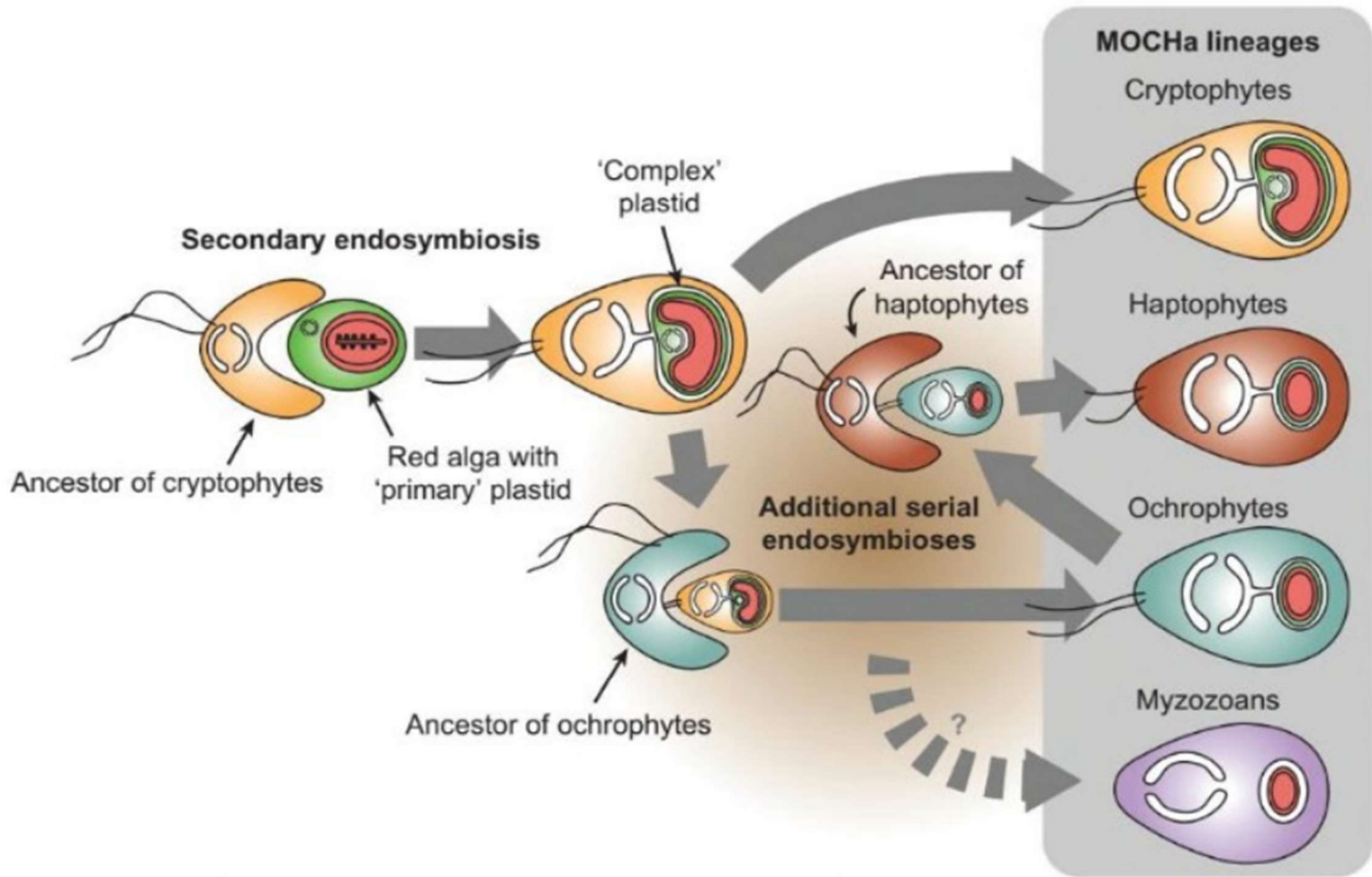


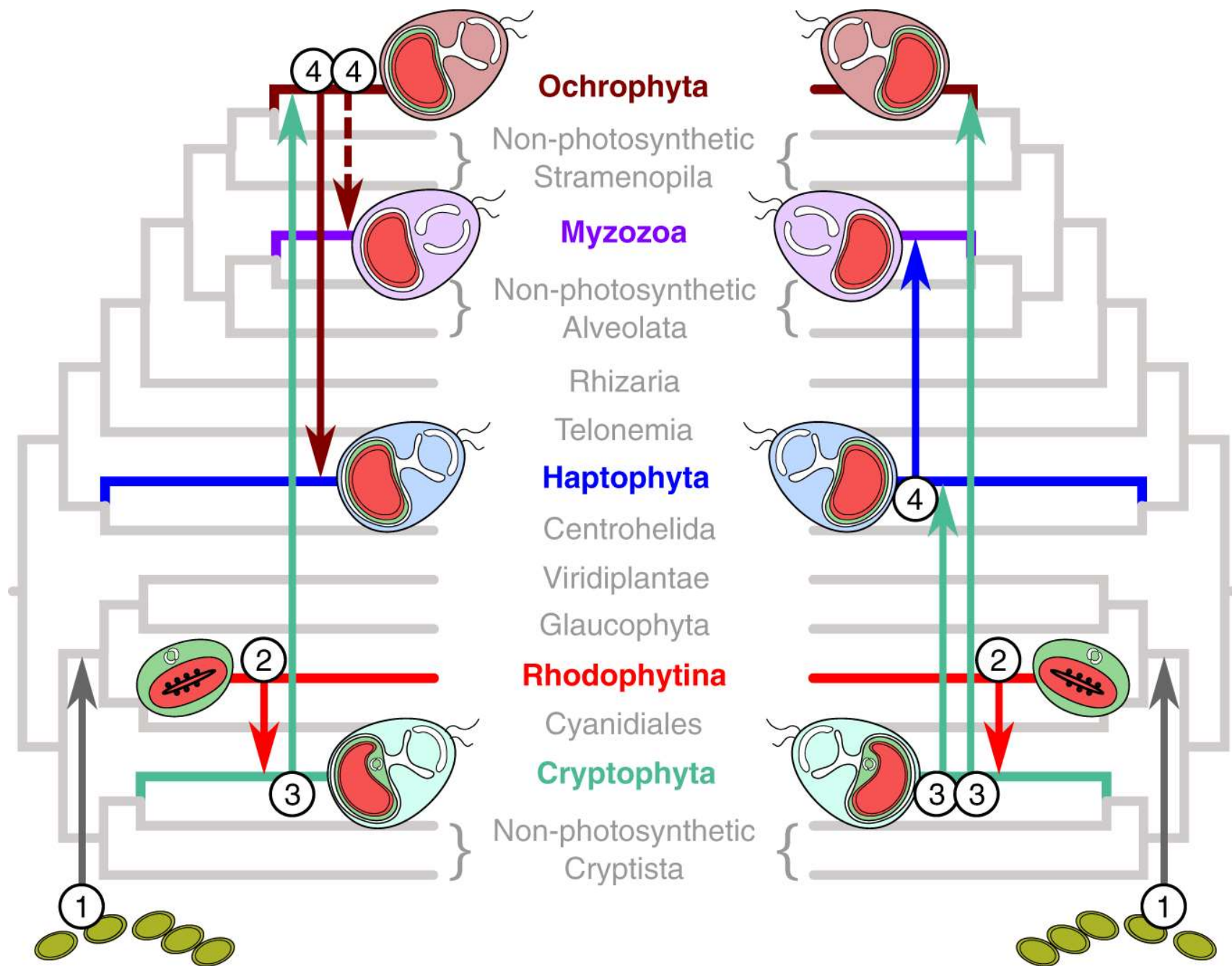


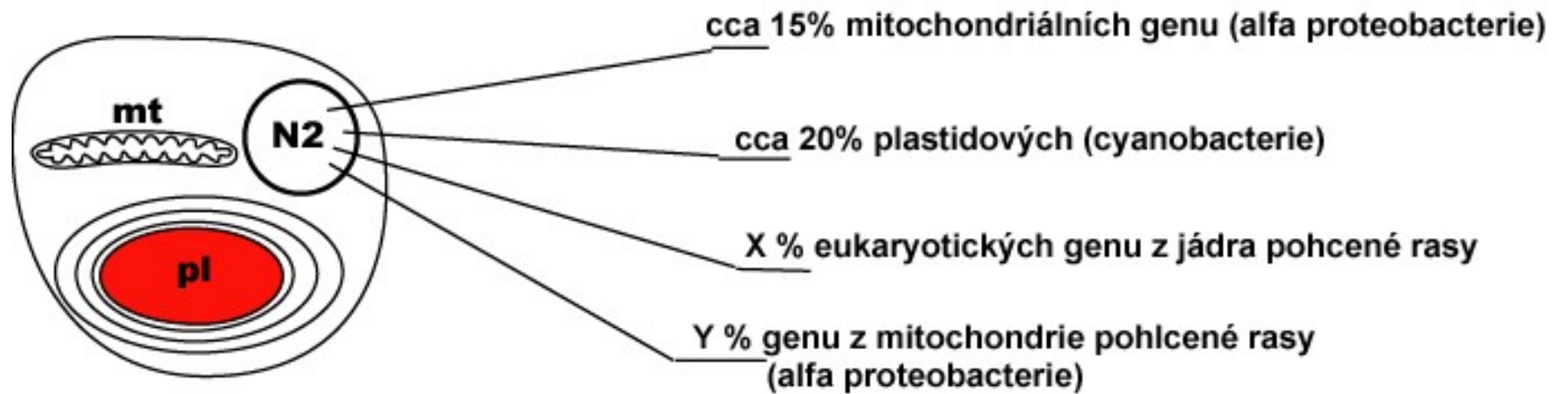
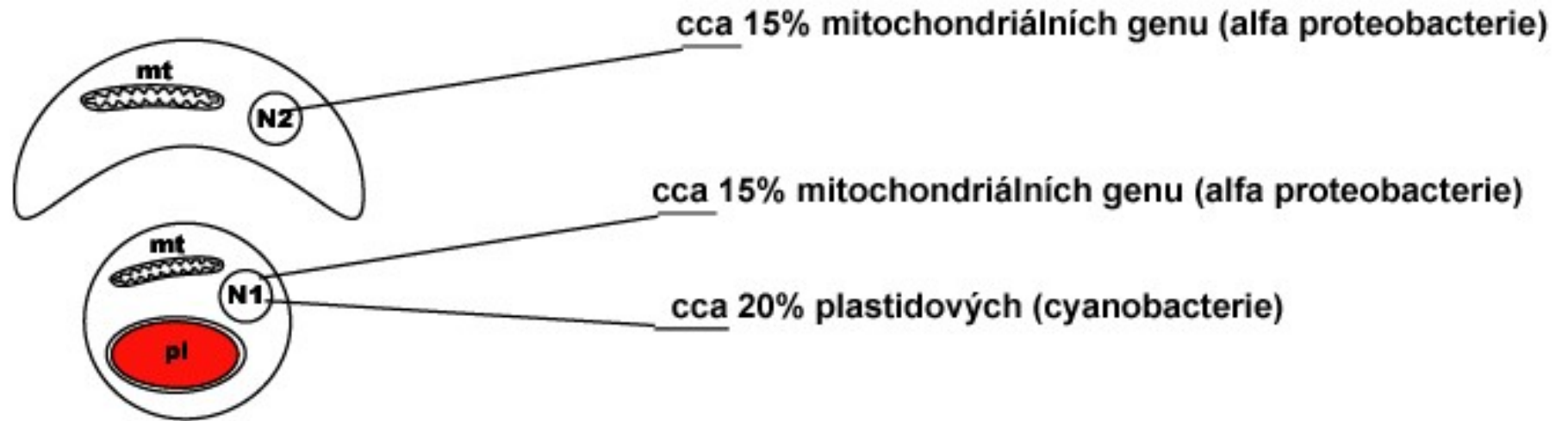
*Guillardia theta*



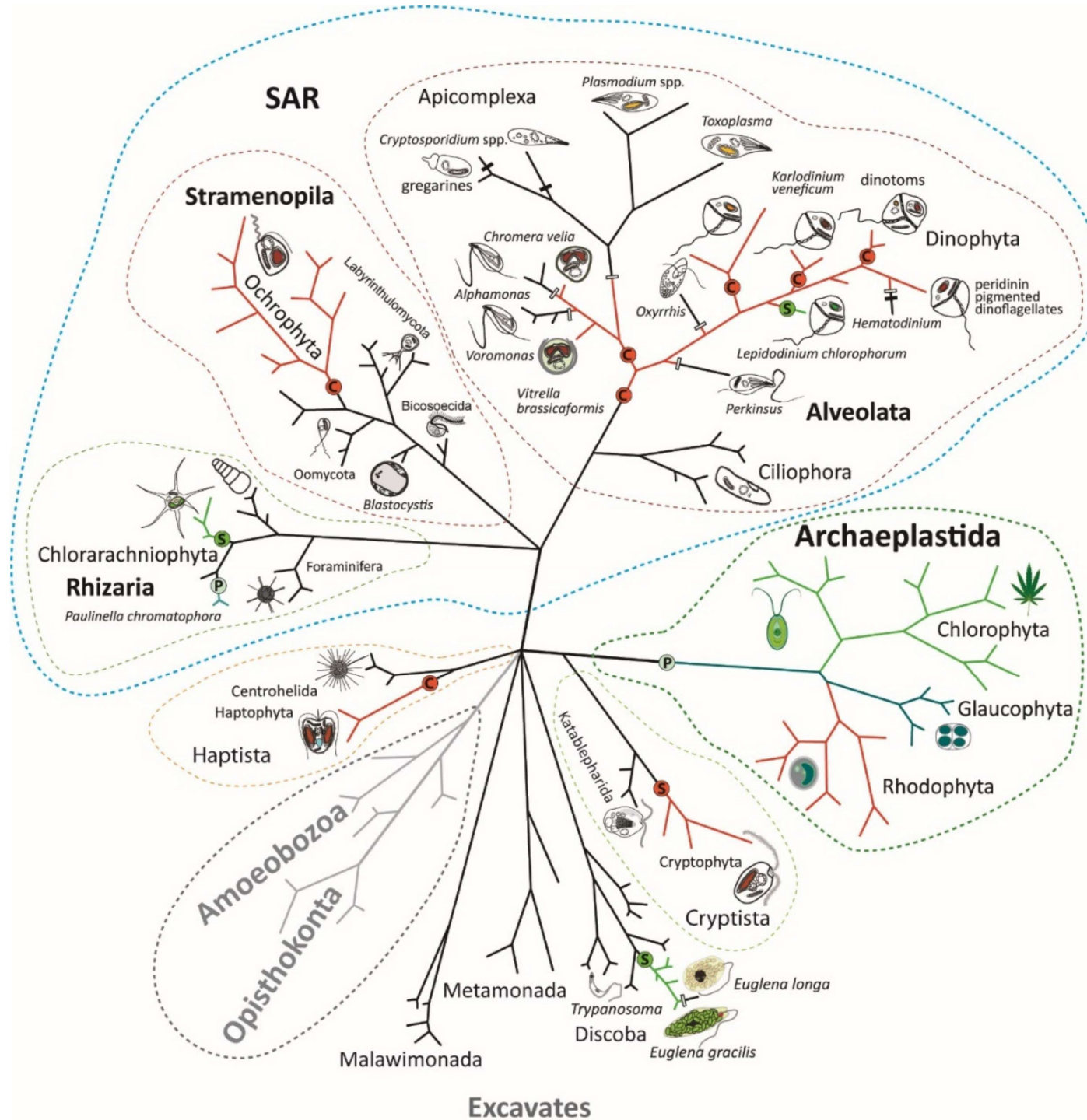
*Bigelowiella natans*



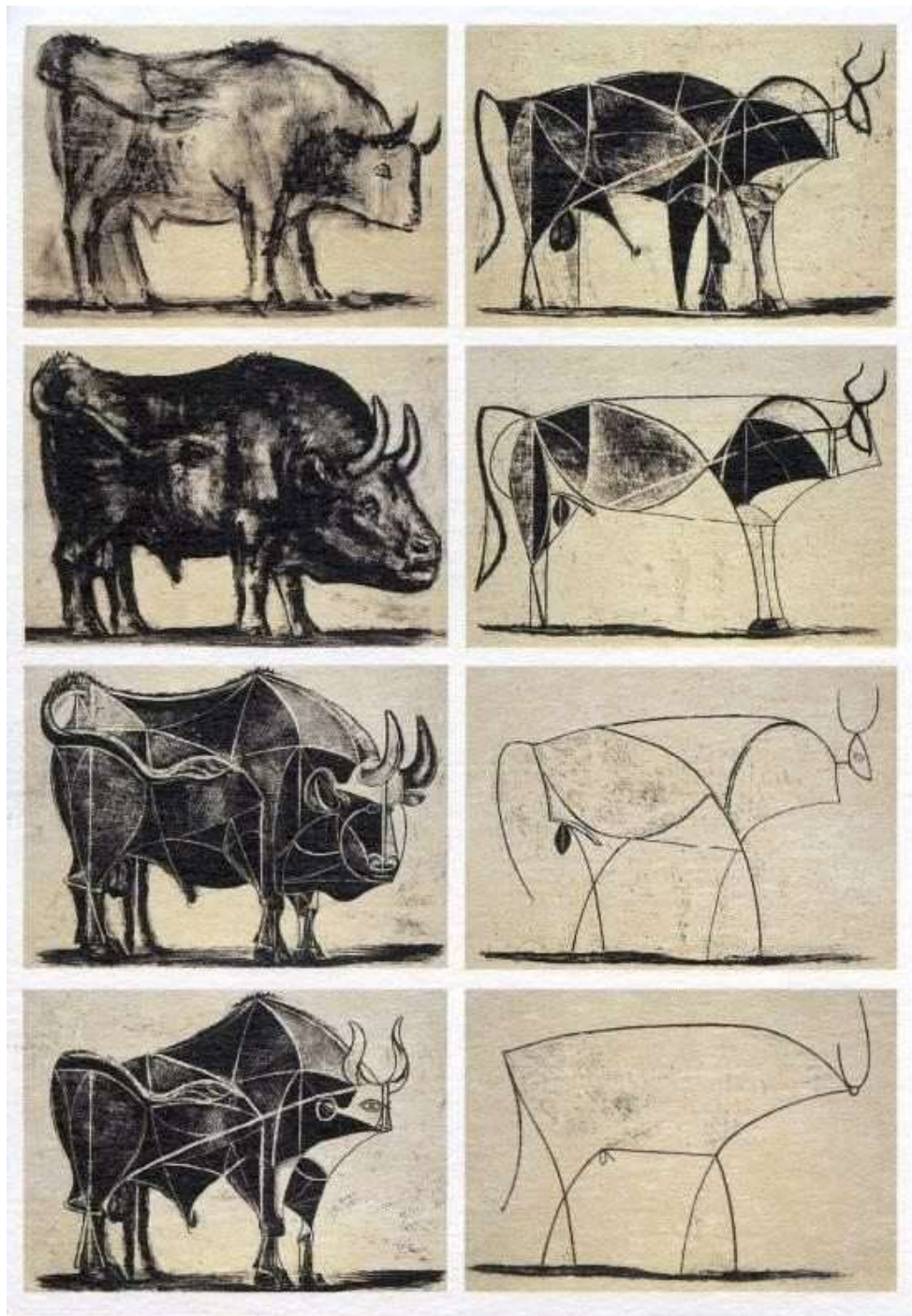


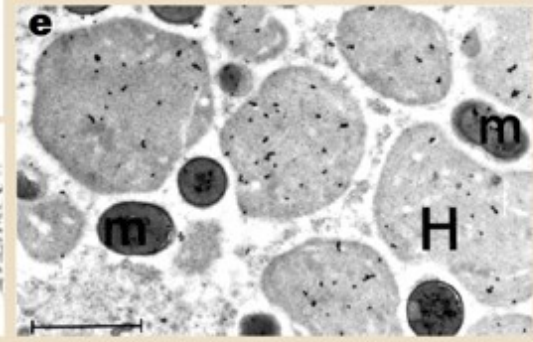
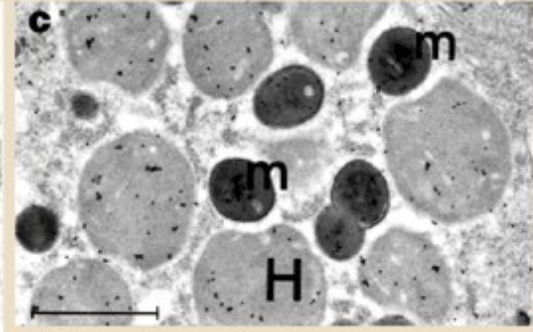
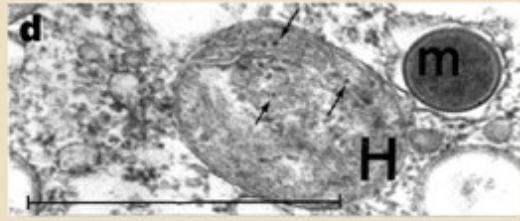
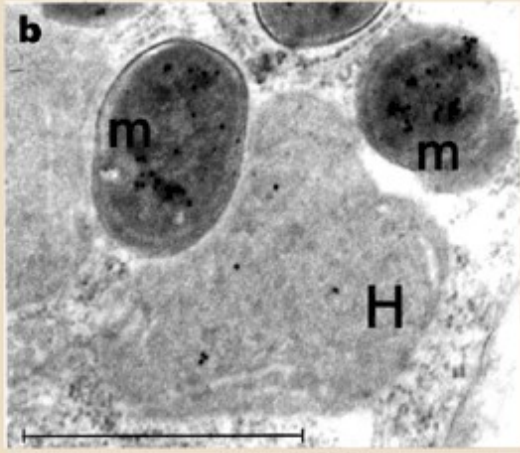
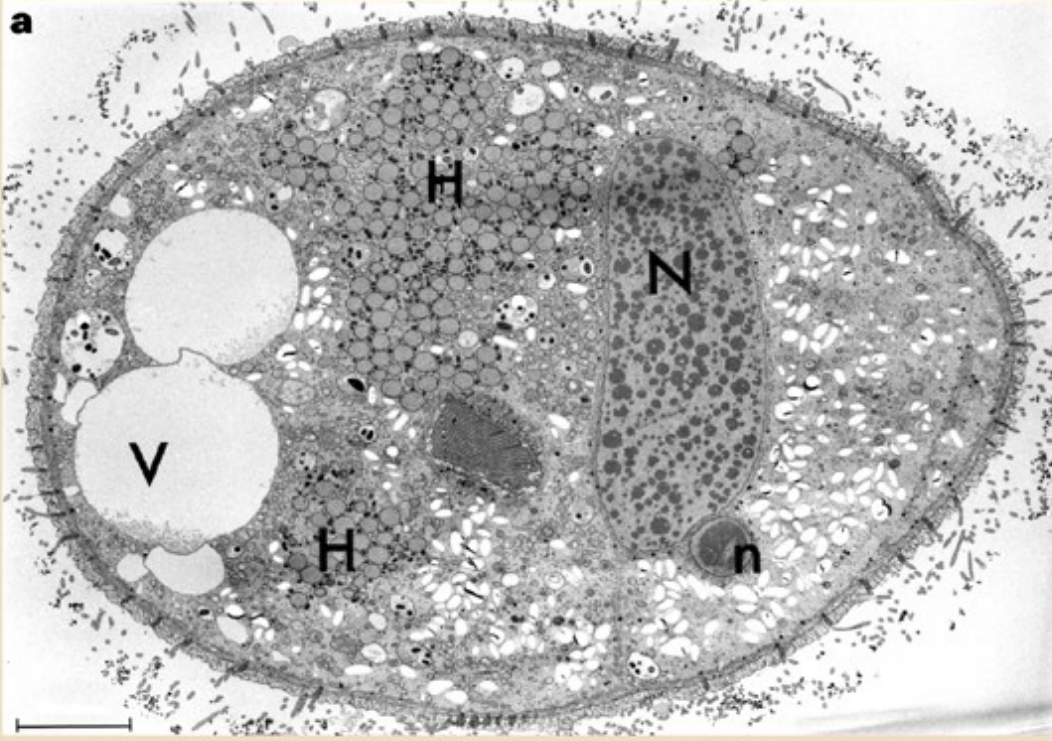


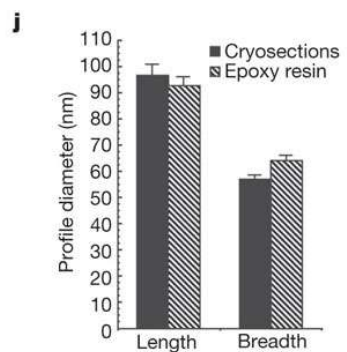
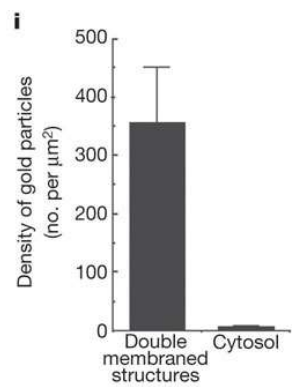
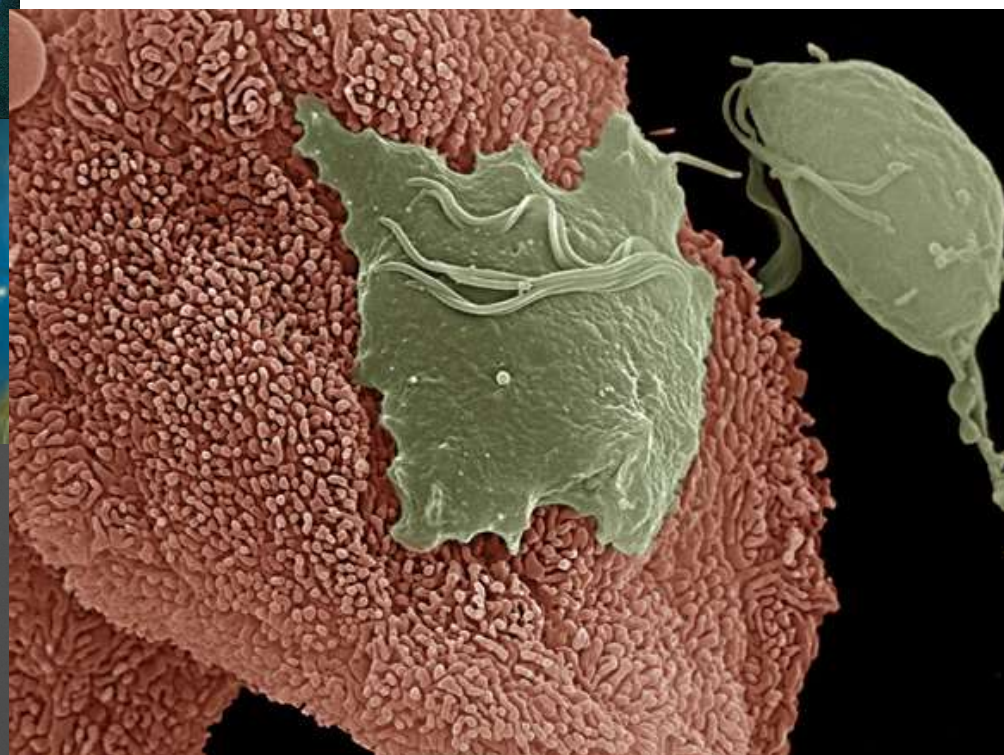
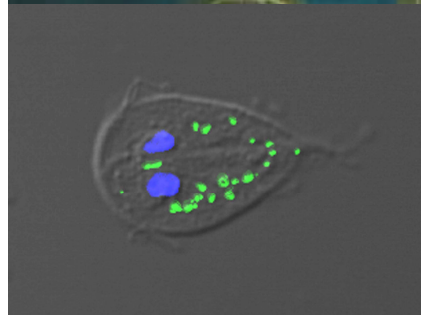
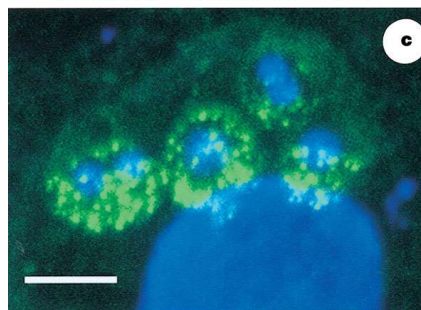
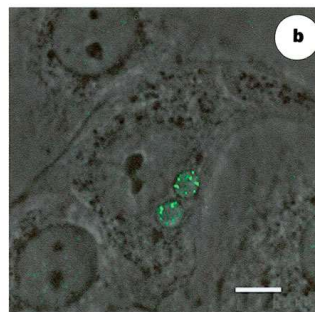
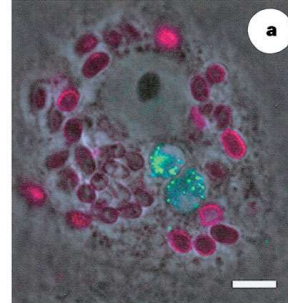
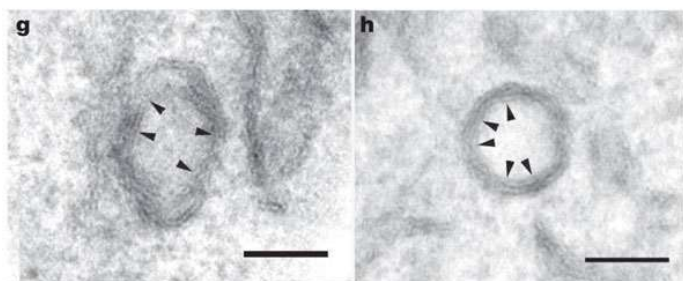
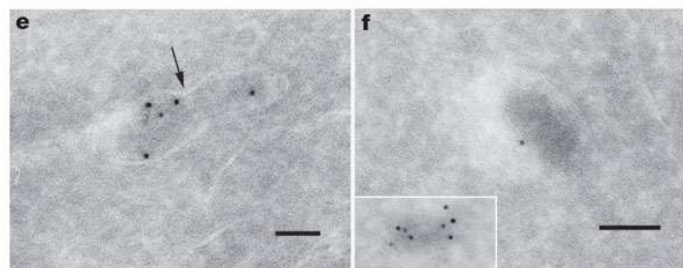
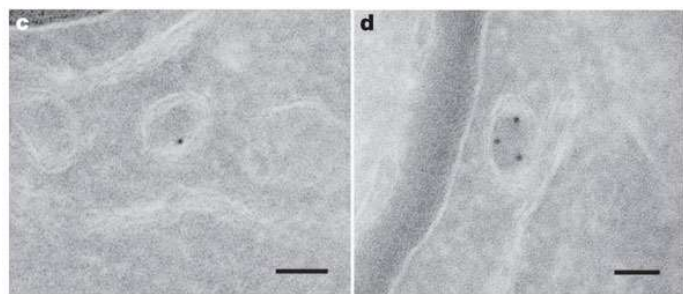
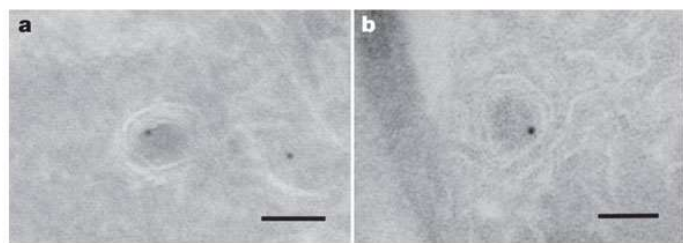




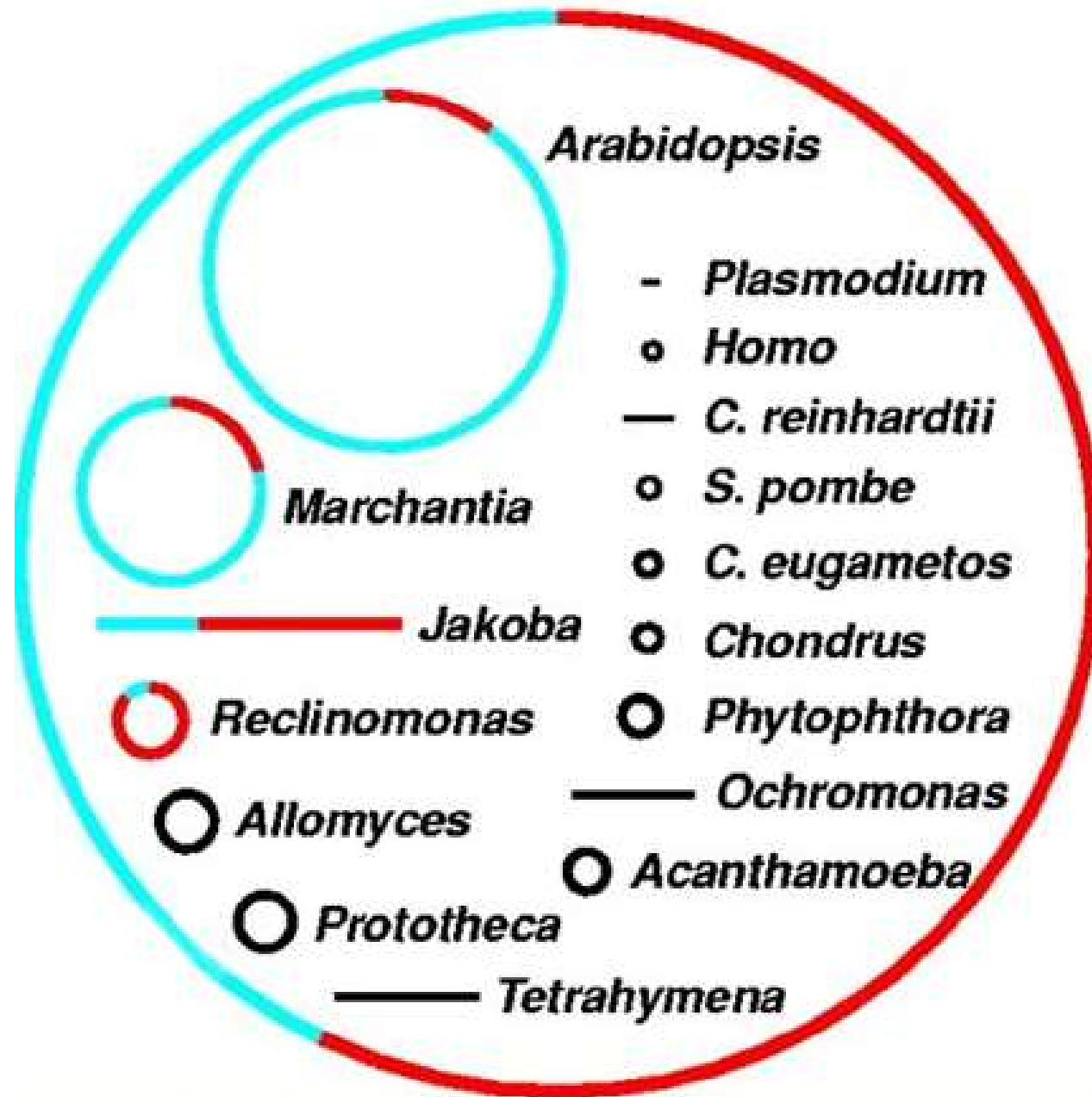
# Reduktivní evoluce

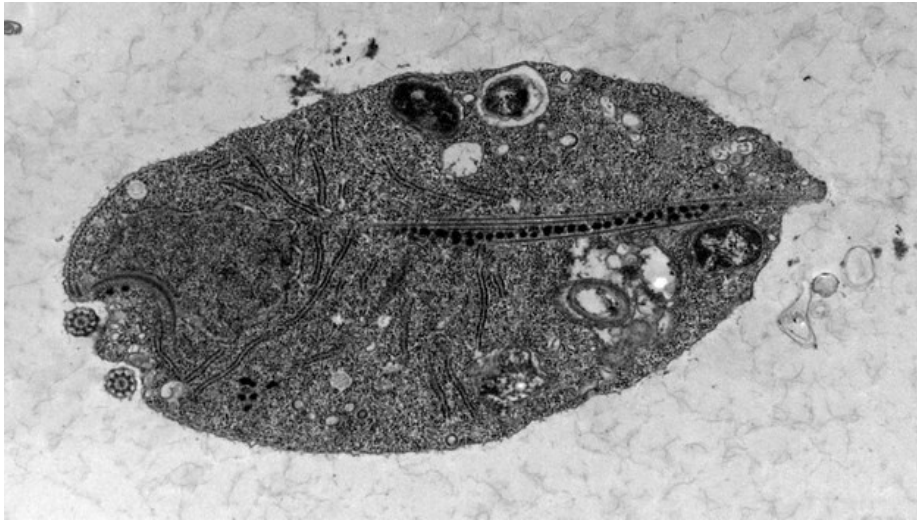




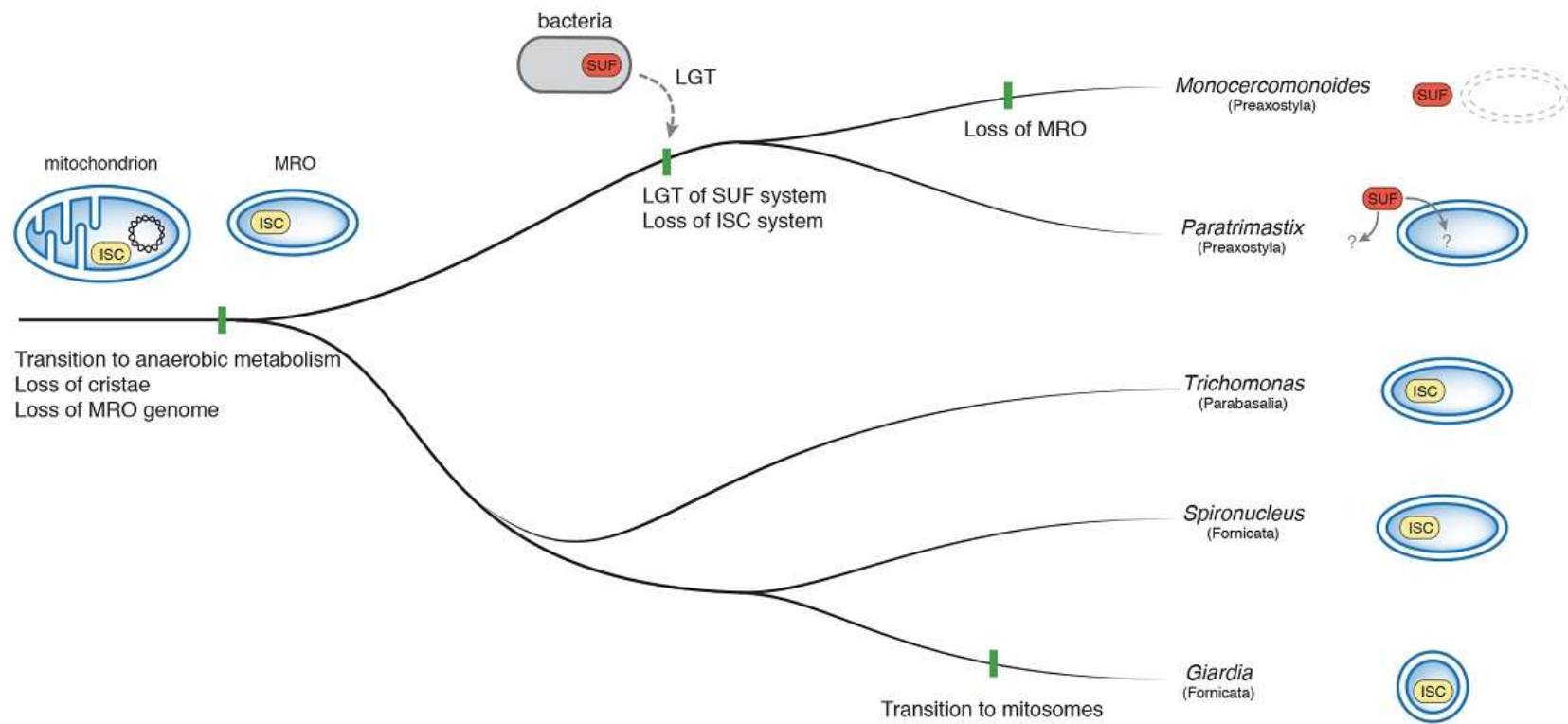


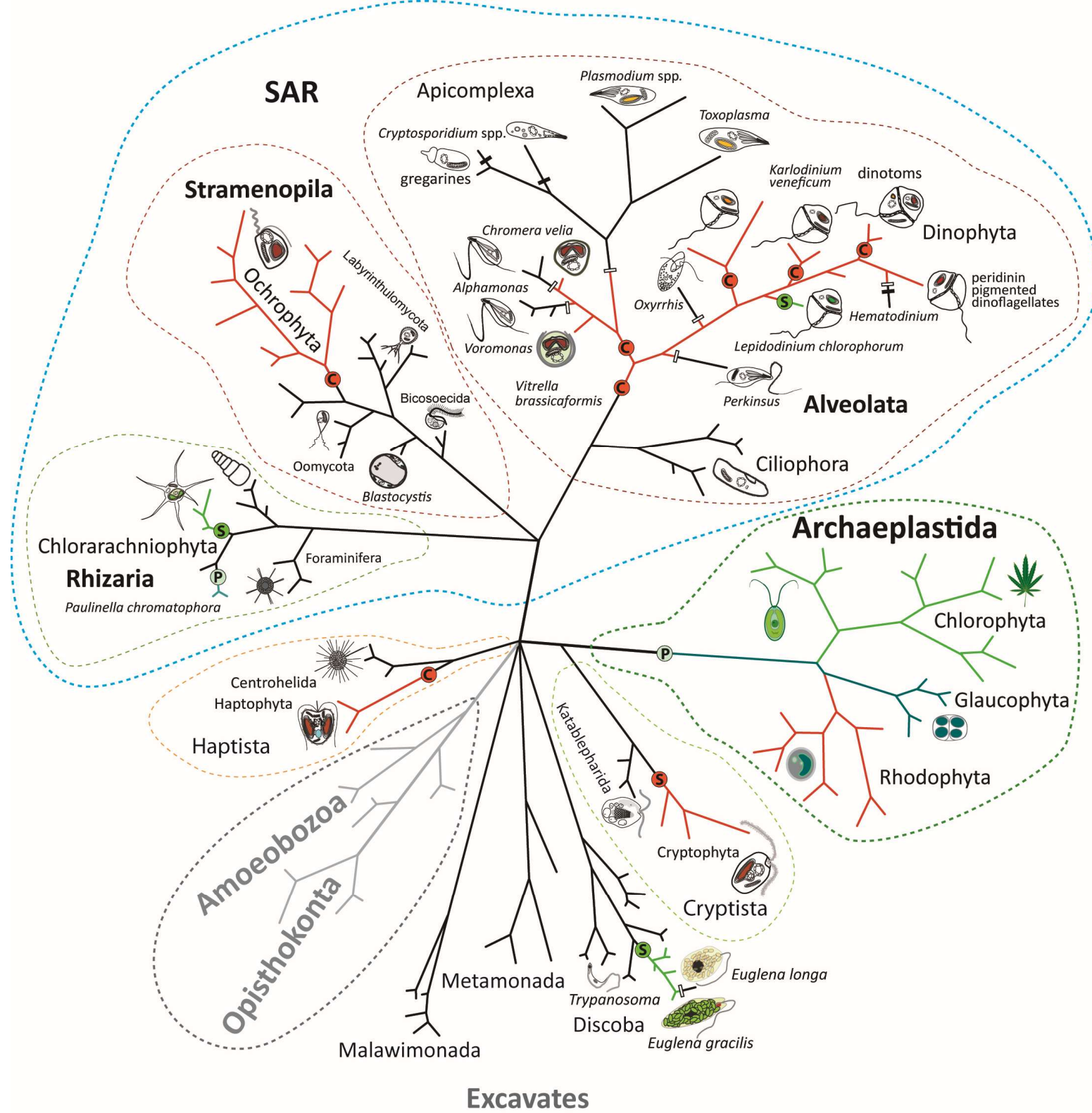
# Rickettsia

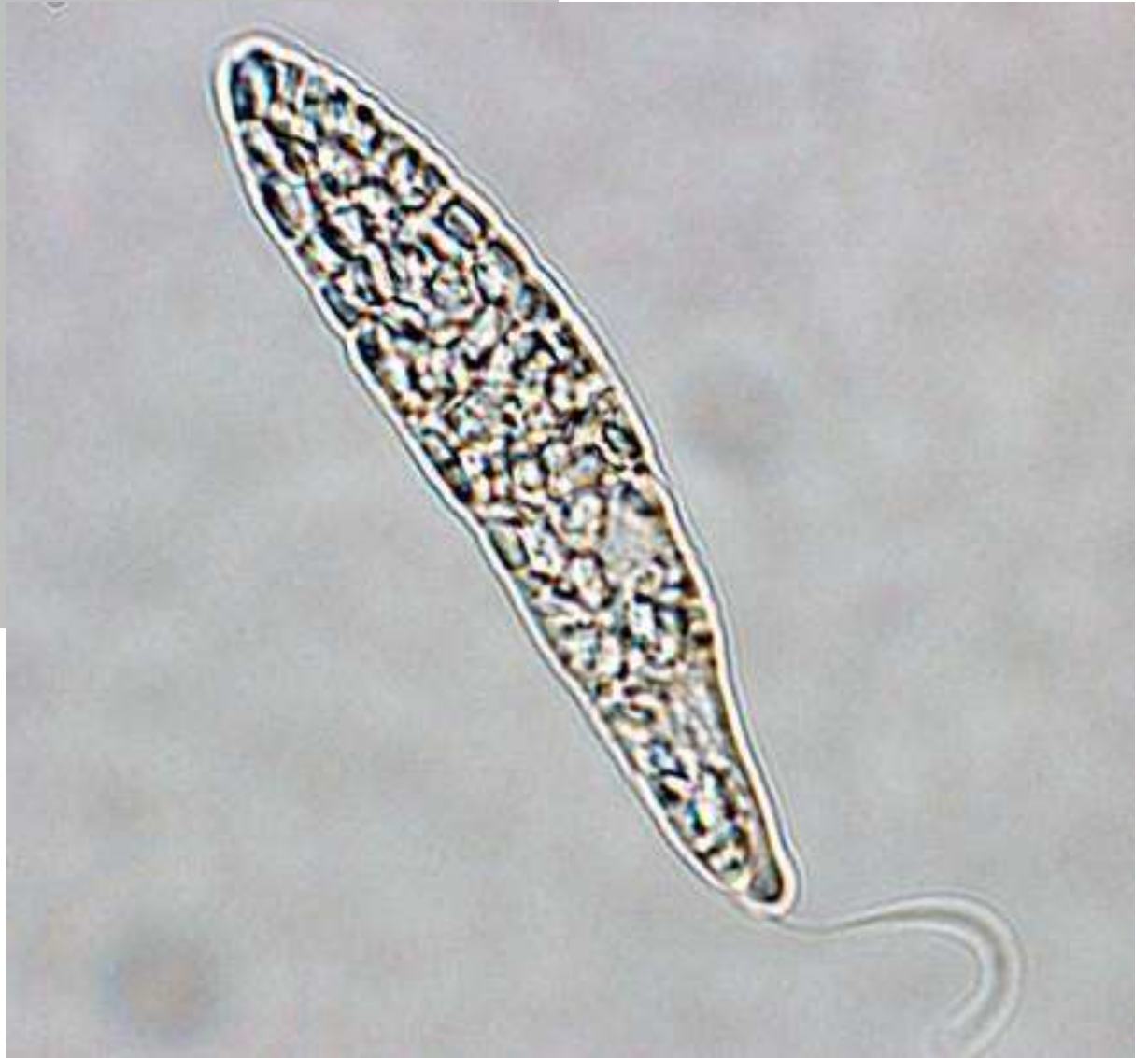




*Monocercomonoides* kmen PA203  
(Karnkowska et al., 2016)

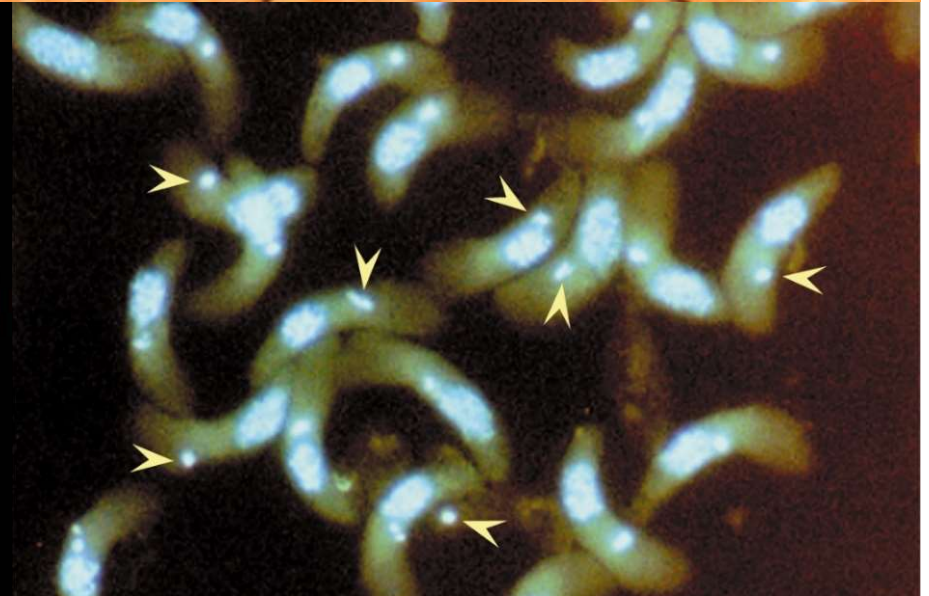
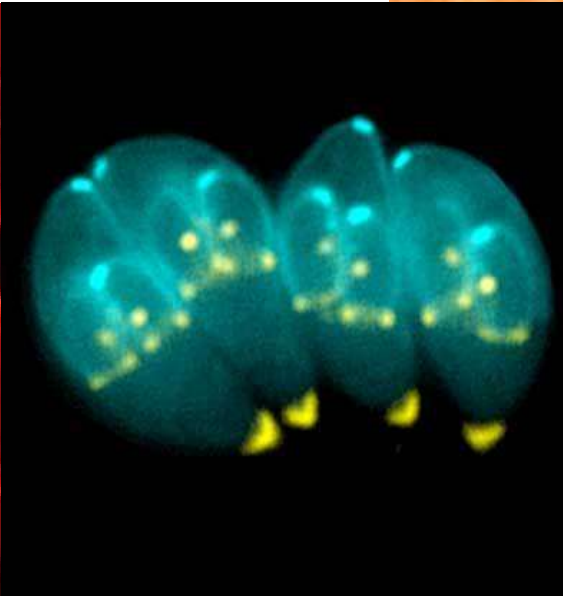
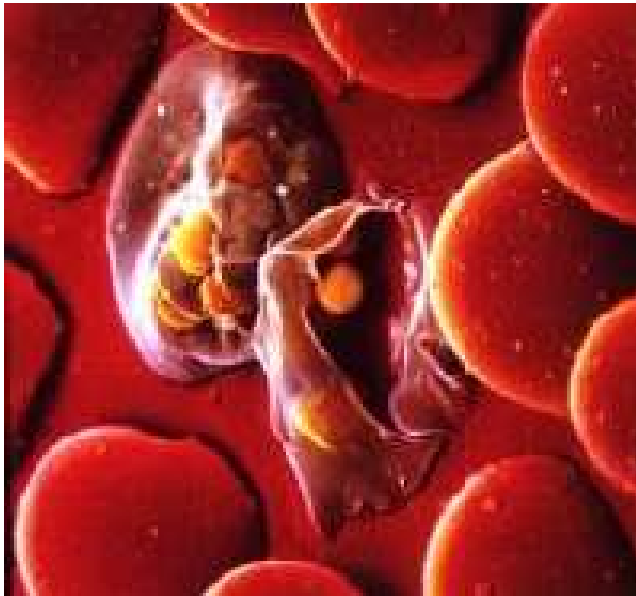
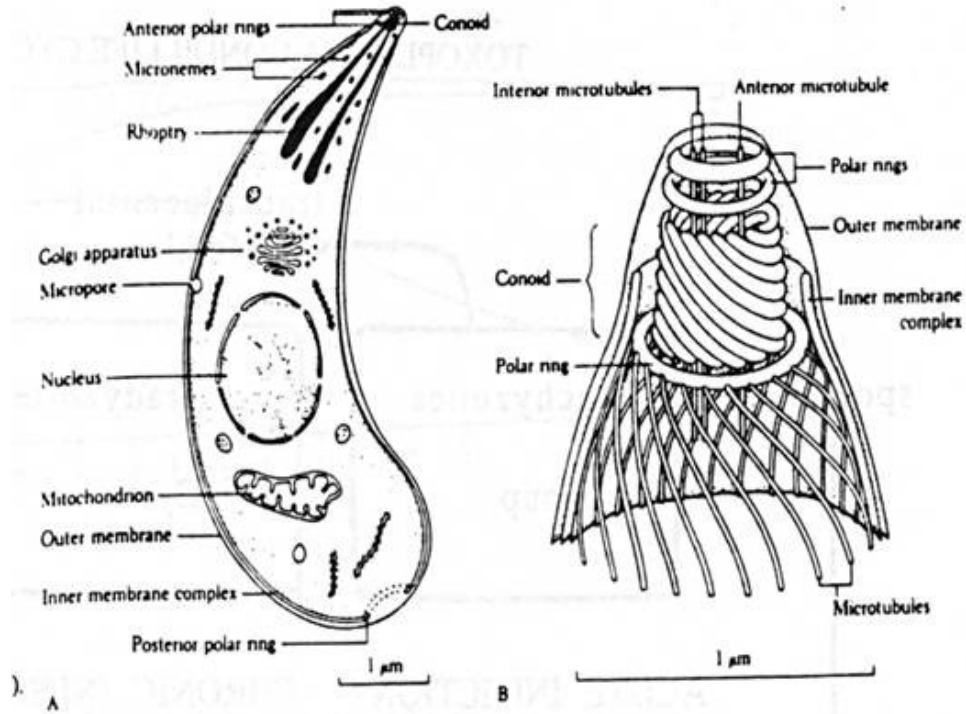


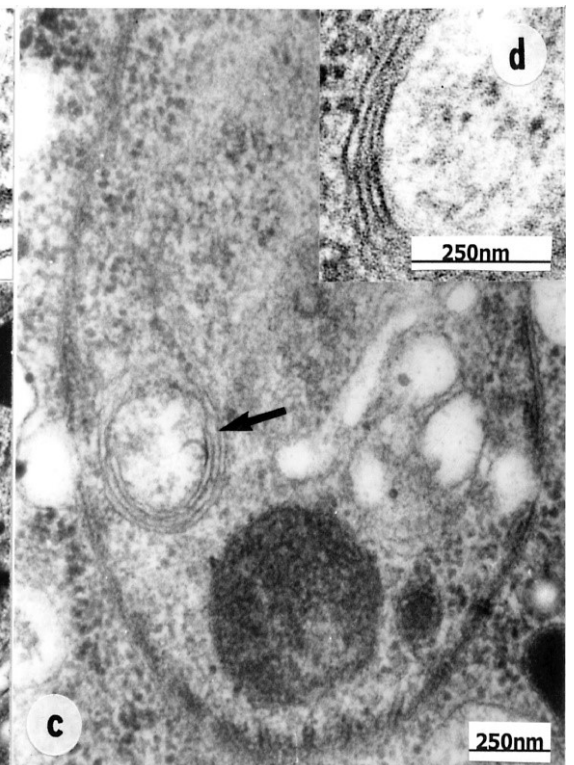
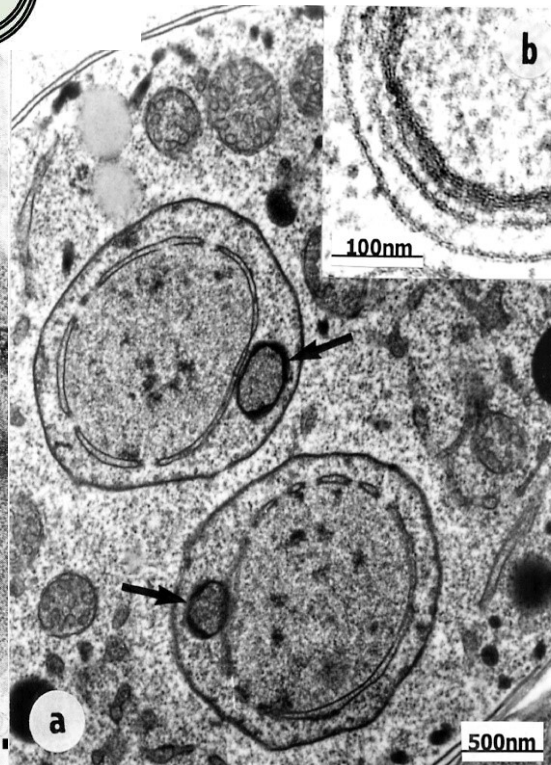
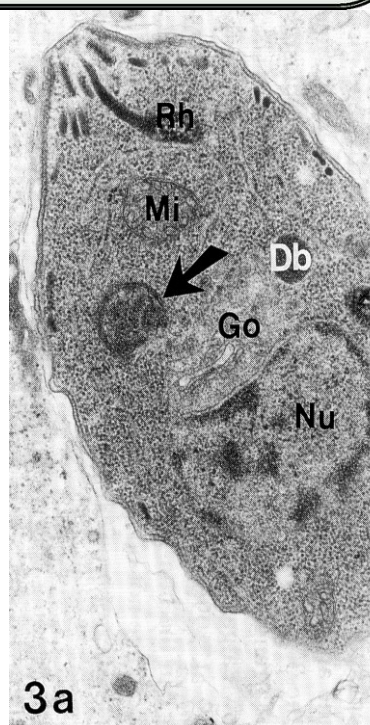
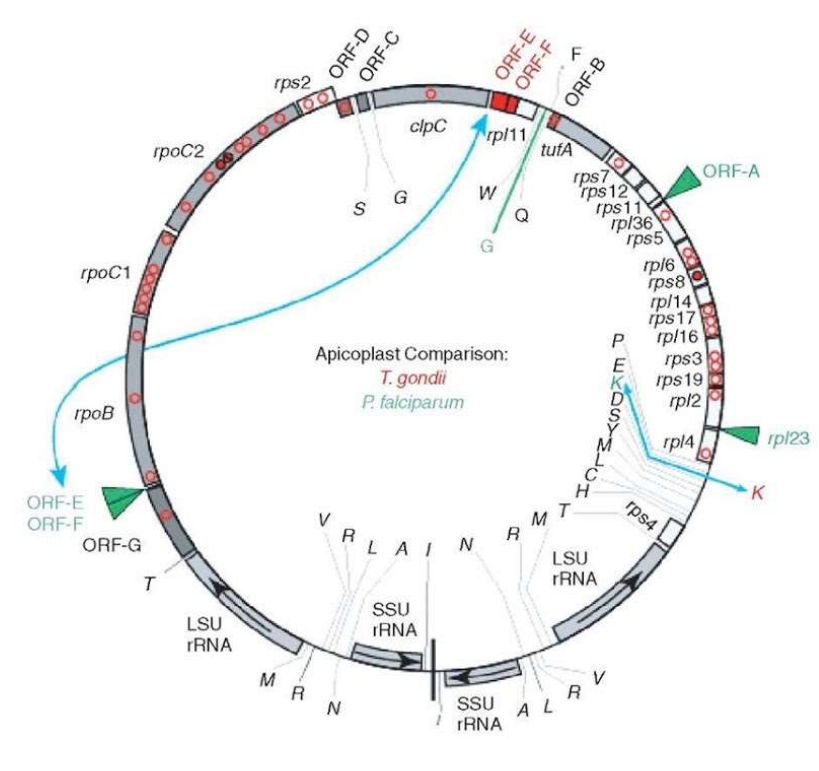
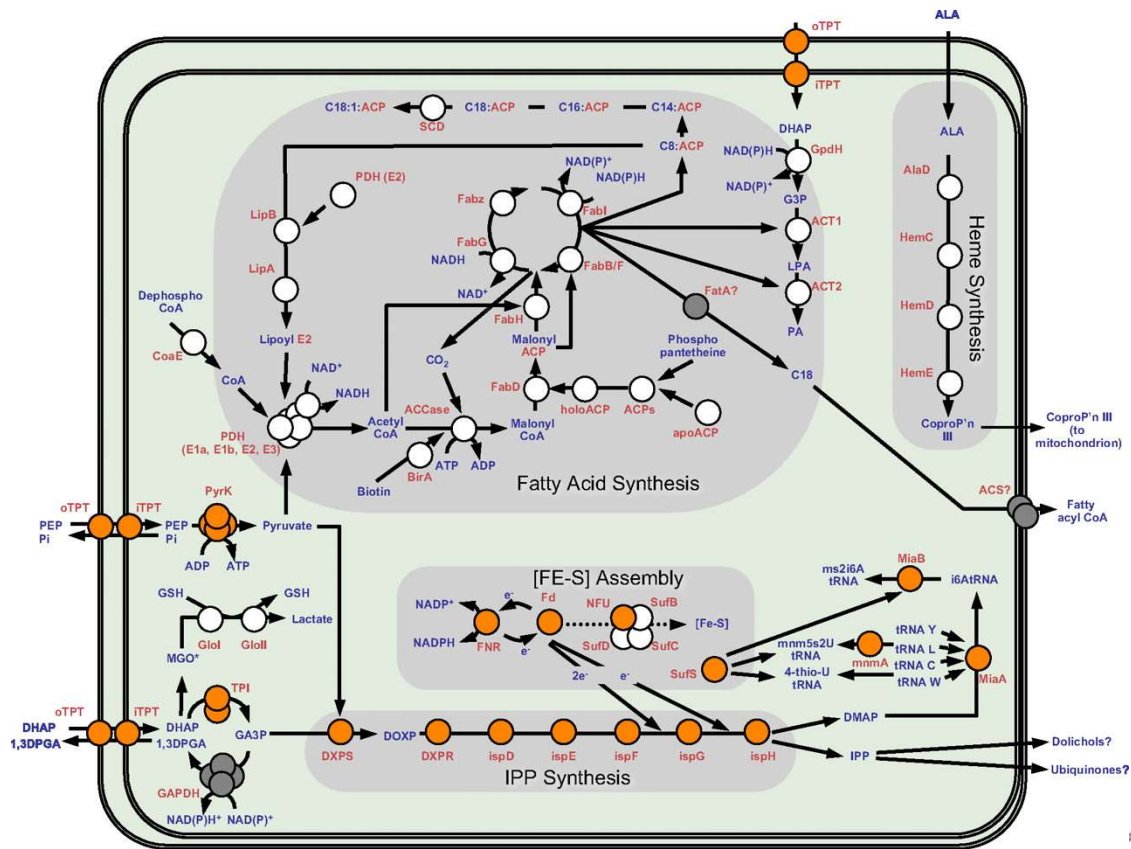


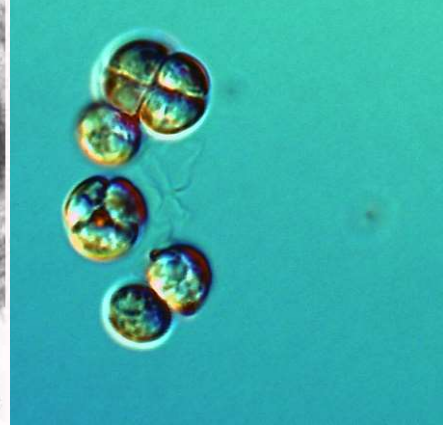
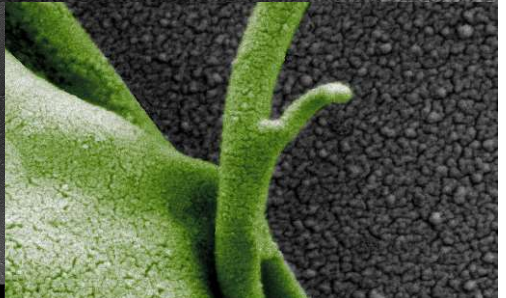
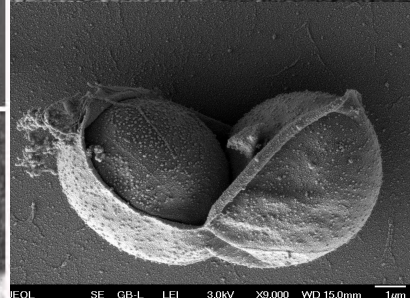
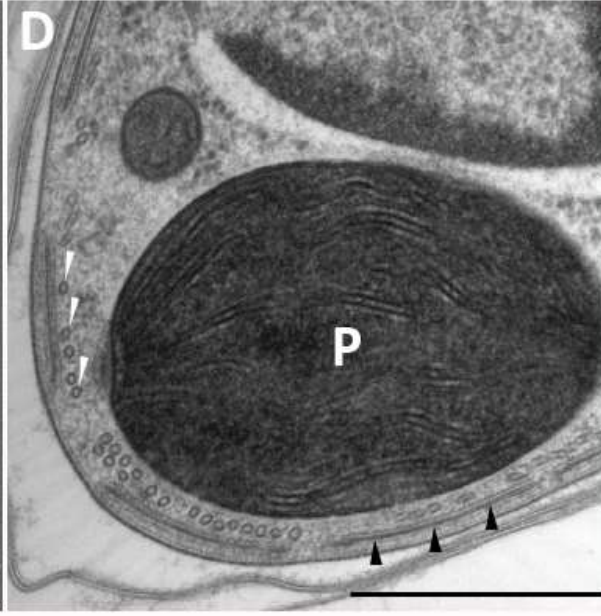
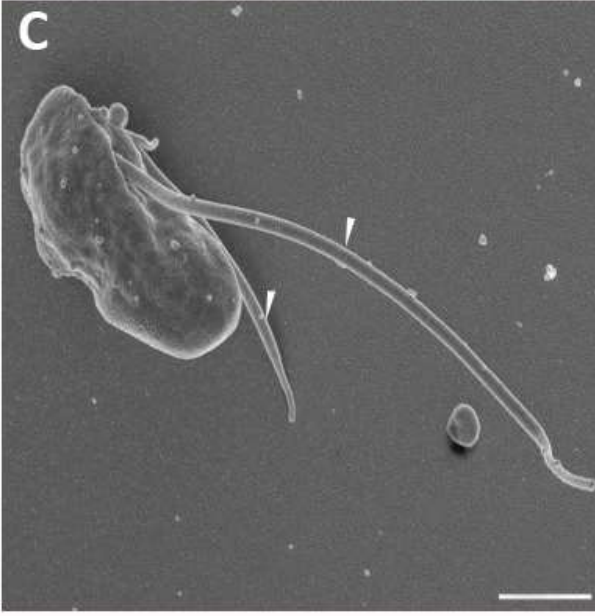
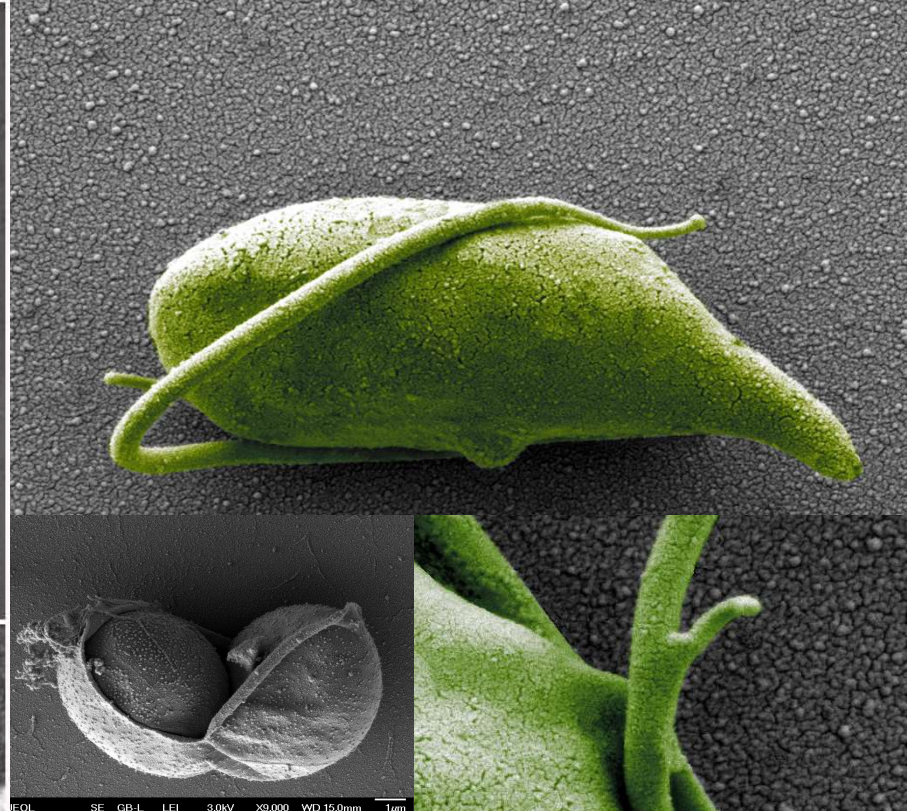
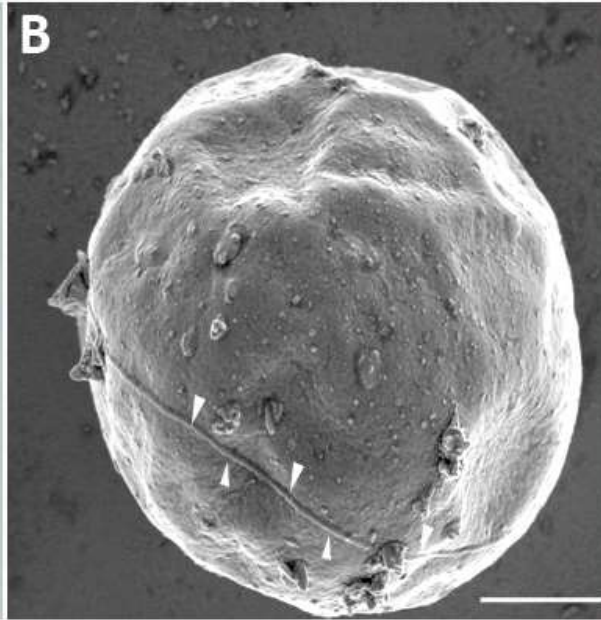
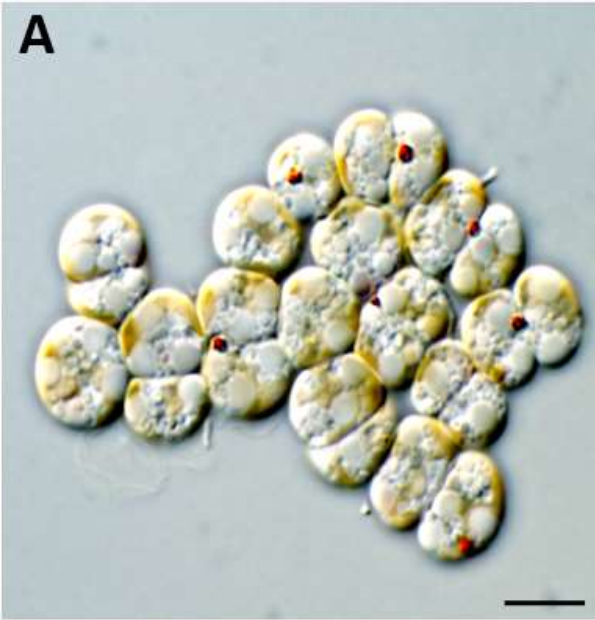




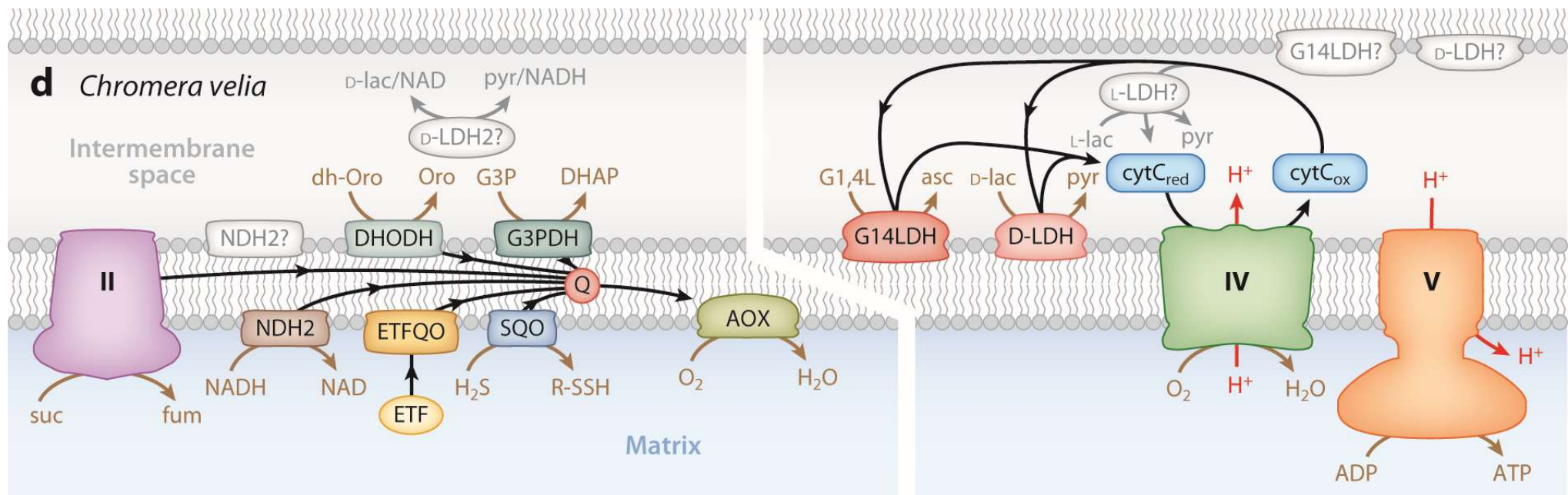
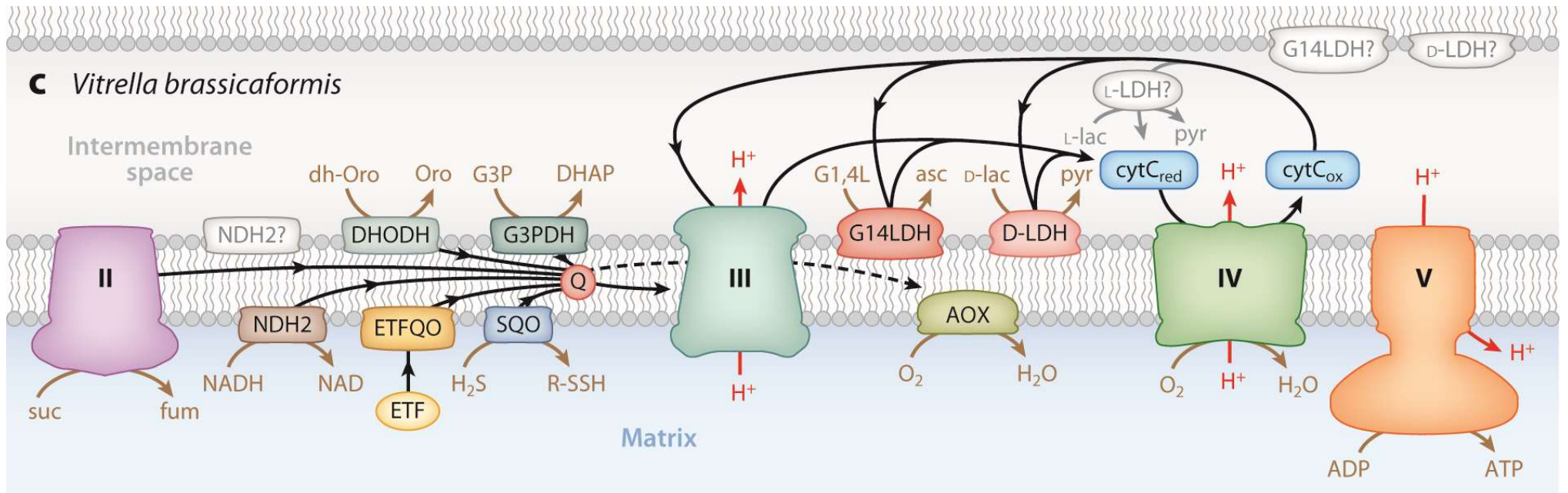
# Výtrusovci (Apicomplexa)







# Dýchací řetězec u chromeridů



• **Non-canonical genetic code:**

UGA=W

(also in coccidia)

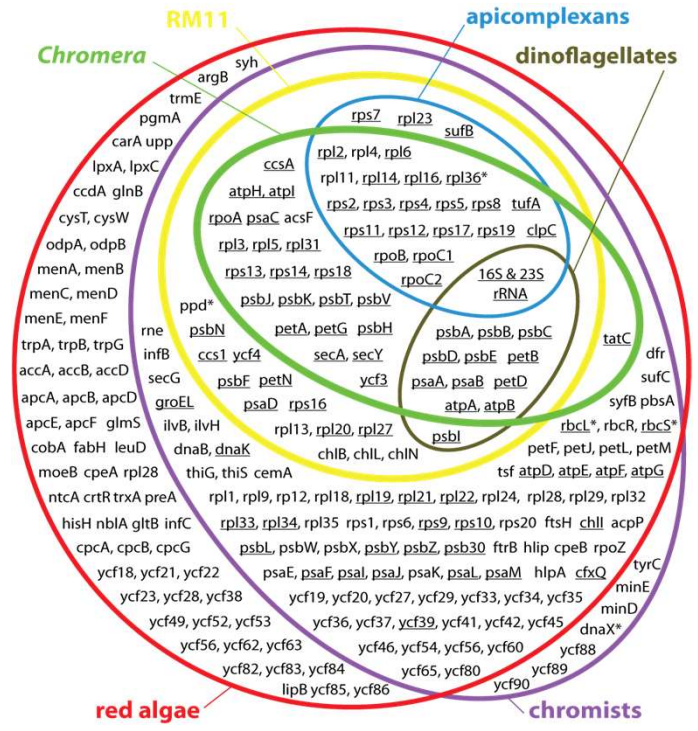
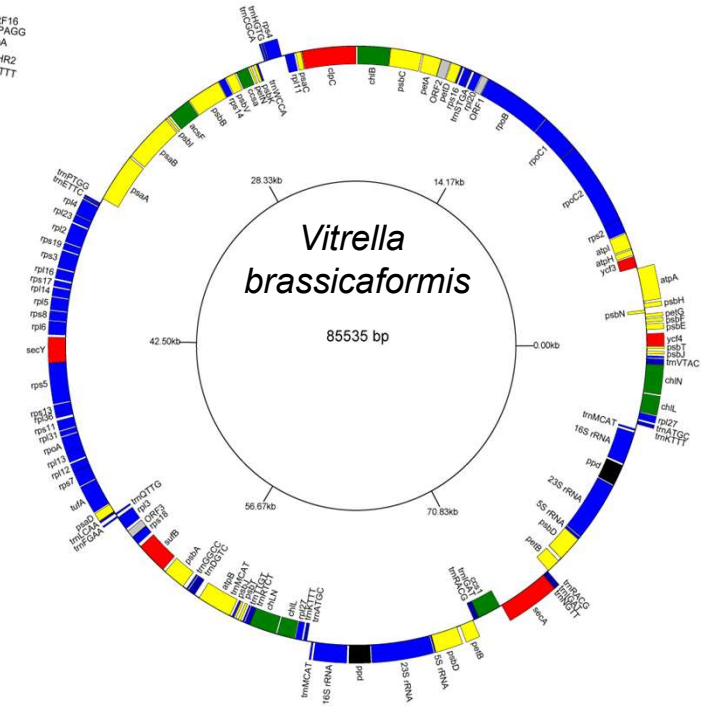
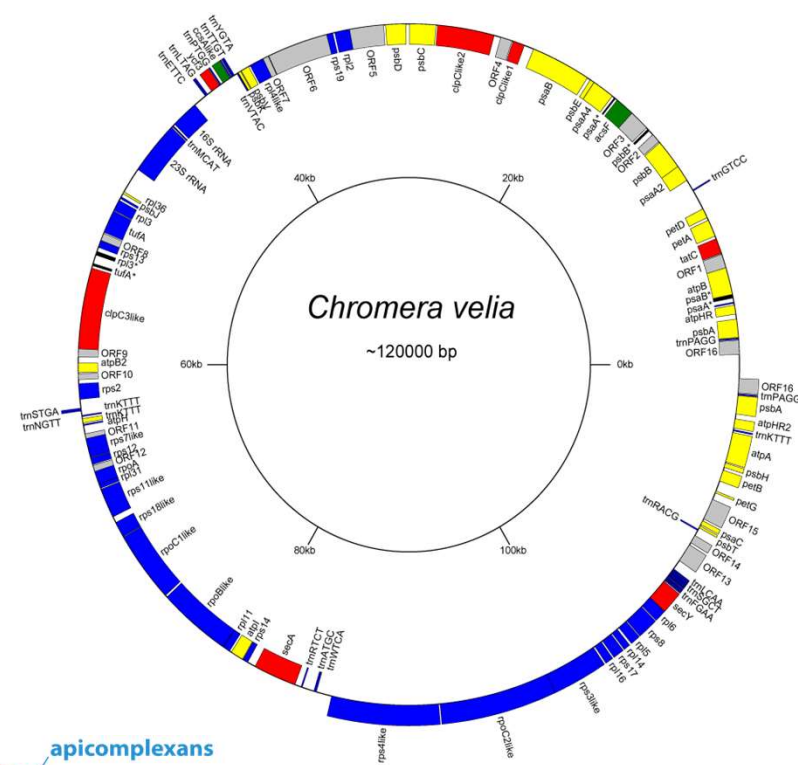
• **Split genes for key photosystem proteins:**

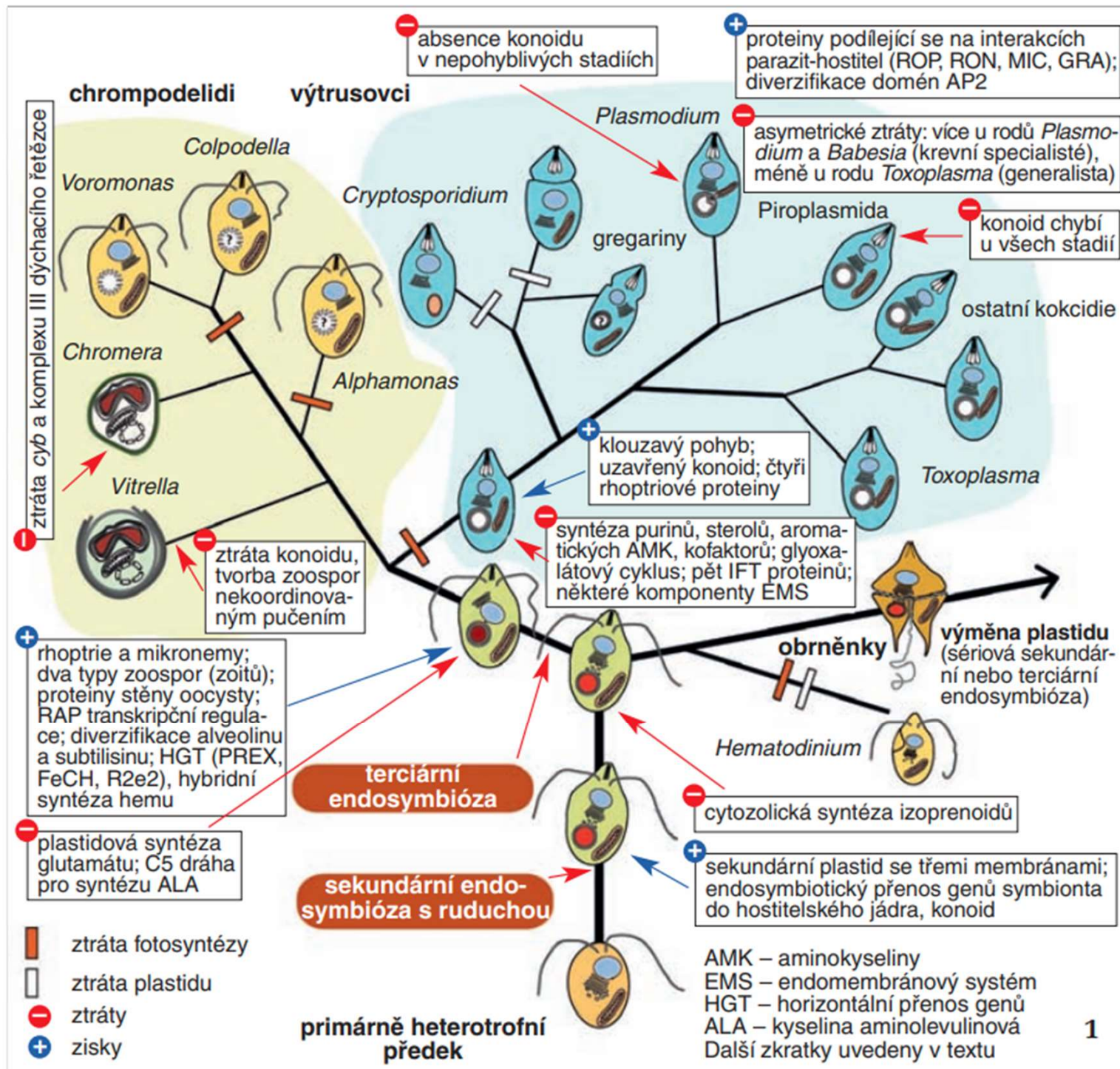
psaA, atpB

• **47.7% GC content**

content

• **much smaller than *C. velia***

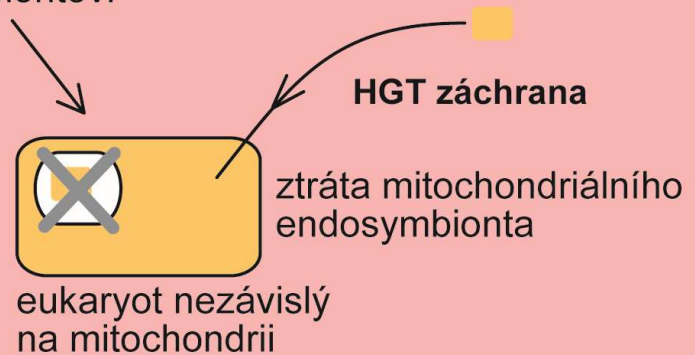
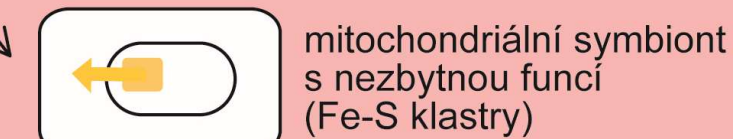




**ANAEROBNÍ PODMÍNKY**

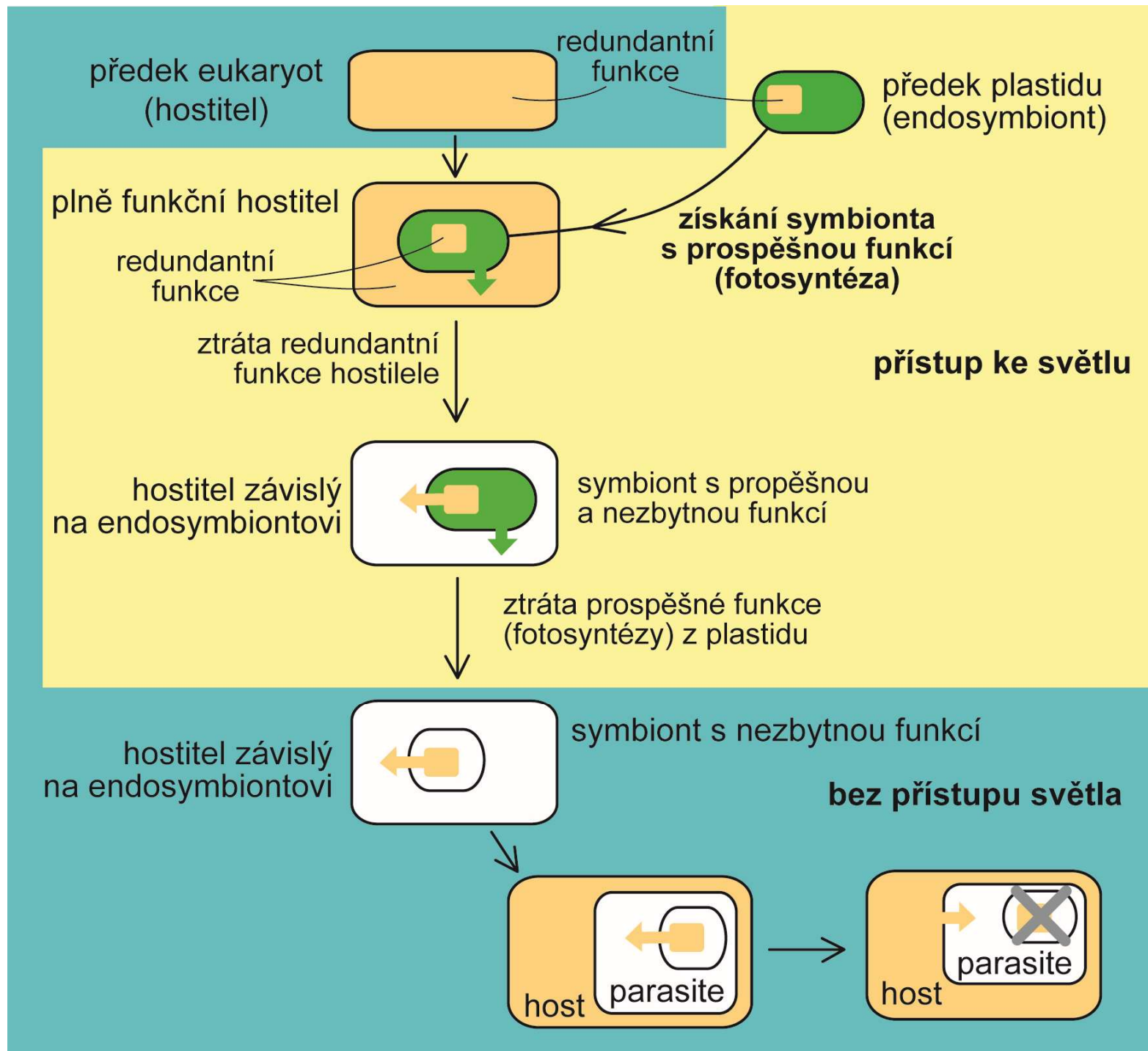


ztráta redundantní funkce hostitele      **prospěšná funkce se stává v aerobních podmínkách nezbytnou**

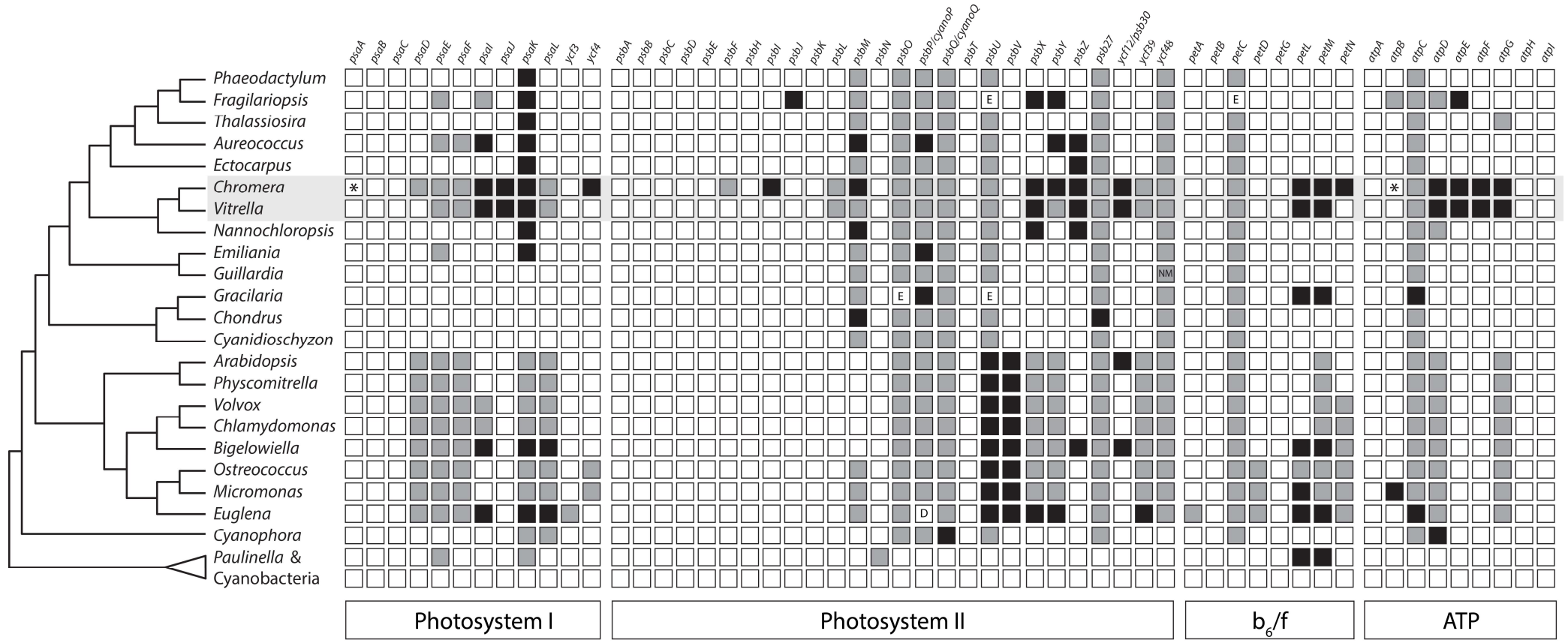


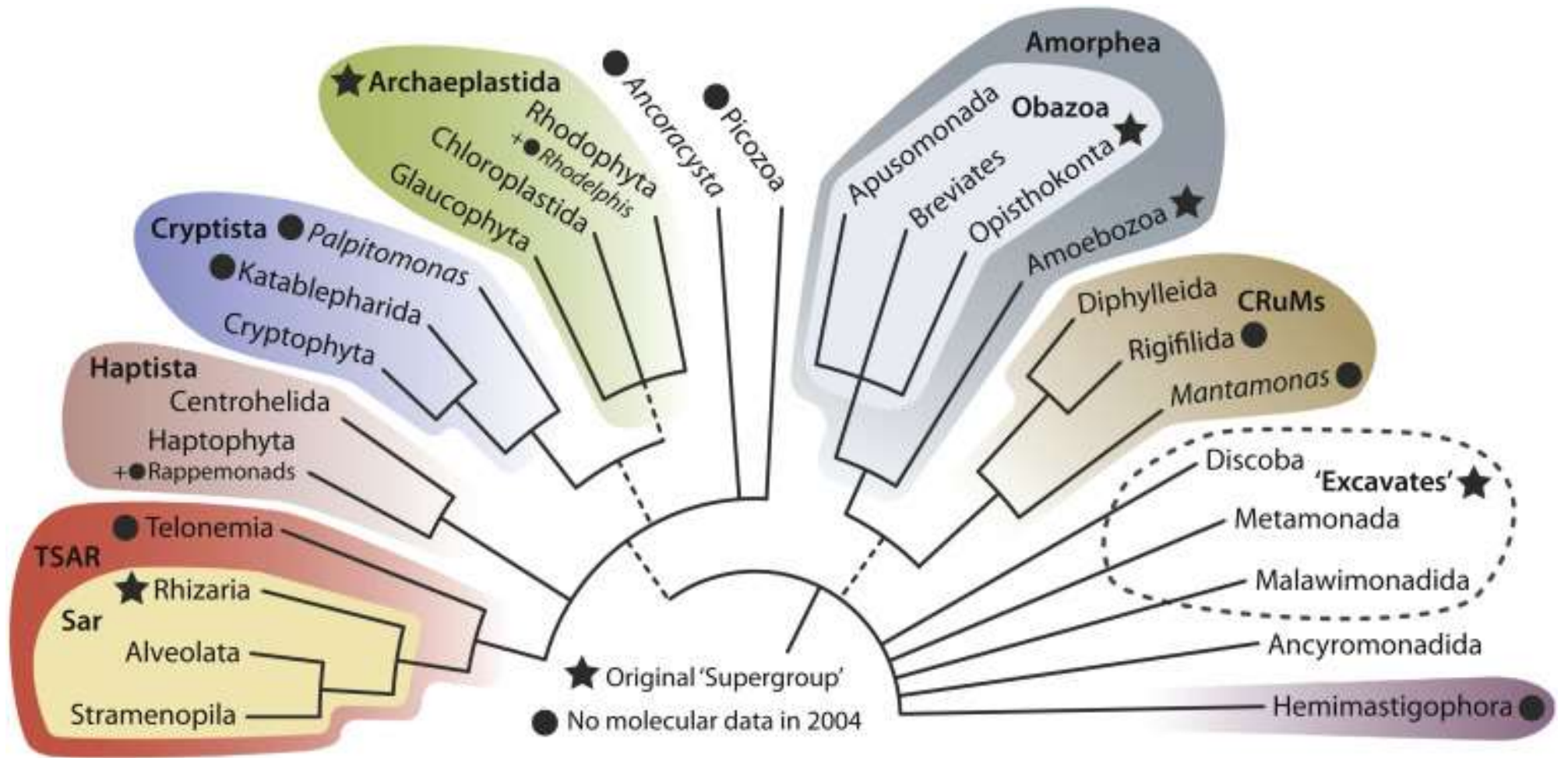
**AEROBNÍ PODMÍNKY**

**ANAEROBNÍ PODMÍNKY**









**Děkuji za pozornost!**