

CYTOLOGIE A MORFOLOGIE PROKARYOT

7

Růstové cykly bakterií I.

Jednoduché růstové cykly (RC)

Jednoduché RC

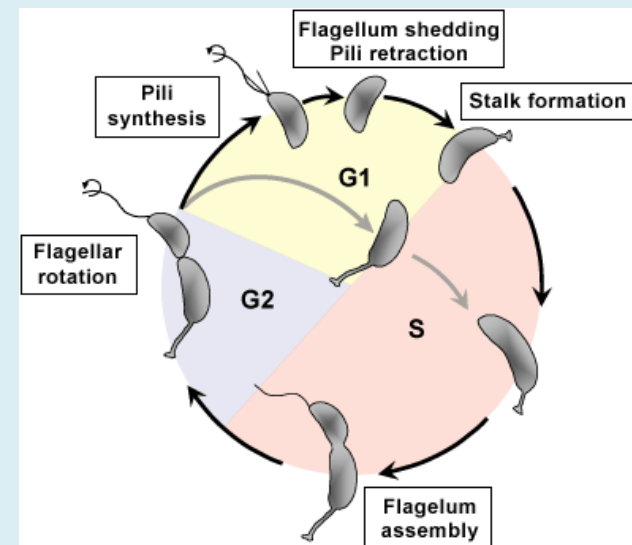
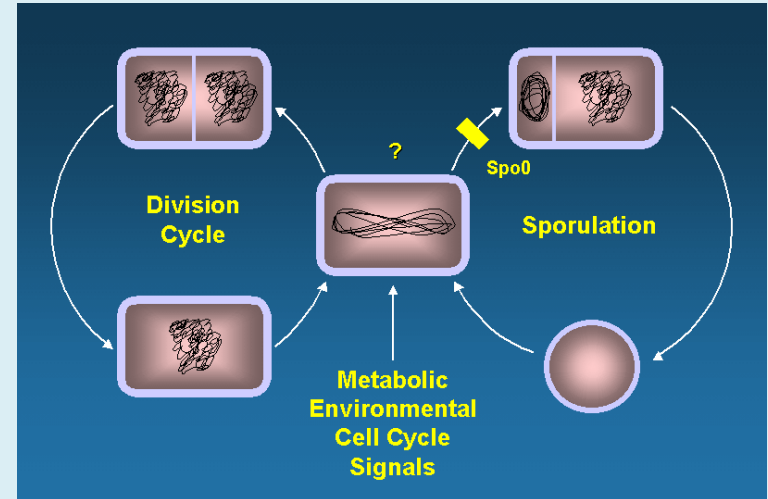
- střídání dvou stadií
- rostoucí a klidové
- přisedlé a volné
- infekční a reprodukční

Komplexní RC

- více než dvě vývojová stádia
- Myxobakterie, Streptomycety

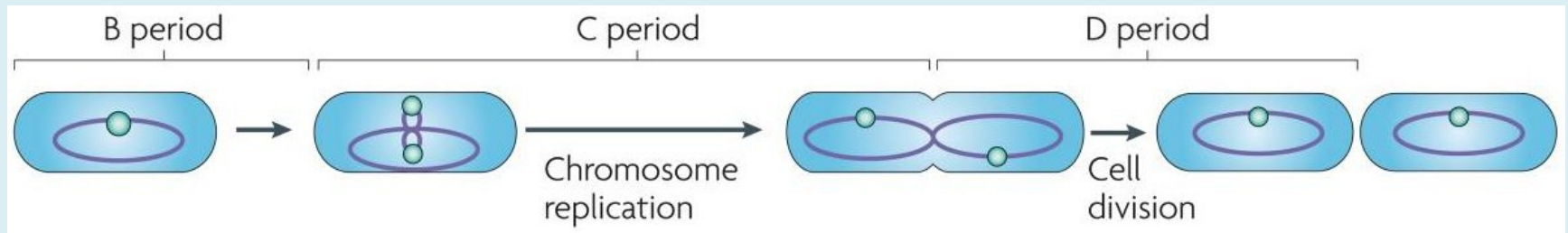
RC vedoucí ke vzniku diferencovaných populací

- sinice Anabaena



Růstový cyklus

- období mezi „narozením buňky“ a iniciací replikace
- období replikace
- období mezi koncem replikace a dokončením buň. dělení



Metabolism, cell growth and the bacterial cell cycle

[Jue D. Wang](#) and [Petra A. Levin](#)

Dělení bakteriálních buněk

- dělení binární
- dělení asymetrické
- dělení vedoucí ke vzniku diferencovaných populací
- generační doba
 - v optimálních podmínkách 30 minut

Generační doba - doba potřebná ke zdvojení

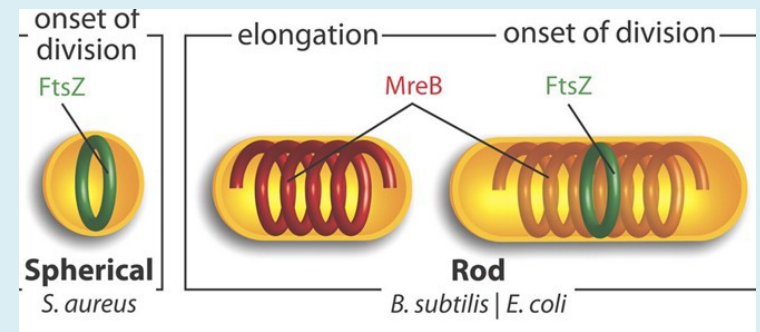
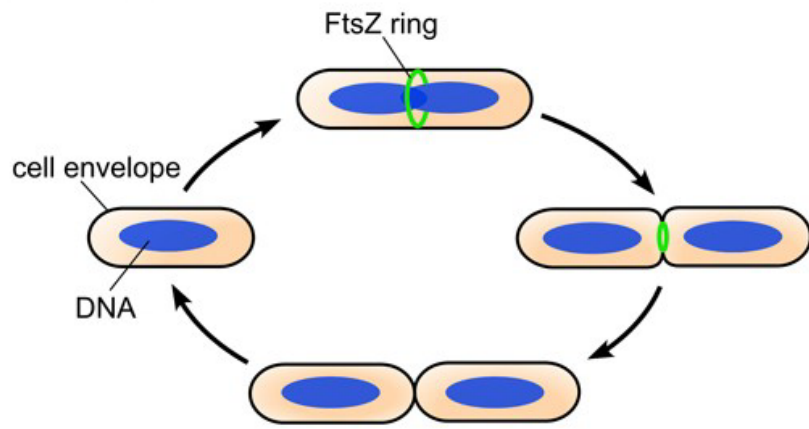
Bakterie	Medium	Generační doba (minuty)
<i>Escherichia coli</i>	Glucose-salts	17
<i>Bacillus megaterium</i>	Sucrose-salts	25
<i>Streptococcus lactis</i>	Milk	26
<i>Streptococcus lactis</i>	Lactose broth	48
<i>Staphylococcus aureus</i>	Heart infusion broth	27-30
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Milk	66-87
<i>Rhizobium japonicum</i>	Mannitol-salts-yeast extract	344-461
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Synthetic	792-932
<i>Treponema pallidum</i>	Rabbit testes	1980

Reprodukce bakterií

Binární dělení

- buňka zvětší svůj objem
- replikace chromozomu
- vznik septa - (G+ dosyntetizováním peptidoglykanové vrstvy... G- konstrikcí)
- rozdělení buňky

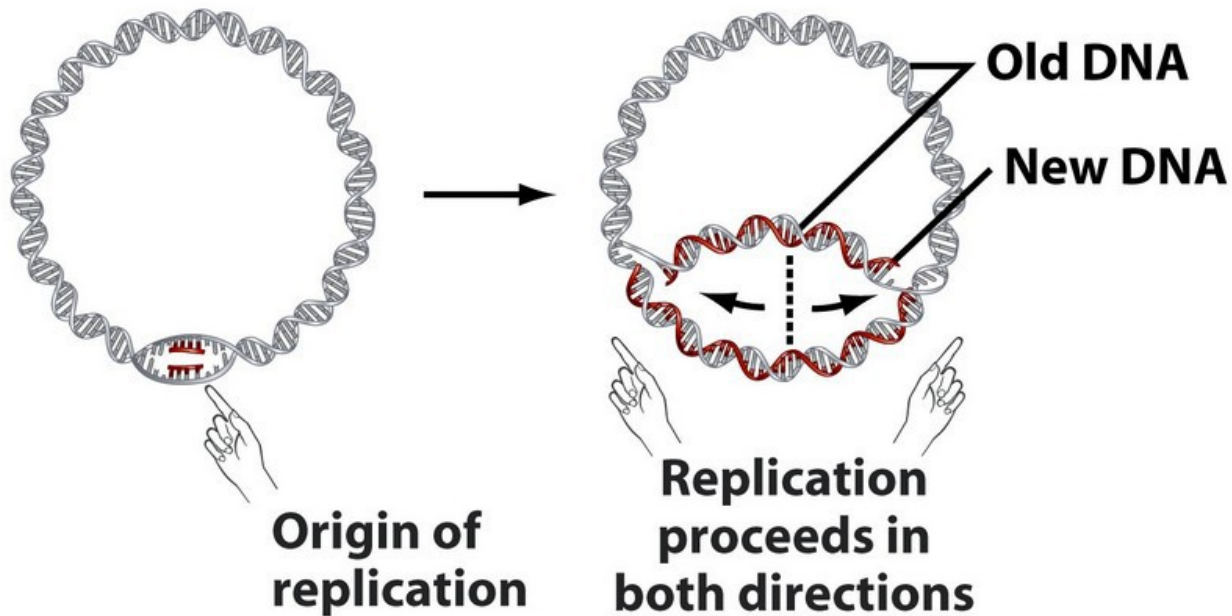
BINARY FISSION:



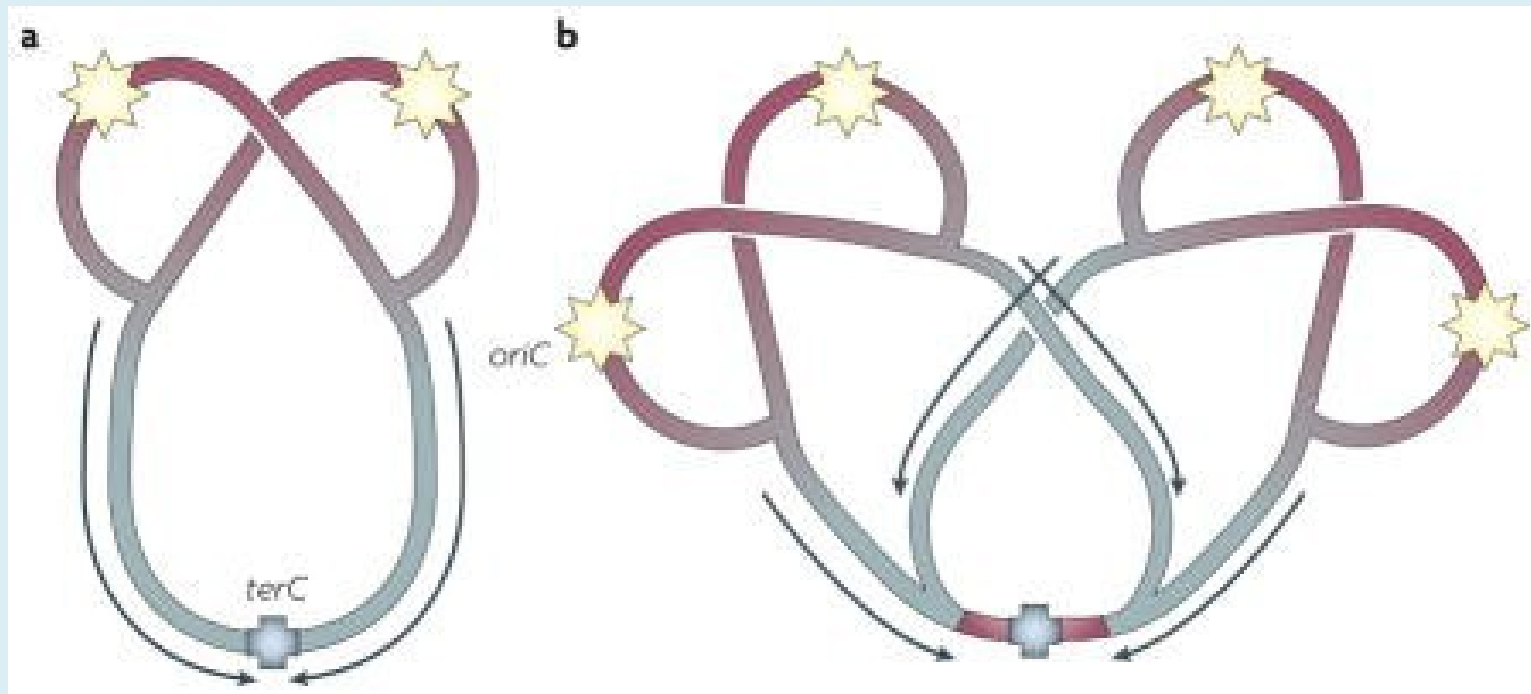
Replikace

- místa ori (počátek) a ter (konec)
- prodlužování buňky
- nová replikace ještě před úplným rozdělením buňky..

Bacterial chromosomes have a single point of origin.



- pokud je hodně živin v prostředí - množí se mikroorganismy rychle
- replikace může probíhat několikrát
- než se jedna dokončí, druhá může začít
- nemusí se čekat do konce replikace, než se dvojka zdvojí
- až 8 replikací v jedné buňce může probíhat/ tento objev je starý cca 40 let



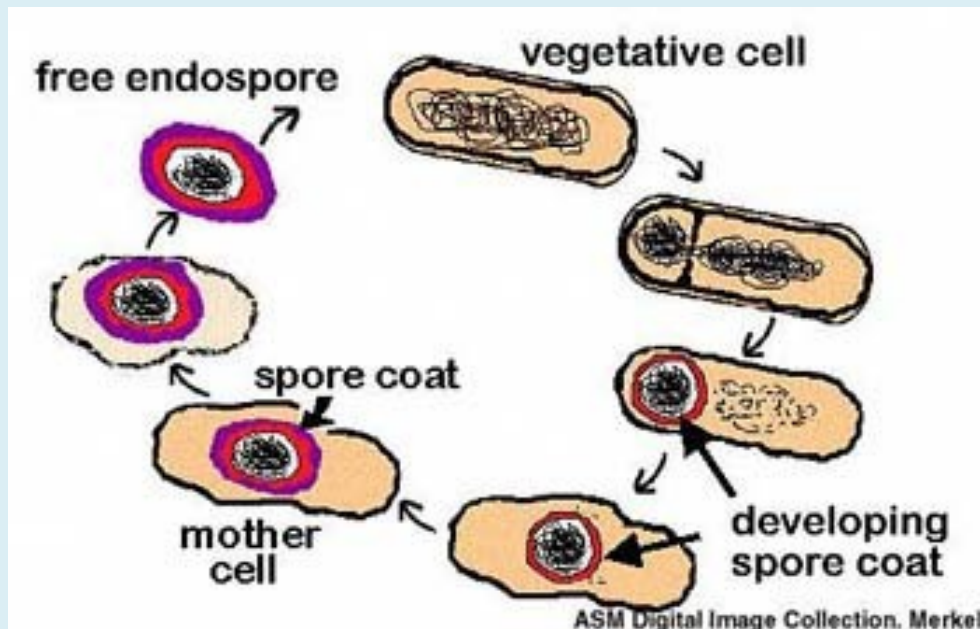
Metabolism, cell growth and the bacterial cell cycle

[Jue D. Wang](#) and [Petra A. Levin](#)

Jednoduché růstové cykly

(střídají se dvě stádia)

- adaptace či příprava (u sporulace) na změny podmínek životního prostředí
- nikoli odpověď!
- u parazitů - jedna fáze je infekční, jedna je reprodukční
- prostředí těla vyšších organismů do vnějšího prostředí (např. voda)



Buněčné formy prokaryot

- vegetativní formy buněk-fyziologicky aktivní
- **cysty** odolné proti dehydrataci, ne však proti horku
- neboli exospory (G-) (endospory jsou u G+)

- **endospory** - odolná klidová nereproduktivní stadia - hl. u G+, vyj.G-
- endo jsou stabilnější, cysty jsou méně odolné, ale stejně umožní vysokou toleranci UV záření, teploty, vysychání než vegetativní buňky
- *Azotobacter, Myxococcus, Sporocytophaga*

- **exospory** - rody *Metylosinus* and *Rhodomicrobium*

- **konidie** - asexuální reprodukční struktury aktinomycet

1) Vegetativní a klidové stadium

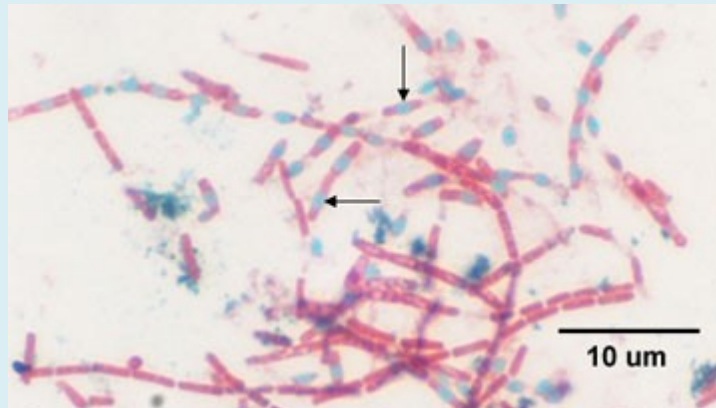
Tvorba spor

Endospory

- - převážně G+ bakterie
- *Bacillus* (aerobní tyčky), *Clostridium*, *Thermoactinomyces* a
- *Desulfotomaculum* (anaerobní tyčky), *Sporosarcina* (aerobní
- koky), *Sporolactobacillus*, *Oscillospira*, *Thermoactinomyces*
- - výjimečně i G– bakterie (*Coxiella burnetii*, původce Q-horečky).

Cysty

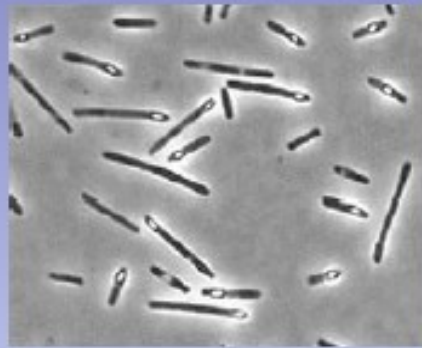
- - méně rezistentní, odolné zejm.vůči vysychání
- *Azotobacter*, *Methylosinus*
- Vegetativní st. - růst a binární dělení (formování mezozomu, septa)
- buň.dělení trvá průměrně 2 minut, p. podmínek růstu se může měnit



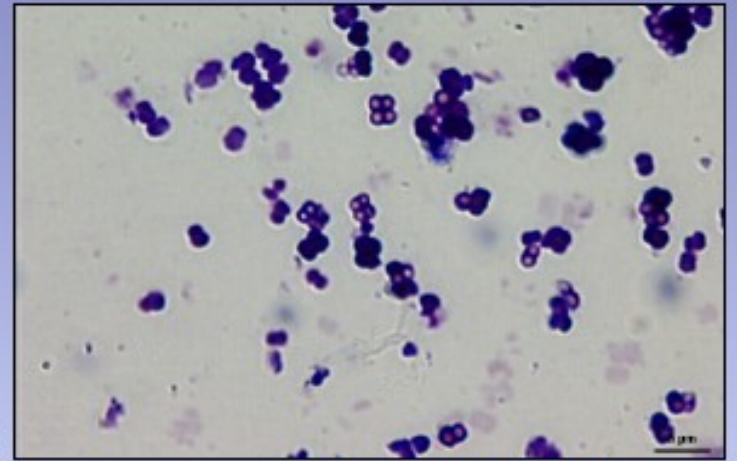
Bacillus megaterium – zelené spory obarvené varem v malachitové zeleni



Clostridium difficile



C. perfringens



Sporosarcina ureae –
kulaté spory uvnitř
čtveřice (baličku) buněk



Azotobacter – pouzdra, cysty



Endospora, sporulace

- několik výjimečných charakteristik...
- spora eukaryot - stadium schopné reprodukce
- spora u bakterií - je to klidové stadium (jen jedna, ne více spor v jedné buňce)
- oproti *Eucarya* pouze jedna endospora

- peptidoglykan v kortexu spory je odlišného charakteru než samotné buňky
- stabilizace makromolekul ve spoře díky specifickým bílkovinám, ztrátou vody a její náhradou vápníkem (pouze zde se nachází v přírodě unikátní kys. dipikolinová)
- vysoká odolnost napomáhá přečkat podmínky nevhodné pro život i po tisíce let (?)
- jsou prostředkem šíření bakterií i na značné vzdálenosti a v různém prostředí
- tvorba endospory však není odpovědí na prostředí, ale přípravou na nepříznivé podmínky
- již odstartovaný proces sporulace již nejde zastavit – regulace v uzlových bodech



- odolné k působení UV a γ záření, vysoušení, lysozymu, teplotním změnám, nedostatku živin a působení mnoha dezinfekčních prostředků...
- v ethanolu mohou přežívat několik měsíců

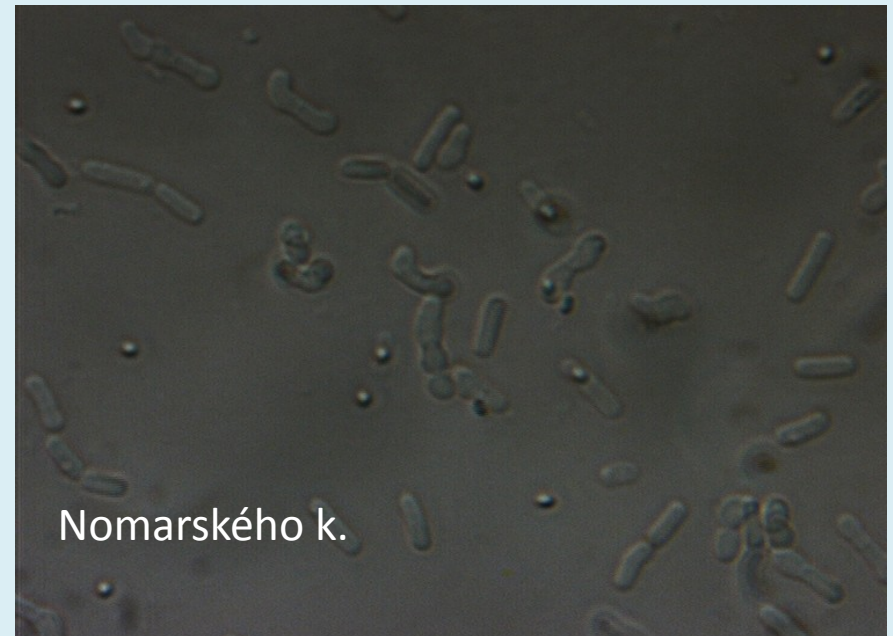
sporicidní látky:

- ethylenoxid, β -propionlakton, koncentrované louhy a
- kyseliny, formaldehyd při prodloužené expozici, kyselina
- peroctová – Persteril, jodové preparáty, chloramin



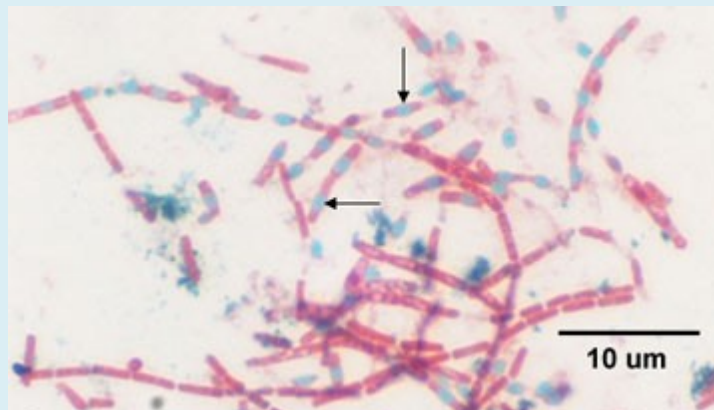
Pozorování endospor

- vysoce světlolomné útvary
- nebarví se Gramem
- spory mají nižší kontrast, jsou hustší než okolí - ve fázovém kontrastu jakoby září
- neobarvené endospory lze pozorovat fázovým kontrastem (zářící spory)
- nebo Nomarského kontrastem (plastický povrch buňky)
- jednoduchým barvením nezvýrazníme spory samotné, jen vyklenutí buňky (díky přítomnosti spory)
- obarvit endosporu od stadia vzniku kortexu je možné pouze za horka (prospora je pro barvivo ještě propustná!)



Strukturální barvení endospor

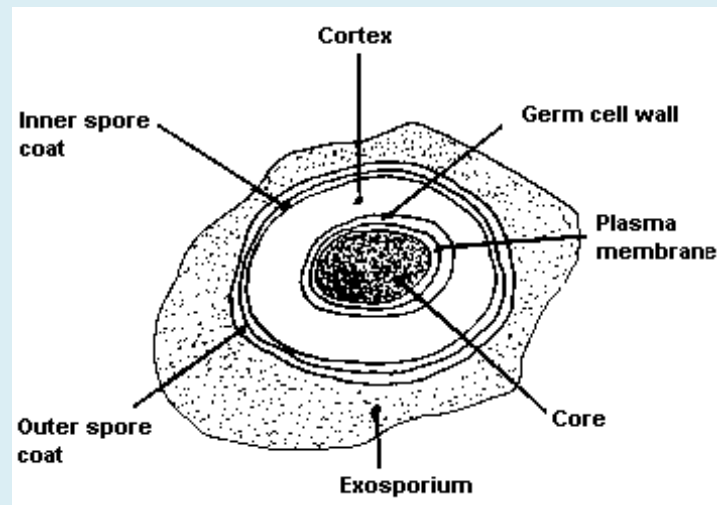
- tvar, velikost a umístění spory v buňce je dalším charakteristickým znakem napomáhajícím identifikaci
- př: oválné spory *B. cereus*, *B. anthracis*, *Cl. botulinum*, kulaté spory *Clostridium tetani* či *B. sphaericus*, cylindrické či elipsoidní spory
- u velikosti spor hodnotíme zda a kde vyklenuje buňku
- spory barvíme za tepla (strukturální barvení - k barvení různých struktur, nejen spor) spory jsou těžko odbarvitelné... je to spíše moření než barvení
-
- tvorba spor je důležitý taxonomický prvek - ale pozor - buňky tvoří spory jen v některých stádiích - čím starší, tím víc tvoří spory
- v labině můžeme využít tzv. sporulační média



- spory se velmi těžko barví i po fixaci
- silný, špatně prostupný obal
- používají se koncentrovaná barviva
- moří se za tepla
- obarvené spory se těžko odbarvují kyselinami (aj., např. etanol)

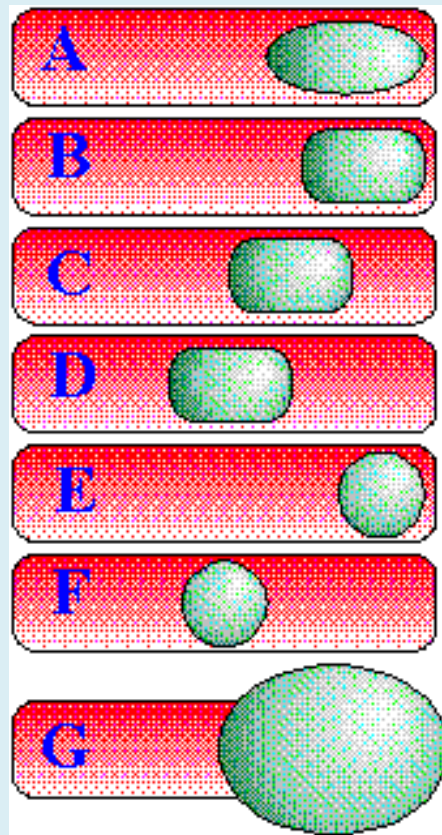
Barvitelnost spor závisí na:

- jejich vývojovém stádium
- stáří kultury
- kvalitě živné půdy
- individuálních vlastnostech mikrobů
- barvitelnost spor se také (podobně jako u plísní) zlepší použitím sporulačních médií (s přídavkem manganu nebo ury)

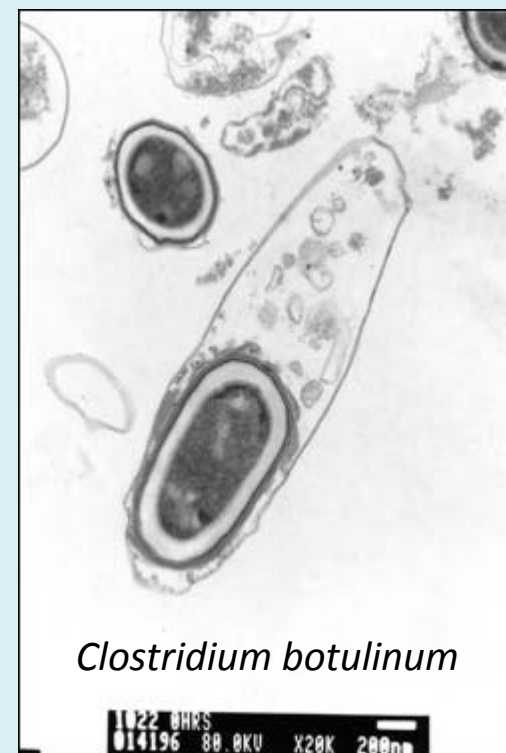
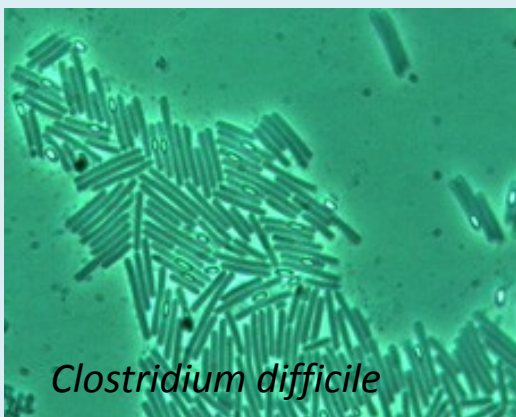
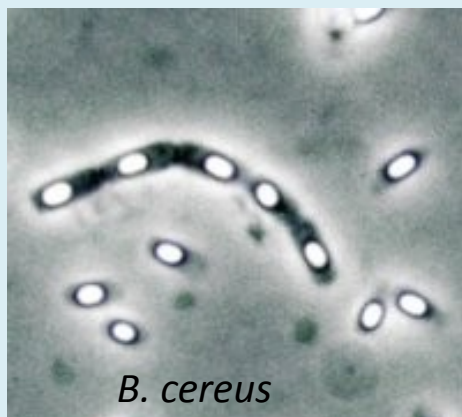
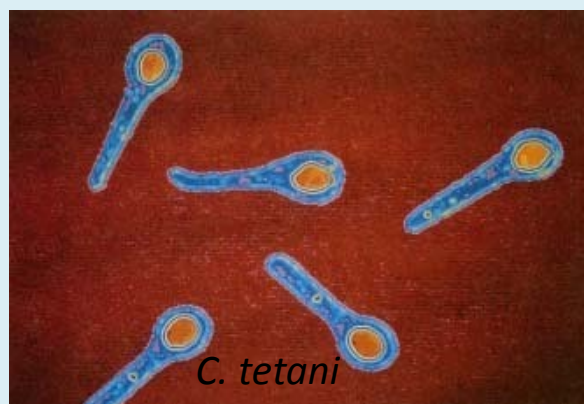
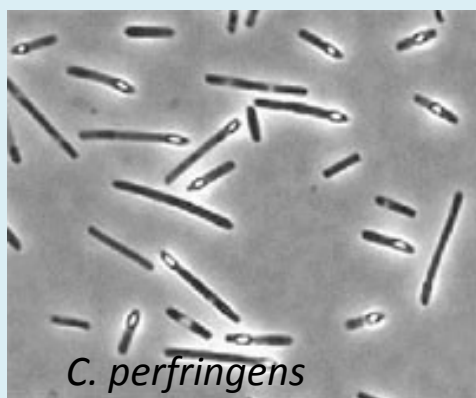


Uložení v buňce

- terminální - na konci tyčinky (*C. tetani*, *B. stearothermophilus*)
- centrální (*C. histolyticum*, *C. novyi*, *C. septicum*, *B. anthracis*, *B. cereus*)
- subterminální - uložena paracentrálně = mezi středem a pólem buňky, nejčastěji (*C. botulinum*, *C. sporogenes*, *B. brevis*)



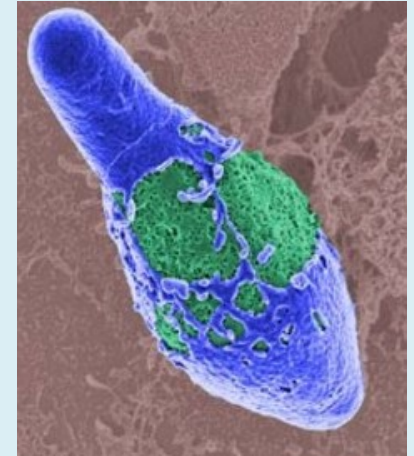
- rozšíření buňky: *C. botulinum*, *C. tetani*, *Bacillus stearothermophilus*
- mírné rozšíření: *C. histolyticum* a *C. novyi*
- u některých druhů spora buňku nezduřuje: *B. anthracis*, *B. cereus*



Klinicky významné jsou spory rodů *Bacillus* a *Clostridium*

Clostridium botulinum

- sporulující buňky odolávají 2-6 hodin teplotě 100 °C
- nesporelující hynou po 30 min při 70 °C
- spory inaktivovány po 20 min při 121 °C vodní páry při 2 atm
- nebo po 90 – 180 min při 160 - 200 °C suchého tepla
- opakovaný var (vysoce termorezistentní přežijí až pětihodinový var)

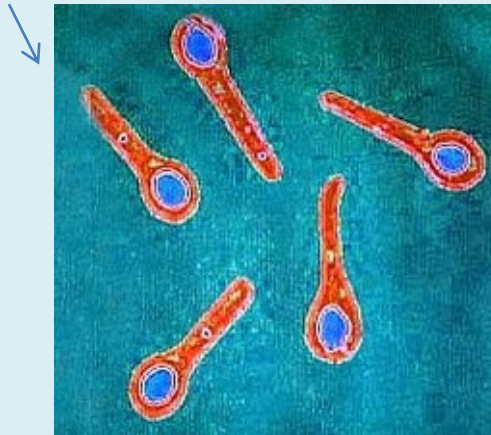


Clostridium tetani

- ke zničení spor nutno působit 100°C po 90 min

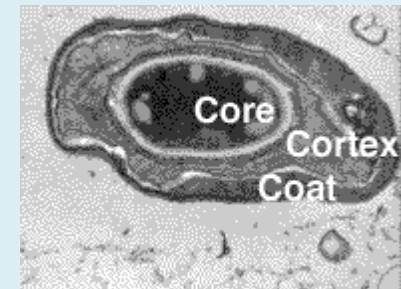
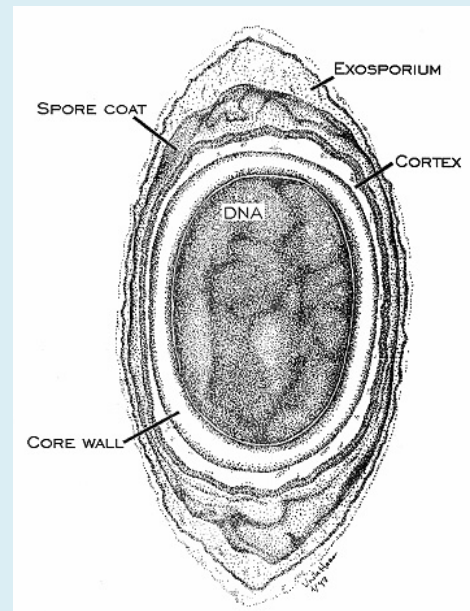
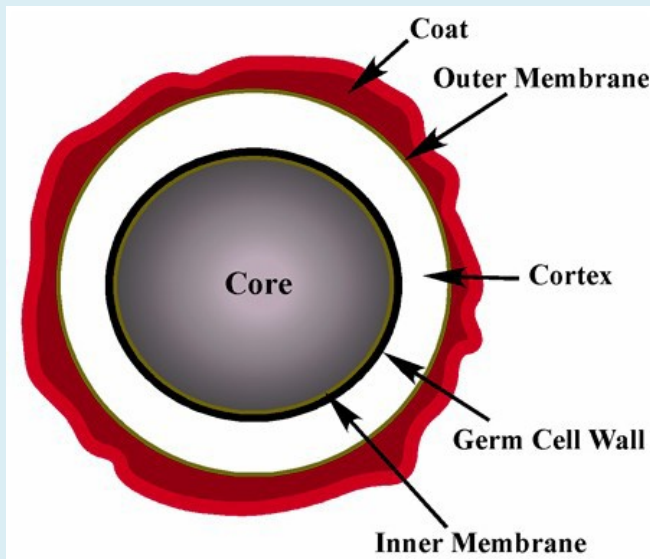
Bacillus anthracis

- biologická zbraň, anthrax



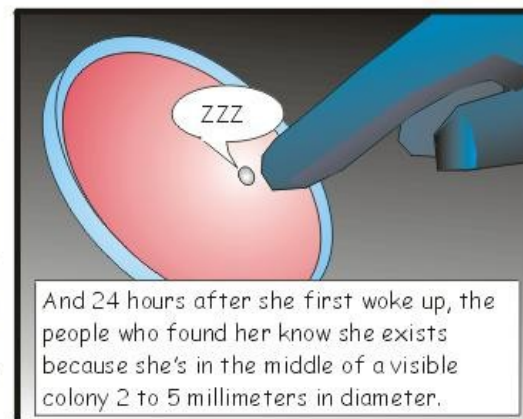
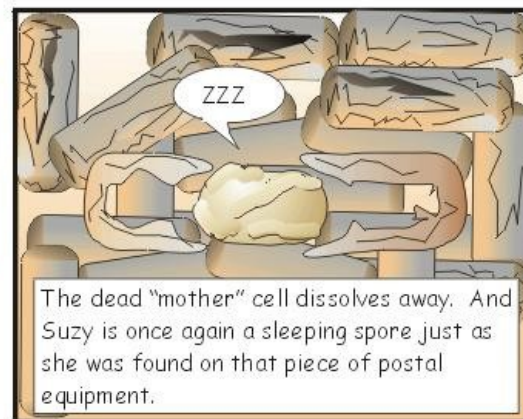
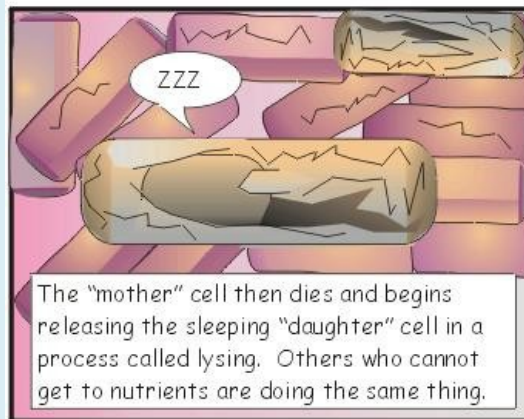
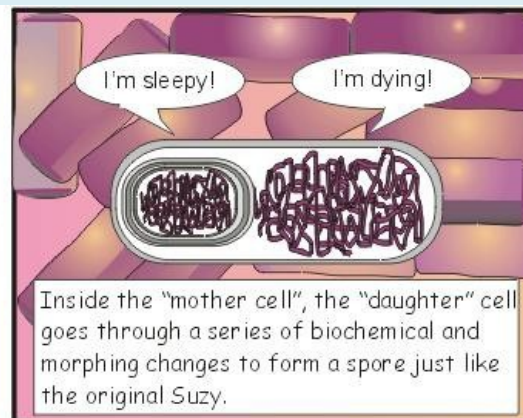
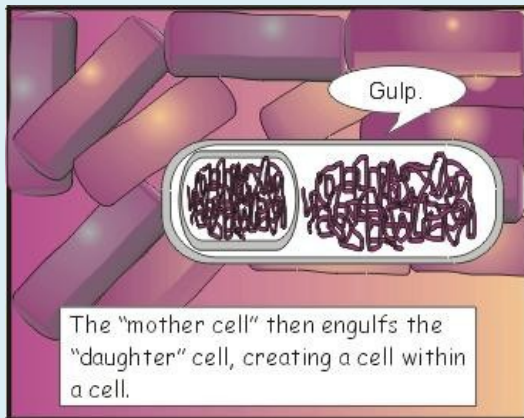
Stavba zralé bakteriální spory

- vnitřní (20%) a zevní kortex (80%)
- jádro spory – gelová matrix (nukleoid), kalcium dipikolinát (CDPA) nebo pyridin-2,6-dikarboxylová kyselina, jež nahrazuje vodu při udržování kvarterní struktury DNA
- zajišťuje nepropustnost, nebarvitelný
- kortex je tvořen peptidoglykany - 20-30 % peptidoglykanových jednotek je shodných s peptidoglykan s buněčné stěny
- zbylých 50-60 % jednotek představuje N-acetylmuramovou kyselinu modifikovanou na N-acetylmuramyl-laktam
- dalších 18-20 % kyseliny N-acetylmuramové je spojeno s L-alaninem namísto tetrapeptidu
- exosporium - mají některé spory - uděluje buňkám rezistenci vůči chem. látkám, taxon. znak
- **perikortikální membrána**
- **pláště** složené z proteinů bohatých na cystein (a podobných keratinu), zajišťují odolnost proti chemikáliím (exosporium *Bacillus*)



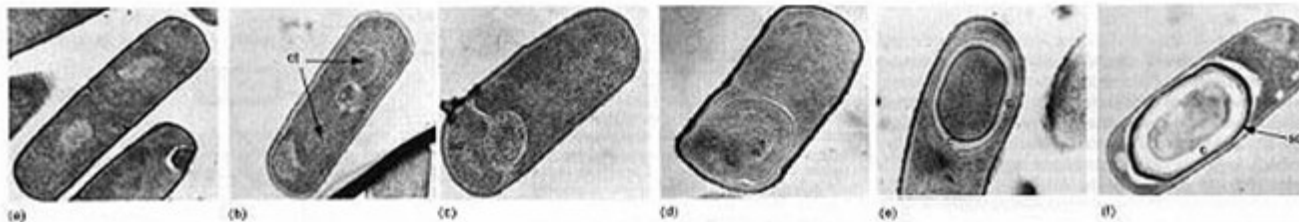
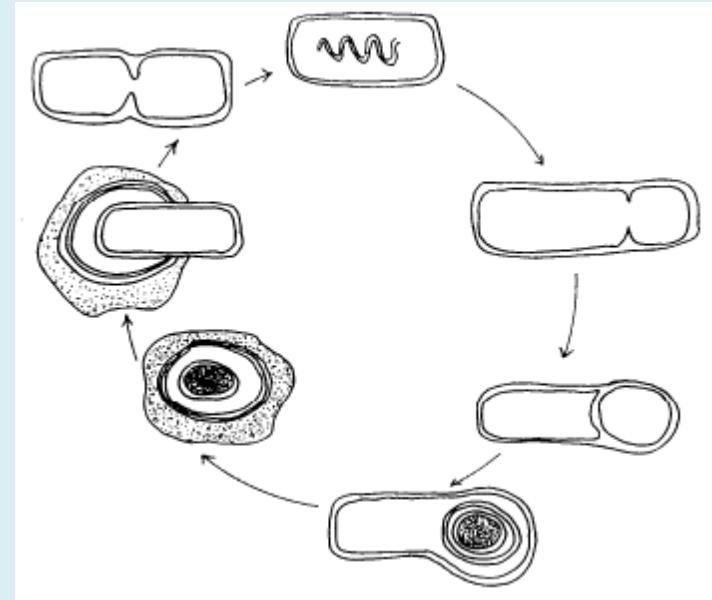
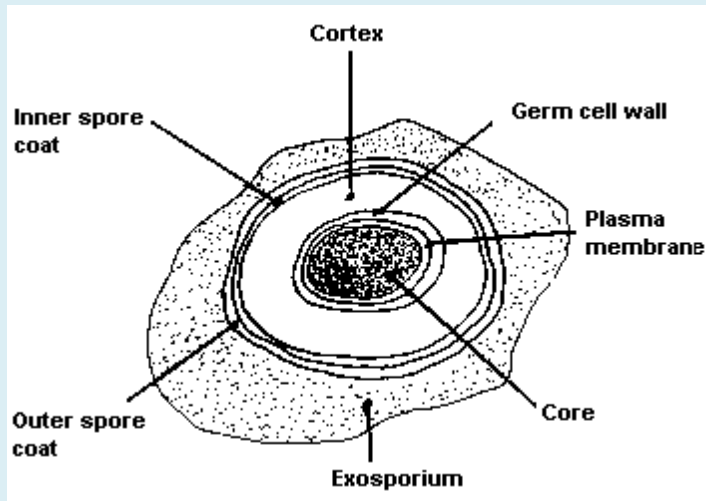
Jedinečné a charakteristické struktury spory

- Kalcium dipikolinát
- Proteiny stabilizující DNA (SASPs)
- Kortex
- DNA reparační enzymy v procesu germinace



Proces sporulace

- tvorba spory
- je zkoumána nejčastěji u bacilů
- začíná ve fázi G1 – zde je už jasné, jestli vznikne spora nebo vegetativní buňka
- začíná ve fázi G1 přechodem od binárního k asymetrickému dělení
- probíhá i při dostatku živin, hlavně však ve stacionární fázi
- ke studiu sporulace je používáno bakterií rodu *Bacillus*, hlavně *B. subtilis*



Obrázek: fáze sporulace bakteriální buňky rodu *Bacillus*. Zdroj: Pasteur Institut.

Cell wall Cytoplasm **1** Spore septum begins to isolate newly replicated DNA and a small portion of cytoplasm.

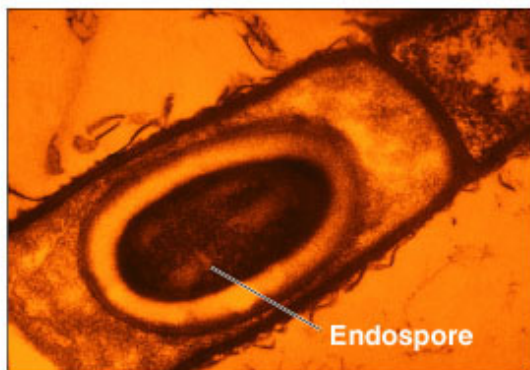
Plasma membrane

Bacterial chromosome (DNA)

2 Plasma membrane starts to surround DNA, cytoplasm, and membrane isolated in step **1**.

Dvojitě obalení spory CPL membránou!

(a) Sporulation, the process of endospore formation



3 Spore septum surrounds isolated portion, forming forespore.

Two membranes

4 Peptidoglycan layer forms between membranes.

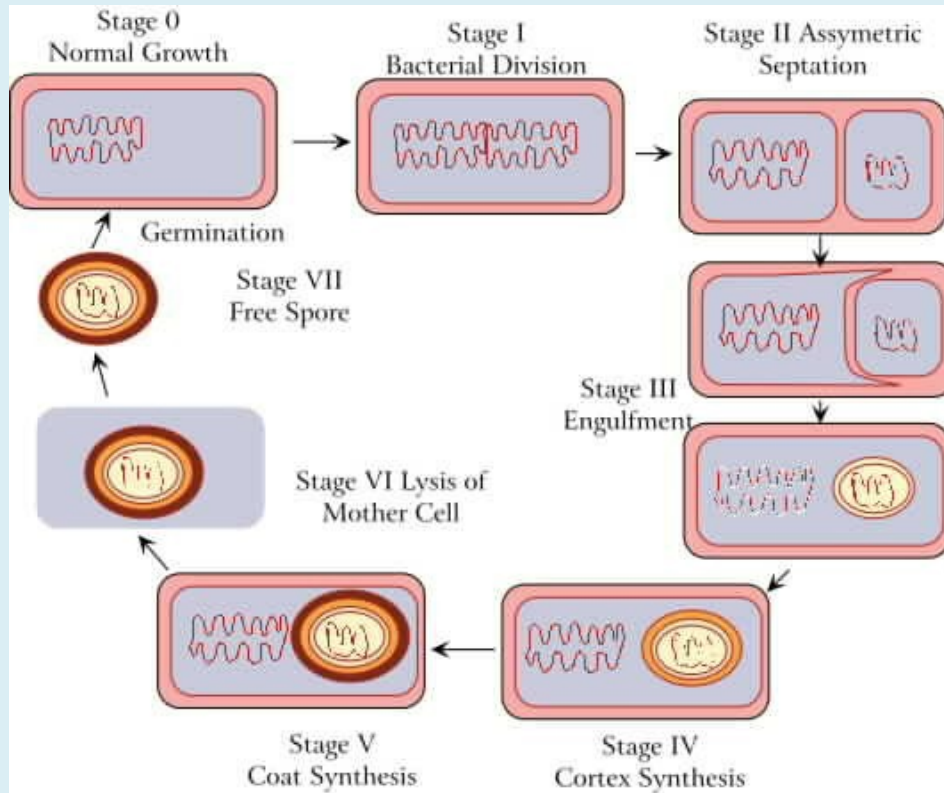
(b) An endospore in *Bacillus anthracis*

6 Endospore is freed from cell.

5 Spore coat forms.

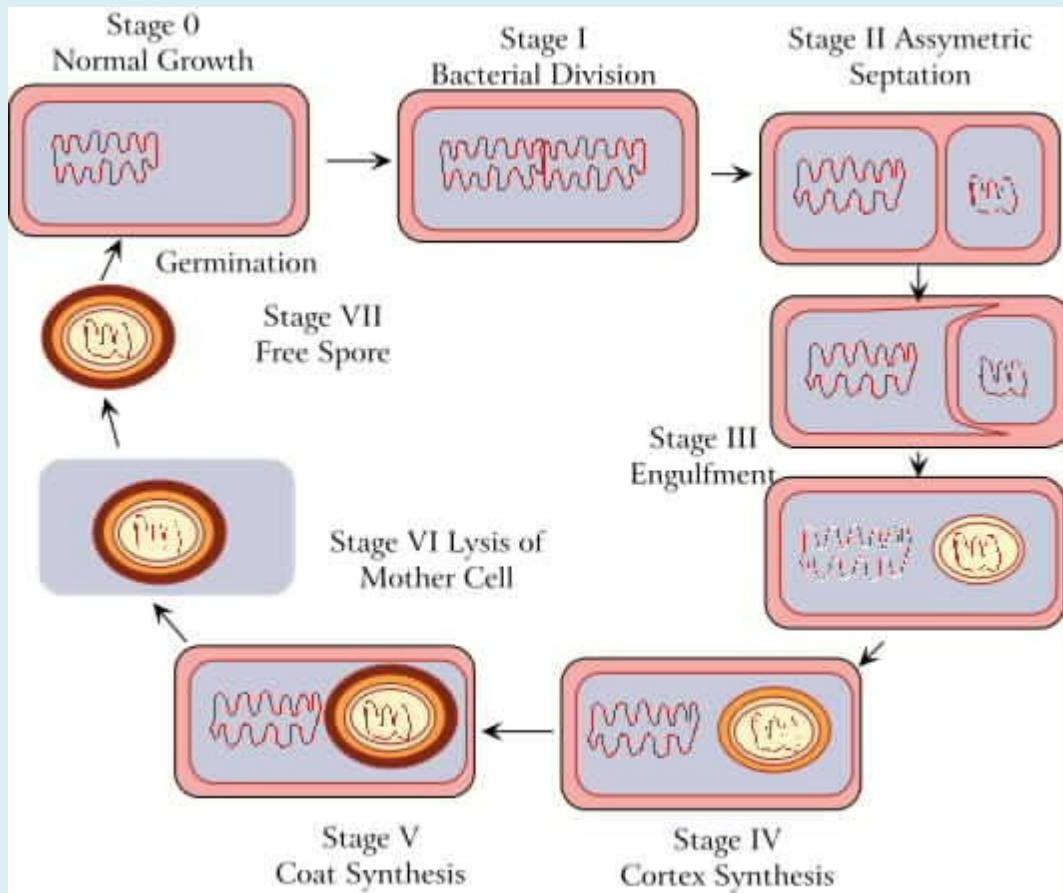
7 fází sporulace *B. subtilis* (I –VII)

- lze charakterizovat morfologicky
- i na molekulárně biologické úrovni
- za proces vzniku endospory zodpovídá 7 – 8 genů



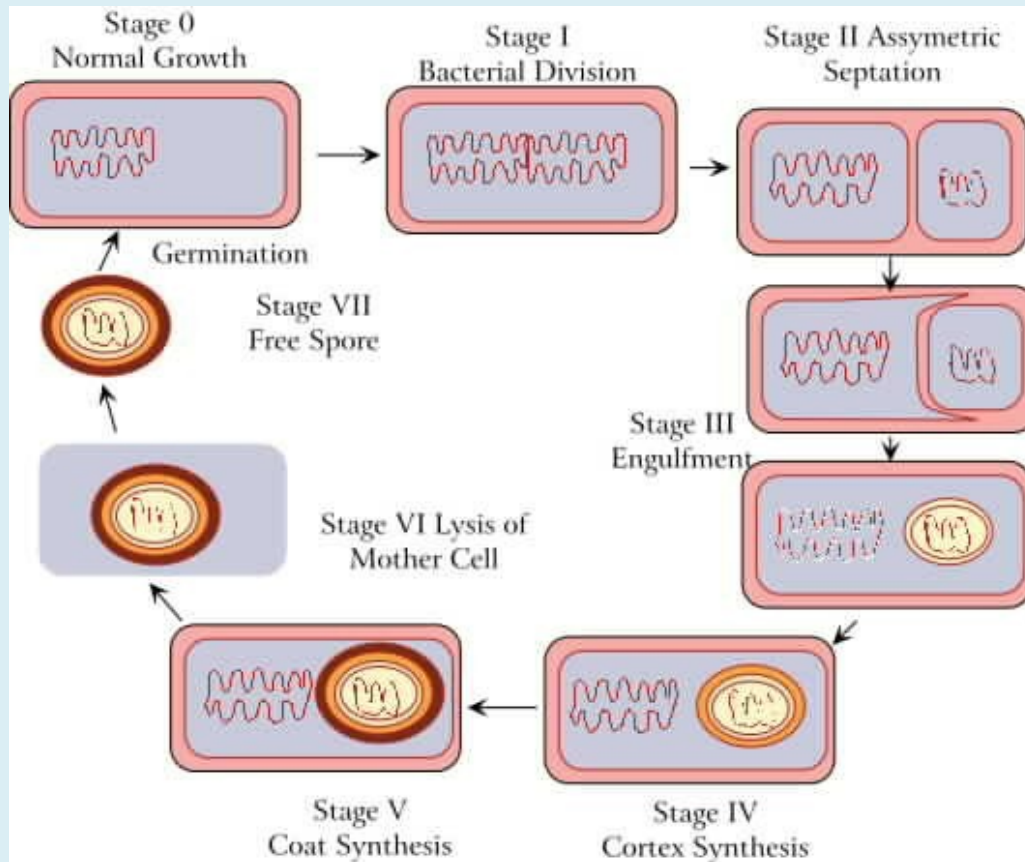
Fáze 0

Mateřská vegetativní buňka (sporangium) přechází v G1 od binárního k asymetrickému dělení v průběhu vzniku přepážky (na konci G1) je již jasné, zda vznikne vegetativní buňka nebo spora



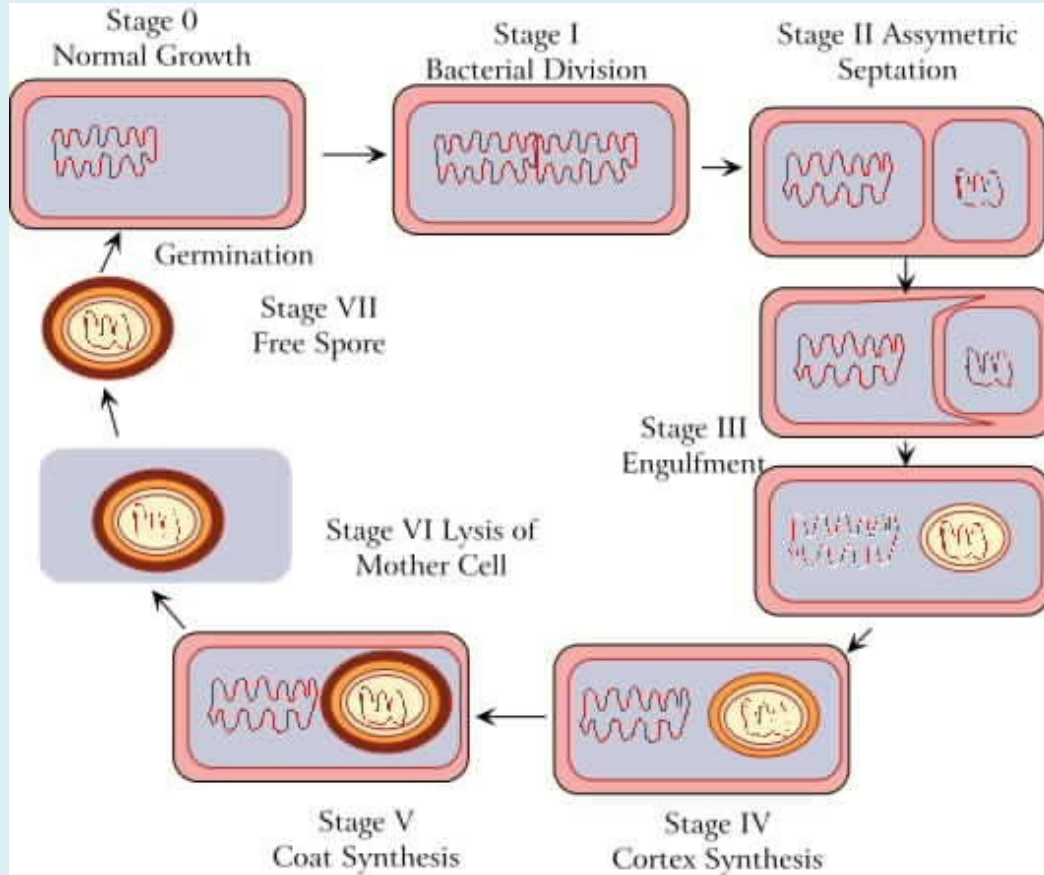
Fáze 1

- replikace DNA
- buňka začne přijímat polyfosfatová granula
- dojde k tvorbě prepážky - dvojité vchlípení CM
- můžeme rozlišit prosporogenní zónu (jiná hustota b.mat.)
- DNA není aktivní v této prosporogenní zóně
- tvorba axiálních filament k rozdělení bakteriálního chromozomu
- jeden z prvních signálů sporulace je vznik kvanta volutinu
- druhým signálem – zvýšení mn. enzymů Krebsova cyklu a hydroláz, spotřeba acetátu



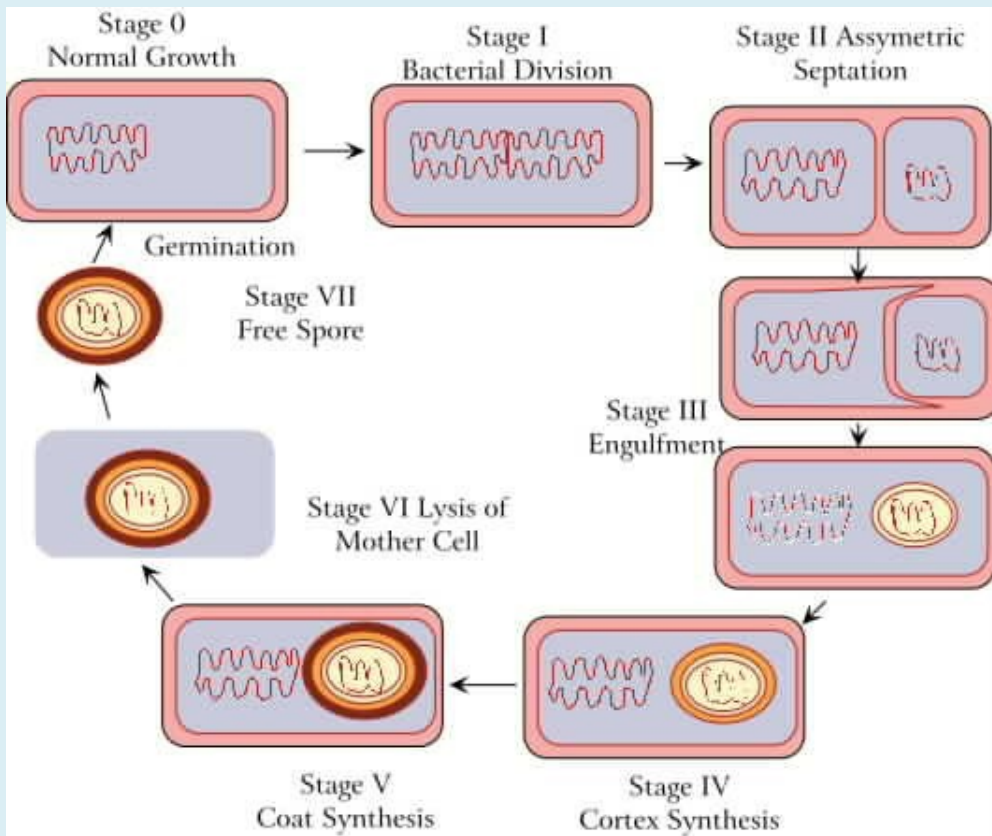
Fáze II

- ukončena replikace buněčného genetického materiálu
- ten se rozestupuje k pólům buňky
- končí invaginace CM
- místě přepážky se dvojitě vchlípí CM



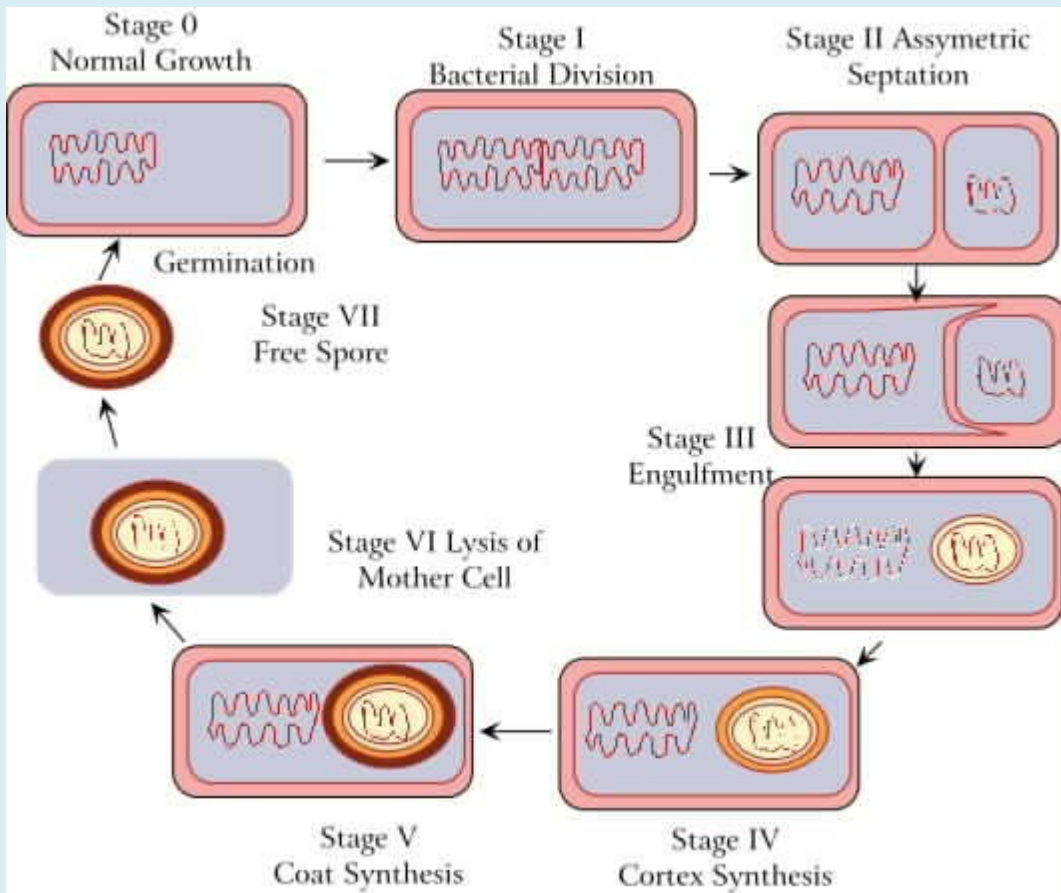
Fáze III

- proliferace CM kolem obou vydělených částí buňky
- u spory dochází k zaobalení (prospora - barvitelná)
- vznik intina a extina
- dochází k zahušťování
- není hotový kortex ani plášť
- spora není světlolomná - nelze pozorovat ve fázovém kontrastu



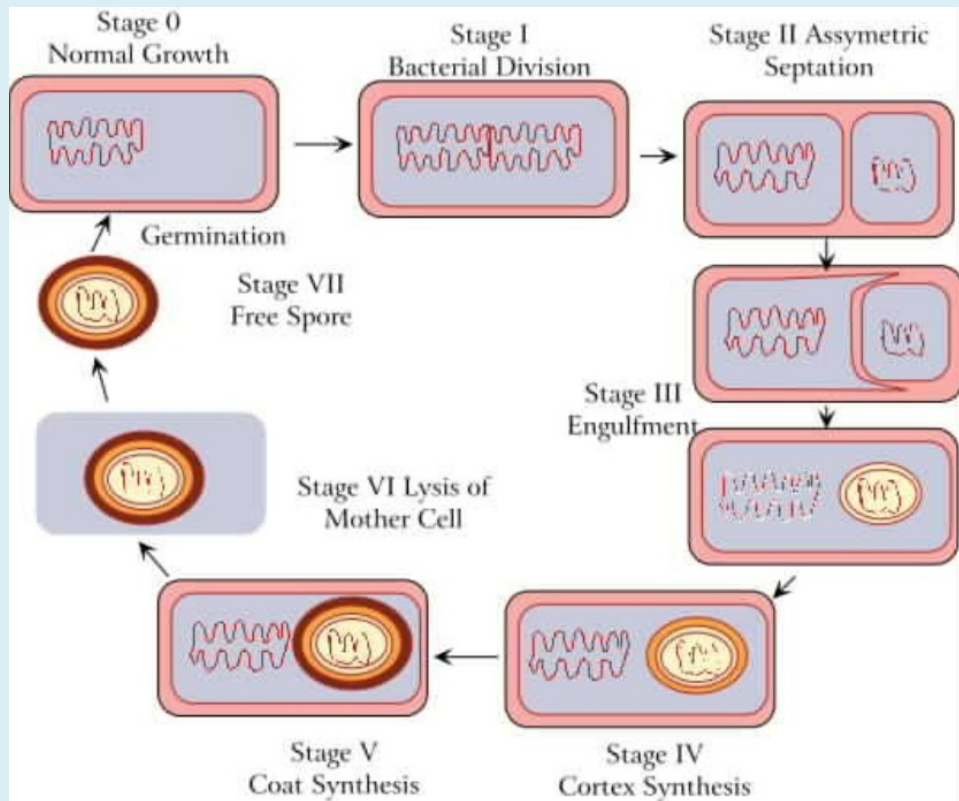
Fáze IV

- tvoří se kortex
- vzniká světlolomnost
- spory s PG s jiným složením než PG buněčné stěny
- ve spoře obsažena kys. dipikolinová (stabilizuje kvarterní strukturu DNA ve vazbách)
- také velké množství Ca^{+} – aktivní transport - antiport



Fáze V

- syntéza pláště, vícevrstevný
- již minimum vody
- u rodu *Bacillus* vzniká exosporium které se u druhu liší ve složení bílkovin
- chemotaxonomie na základě unikátních bílkovin pláště



Fáze VI

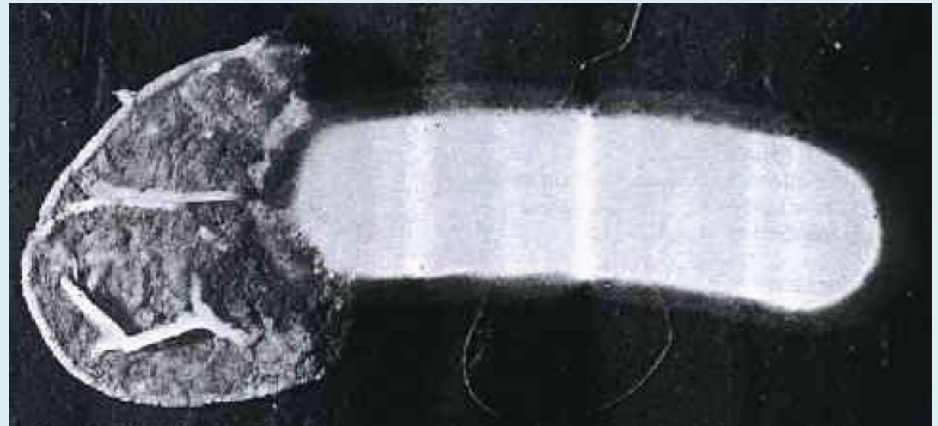
- maturace endospory a lyze mateřské buňky
- uvolnění zralých spór

Fáze VII

- volná zralá spóra

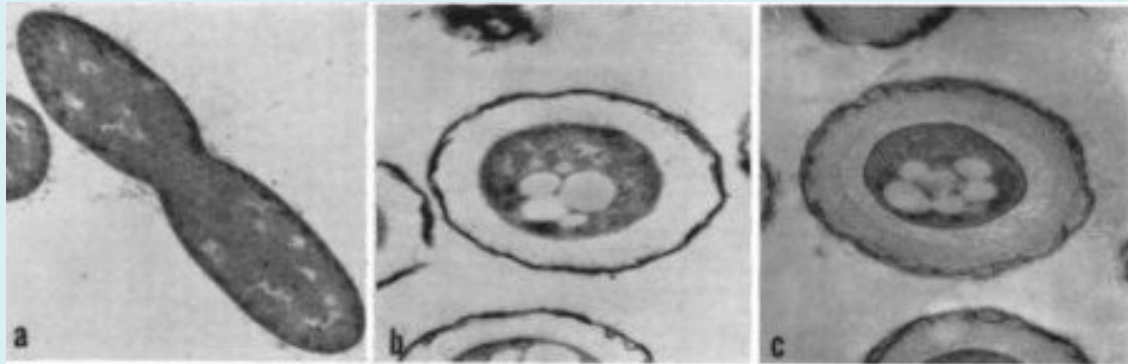
Germinace spory

- rychlý proces klíčení spory
 - spontánní aktivace spory při vyrovnání podmínek v prostředí
 - aktivace – působením teploty 70-85 °C po 5 – 10 min
 - další aktivátory: vitamíny, aminokyseliny (L-Ala, Ado a Ino)
-
- destabilizace pláště, rozklad extiny
 - prvně se destabilizuje plášť (ztráta rezistence, jako první je ovlivněna proteosyntéza) až pro dostatku energie začne replikovat DNA...
 - po dvou hodinách od začátku germinace začne dělení buňky
 - zdroj bílkovin, polysacharidů fosfolipidu je extina
-
- lytický enzym (kortikohydroláza) – depolymerizuje kortex pro nástupný průnik vody
 - po 2h po germinaci spory - dělení vegetativní buňky
 - inhibice klíčení: D-Ala, MgCl₂, PMSF



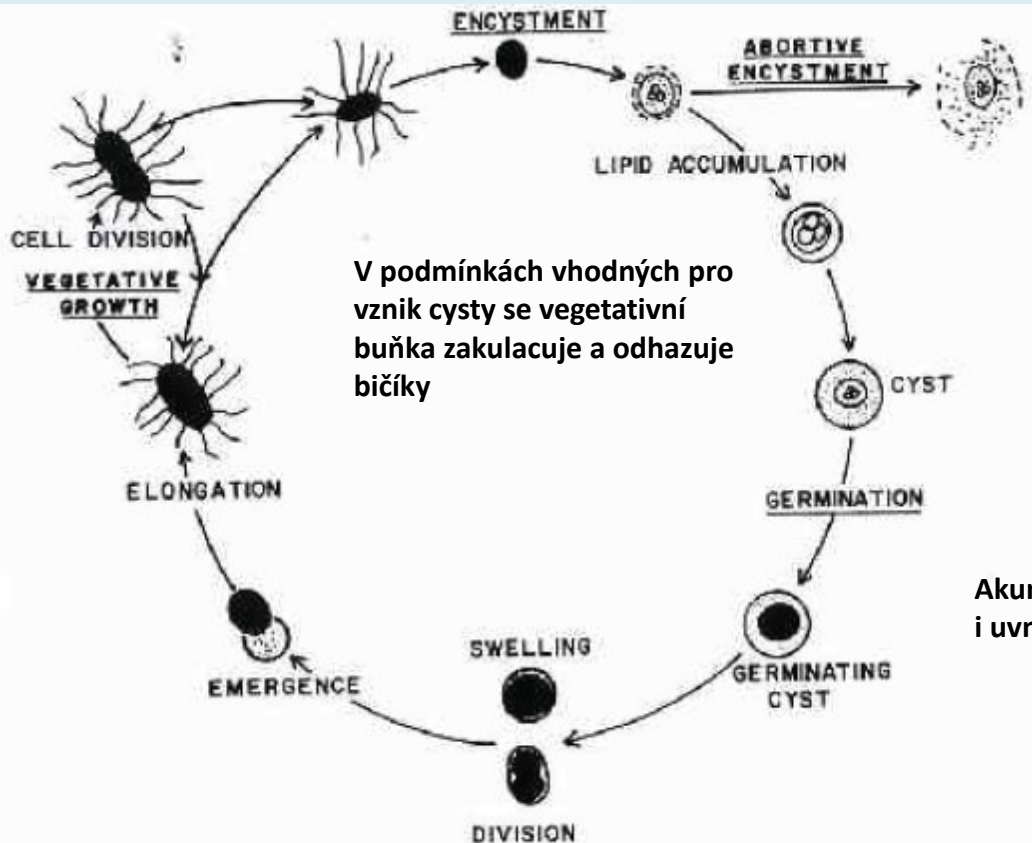
Exospory = cysty

- nejsou tolik rezistentní vůči teplu
- rezistentní vůči vysychání
- granula PHB – typická pro cysty
- odlišné obaly – algináty, různé polysacharidy
- nejpodrobněji popsány u *Azotobacter vinelandii*, mnohvrstevný obal (vnější části vyšší hustota), unikátní lipidy
- za příznivých podmínek cysty klíčí a mění se ve vegetativní buňky



- intina - slouží jako zdroj sacharidů, lipidů
- v intině cysty bylo dostatek volutinu - porušení cysty - jádro si bere volutin – narůstá
- dojde k prasknutí vnější vrstvy extiny a k uvolnění vegetativní buňky
...jakmile se veg. buňka dostane do prostředí - začne absorbovat kyslík a vylučovat CO2 ...

Růstový cyklus *Azotobacter vinelandii*



V podmínkách vhodných pro vznik cysty se vegetativní buňka zakulacuje a odhazuje bičíky

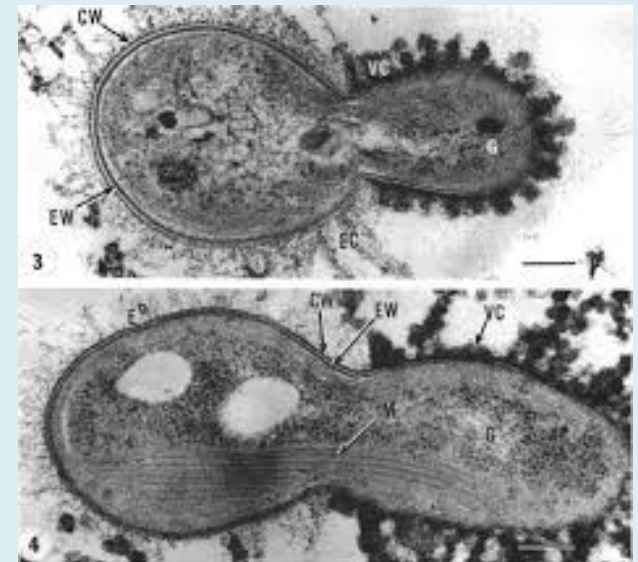
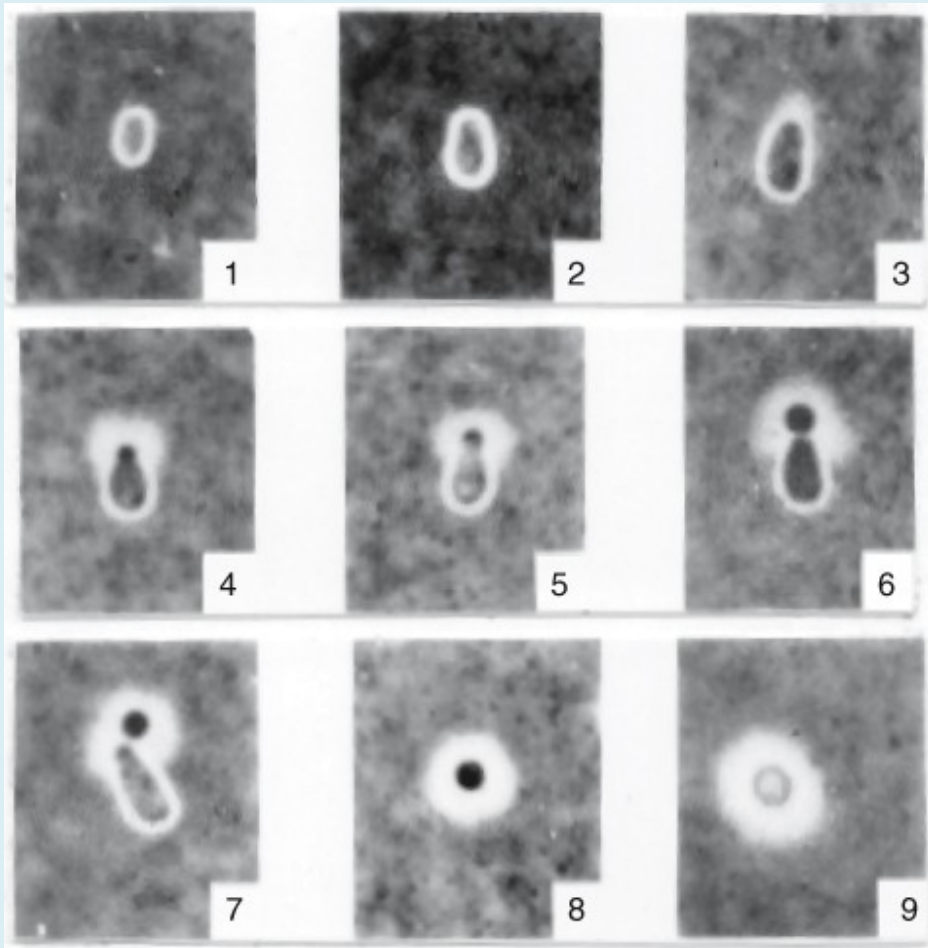
Nepohyblivé stadium encystuje

Buňka se stává světlolomnou, z vnější strany depozice lipidických látek

Akumulace lipidů i uvnitř buňky

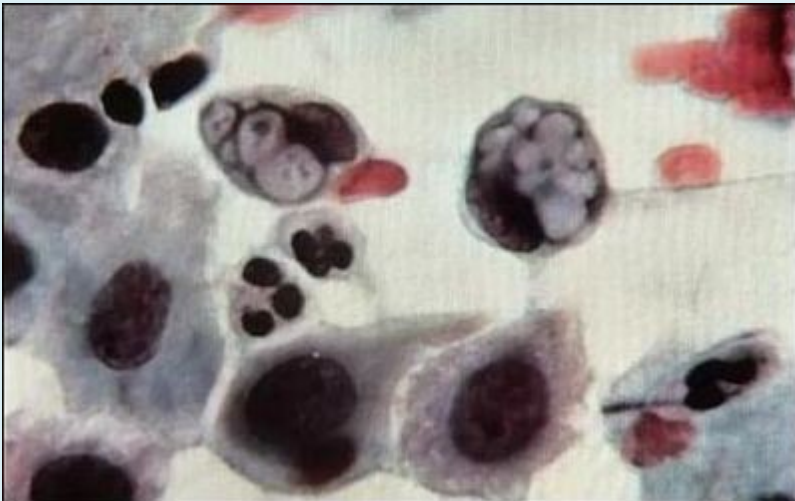
Fig. 4. Schematic diagram of the life cycle of *Azotobacter vinelandii*. (From Sudoff, 1975.)

Tvorba exospory *Methylosinus trichosporium*

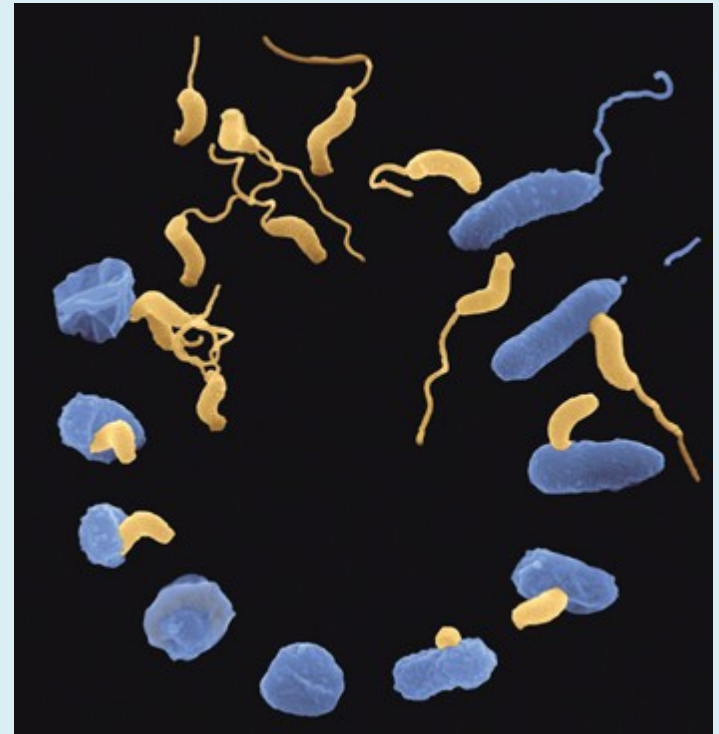


2) Střídání extracelulárního, infekčního stádia, a intracelulárního, reprodukčního stádia

Chlamydia trachomatis



Bdellovibrio bacteriovorus
(žluté buňky)



Bdellovibrio

- drobné aerobní G- bakterie 0,3-0,5 x 0,5-2,4 μm
- všudypřítomné v moř., sladkovodní, odpad.vodě, půdě
- obligátní (primárně) intracelulární parazité **G- bakterií**

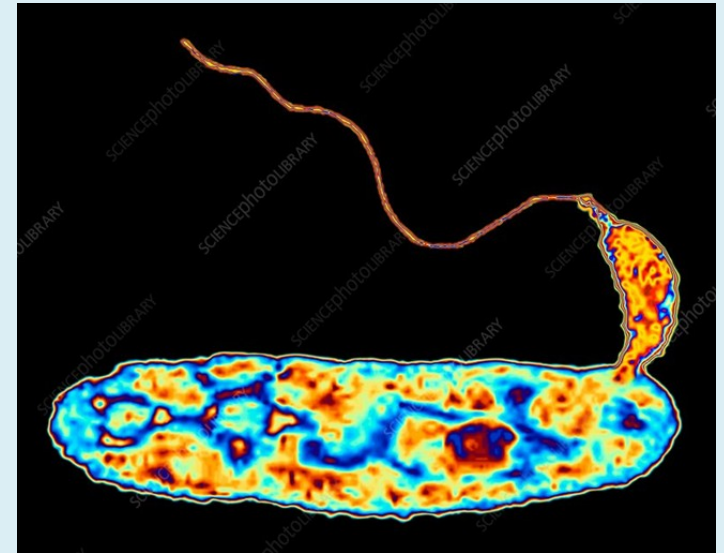
2 stádia:

A) nemnožící se - napada G+ buňky, je pohyblivé

- pohybliví predátoři, polární
- bičík, extracelulární
- až 100 $\mu\text{m/s}$. = „útočná fáze“

B) reprodukční

- nemnožící se stádium
- nepohyblivé, žije v **periplazmatickém prostoru** hostitelské buňky.
- „**růstová fáze**“



<https://www.youtube.com/watch?v=YNxjWvTFzOc>

<https://www.youtube.com/watch?v=b5GJ98S7Ewo>

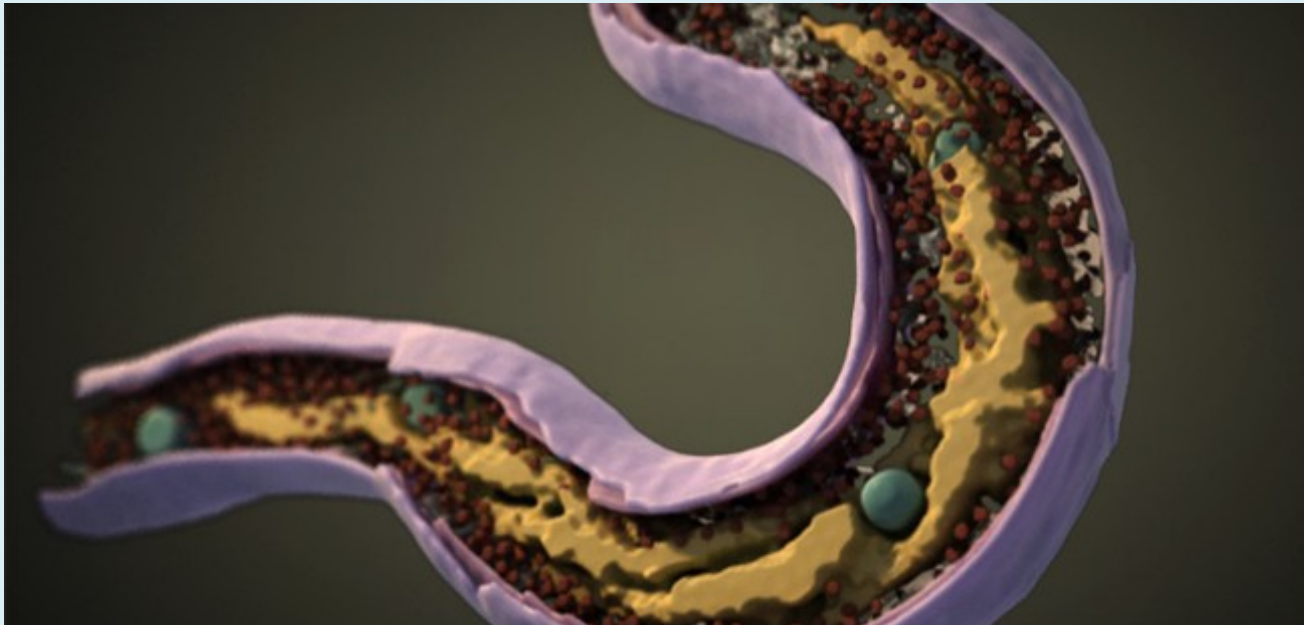
<https://www.youtube.com/watch?v=-uZjo0ohjFw>

- poprvé popsáno ***Bdellovibrio bacteriovorus*** (Stolp and Starr in 1963)
- *Bdellovibrio starrii* a *Bdellovibrio stolpii* rod *Bacteriovorax*

- analyzován jeho neobvykle velký genom – 3,7 mil.bazí
- schopno syntetizovat jen 11 AMK

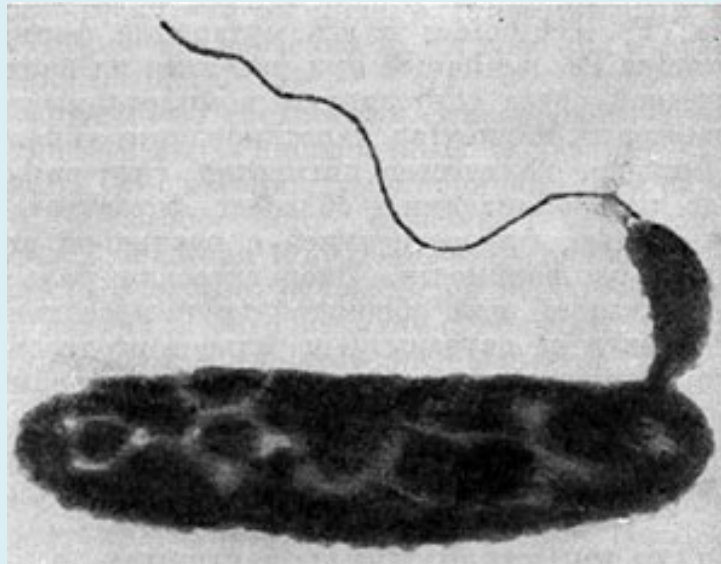
Popsány dva jejich viry:

- Kentucky: sférický, 70nm, 1sDNA
- Praha: 2sDNA, hlavička 40nm, bičík 200nm



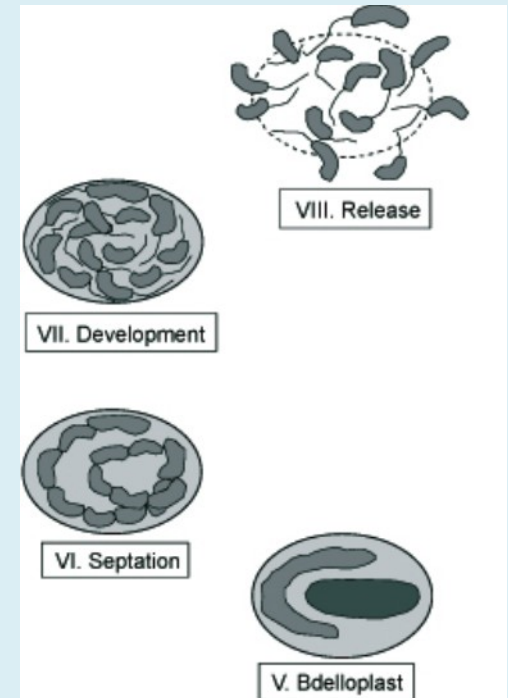
Pohyblivá extracelulární forma

- protáhlý konec buňky slouží jako „**příchytká**“, holdfast
- na protilehlém konci je umístěn **polární bičík** – obalený
- pochvou, která je tvořena vnější membránou, odlišnou od CM
- kontakt s hostitelem – pravděpodobně **není založen na chemotaxi** – reverzibilní a irreverzibilní stádium
- biosynteticky neaktivní – bez proteosyntézy
- bdellovibrio začíná leptat stěnu kořisti
- po kontaktu se aktivují *pil* geny pro syntézu fimbrií

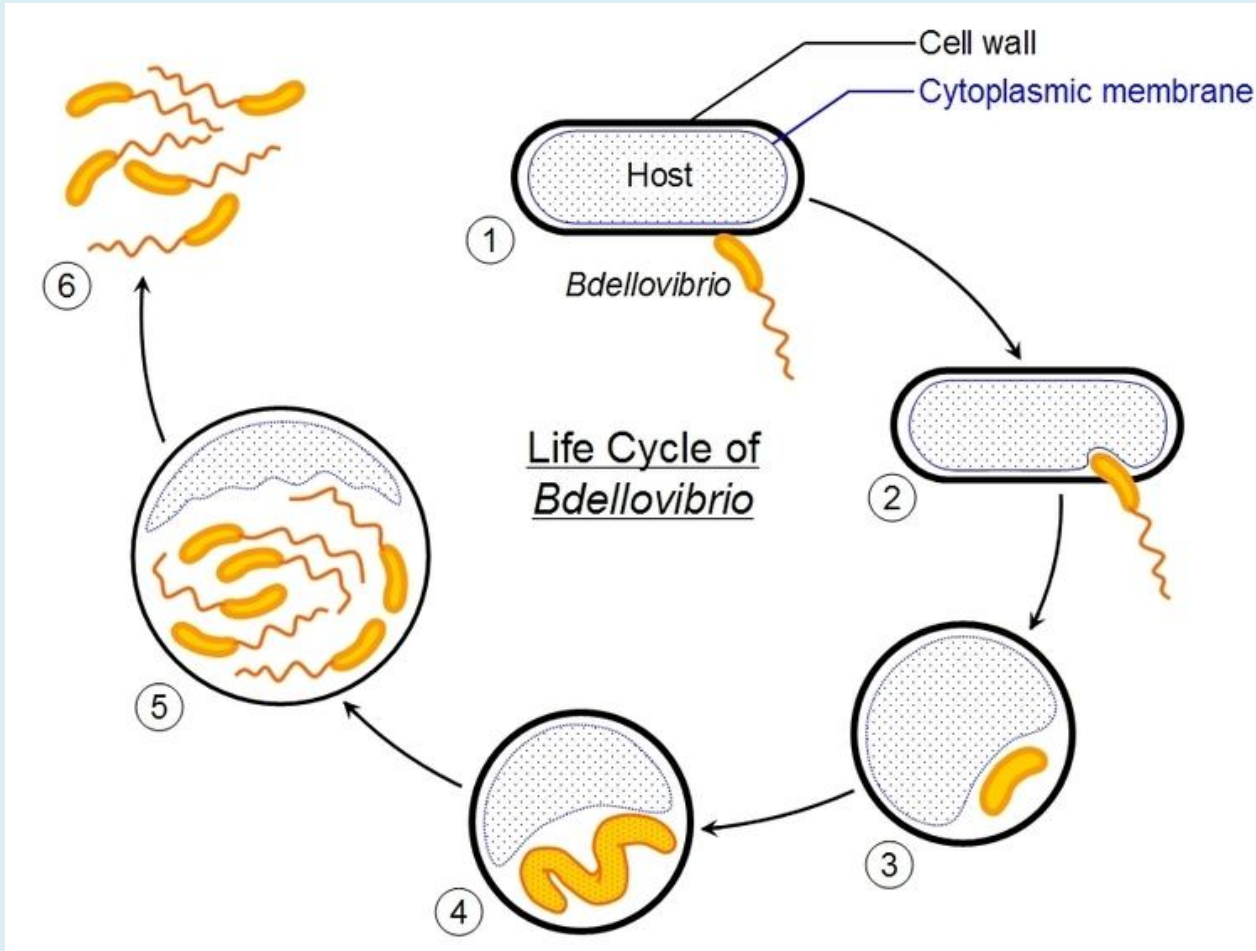


Infekce hostitelské buňky

- kolize s hostitelem: 160 $\mu\text{m/s}$
- vhodný hostitel
- penetrace vnější membránou – rotace 100ot/s
- ztráta bičíku
- usídlení v periplazmatickém prostoru
- mezi peptidoglykanovou vrstvou a vnější membránou
- přeměna ve vegetativní buňku, replikace DNA
- přeměna hostitele ve sféroplast, hydrolytické enzymy
- elongace, vyrůstá septované vlákno
- po vyčerpání živin fragmentace vlákna (ještě před lyzí)
- fragmentací vznikají pohyblivé, infekční buňky
- lyze hostitelské buňky
- přesné řízení buněčného cyklu, aby se v potřebném sledu aktivovaly četné geny pro degrad. enzymy
- mohou se buňky replikovat bez parazitické fáze?
- za určitých podmínek jsou bdellovibria schopna replikace bez hostitele, stačí extrakt z host.buněk



- životní cyklus: 1-3h
- produkce až 15ti nových predátorů



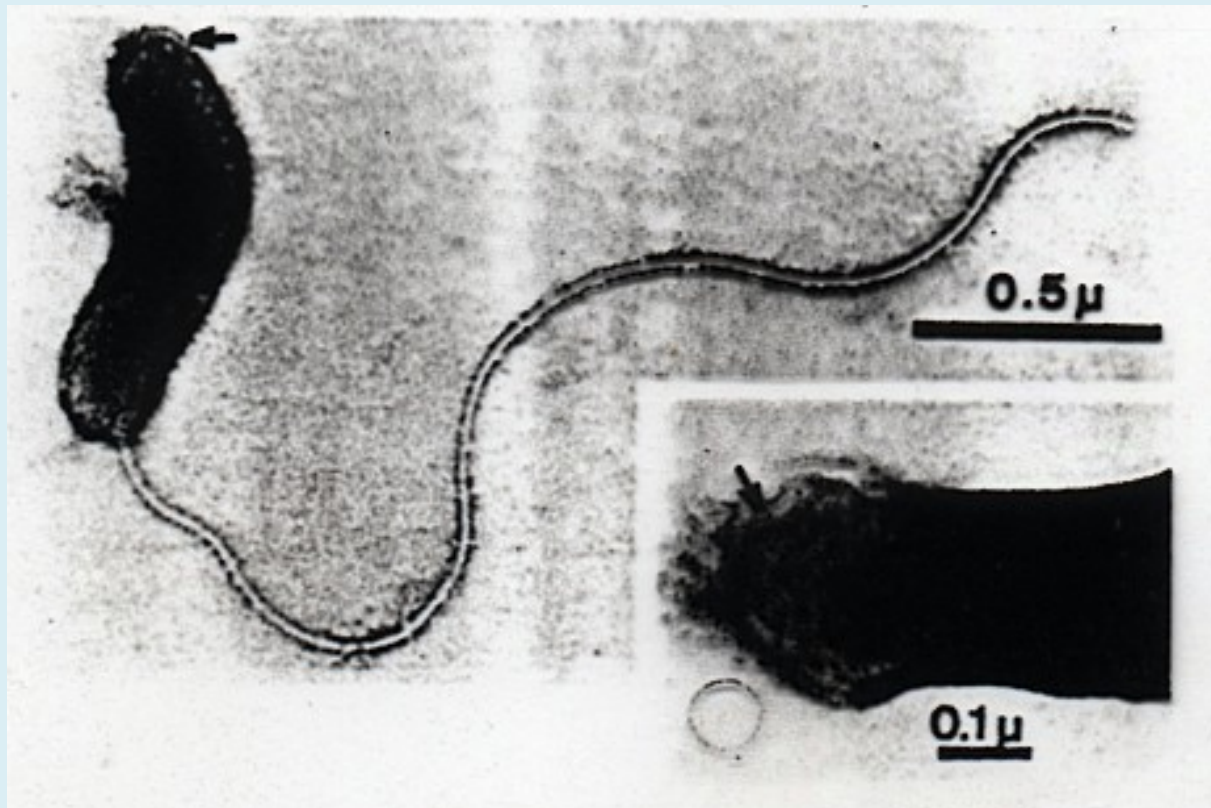


Fig. 19. Electron micrograph of negatively stained cell of *Bdellovibrio bacteriovorus* showing the thick, polar flagellum.

Ekofyziologie bdellovibria

- výskyt – půda, odpad, voda
- specifická metabolická přizpůsobení parazitickému životu –
- reprodukční stadium metabolizuje vysokomolekulární
- látky obsažené v hostitelské buňce
- efektivita metabolismu až 65% materiálu hostitelské buňky
- přemění na vlastní buněčný materiál
- uvnitř hostitele je buňka rezistentní k záření, fágům a
- environmentálním polutantům
- některé kmeny tvoří tzv. bdelocysty = 3. klidové stadium,
- které se za vhodných podmínek mění na infekční stadium

Další predátoři

- více než 12 podobných mikroorganismů
- obligátní nebo příležitostní parazité
- nitrobuněční nebo na povrchu buňky
- myxokoky a lysobactery se kořisti zmocňují kolektivně, když dosáhnou potřebného quora
- „strategie vlčí smečky“ (<https://imgur.com/r/gifs/tbs7UgU>)
- mycovibria a vampirokoky zůstávají na povrchu
- daptobactery pronikají přímo do cytoplazmy

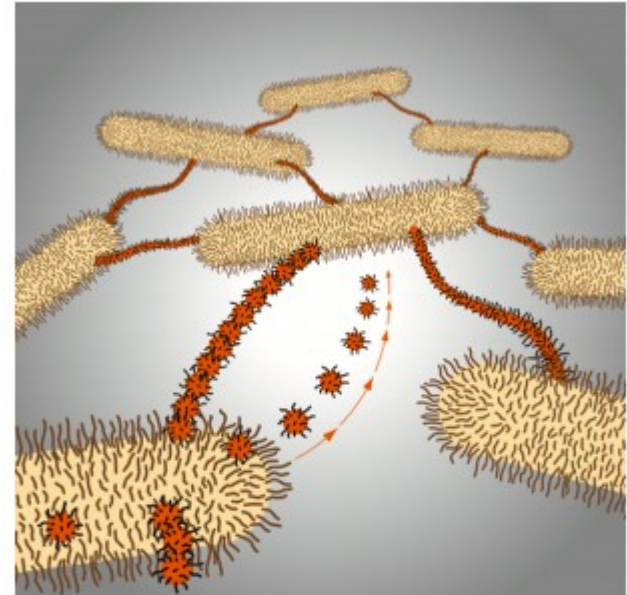
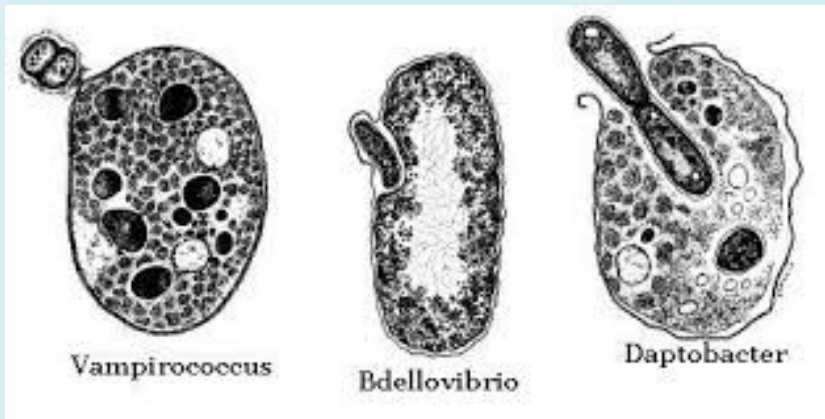


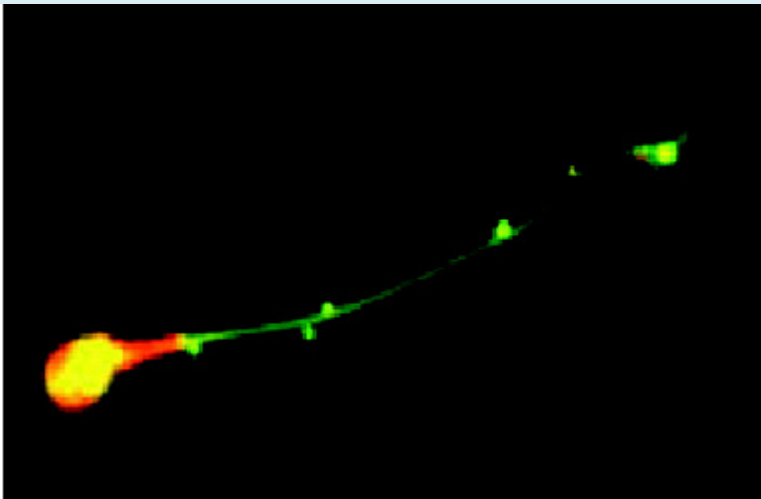
Fig. 7. Model for the role of vesicles and vesicle chains in *M. xanthus* biofilms. We propose that cells maintain connections and possibly exchange signals through vesicles and other extracellular appendages. These structures are covered by a carbohydrate, possibly LPS, which may play a role in cell-cell recognition and intercellular material transfer. Free vesicles provide a diffusion-free mechanism of signal transmission, while vesicle chains mediate direct intercellular contacts, creating a tightly knit multicellular community.

Chlamydie

- obligátní parazité buněk vyšších organismů
- *Chlamydia trachomatis* - urogenitální sexuálně přenosné infekce, trachom, lymphogranuloma venereum, infekce novorozenců
- *Chlamydophila pneumoniae* – pneumonie, záněty horních cest dýchacích, význam u kartitid
- *Chlamydophila psittaci* – epizootické nákazy u zvířat, psitakóza u člověka
- *Parachlamydia acanthamoebae* – parazit améb



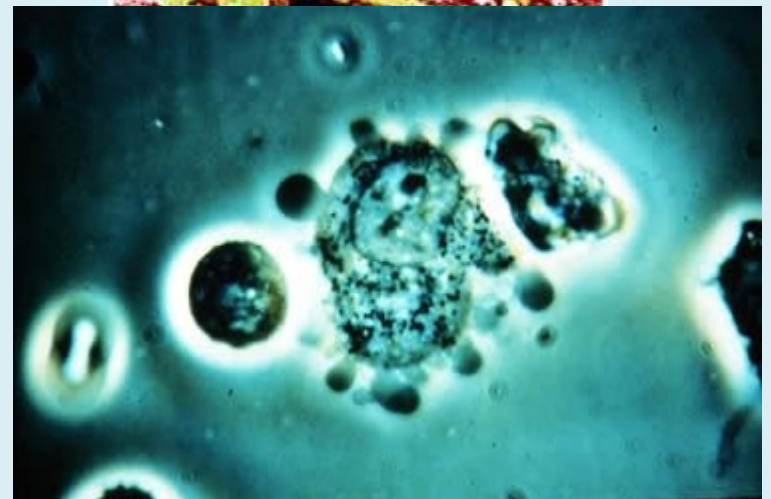
Chlamydia psittaci



Chlamydia trachomatis

Elementární tělíska útočící na spermii

Courtney S. Hossenzadeh



Dvě fáze reprodukčního cyklu chlamydií

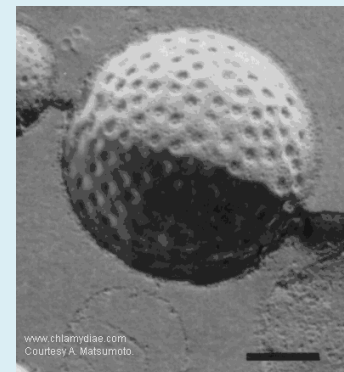
dva typy tělísek u chlamydií:

1) elementární tělíska (EB)

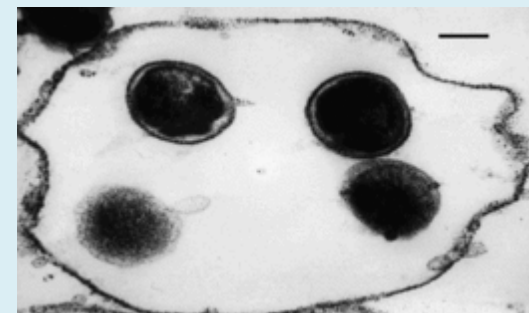
- klidová stádia, nemetabolizující, rezistentní a vysoce infekční
- napadají buňky, významný podíl adheze na povrchu buněk
- přizpůsobeny pro přežití ve vnějším prostředí

3) retikulární tělíska (RB)

- větší, neschopné žít mimo buňku (jen ve fagozomu)
- reprodukční stádium
- obsahuje ribozomy a využívá biosyntetický aparát hostitelské buňky
- probíhá přepis DNA

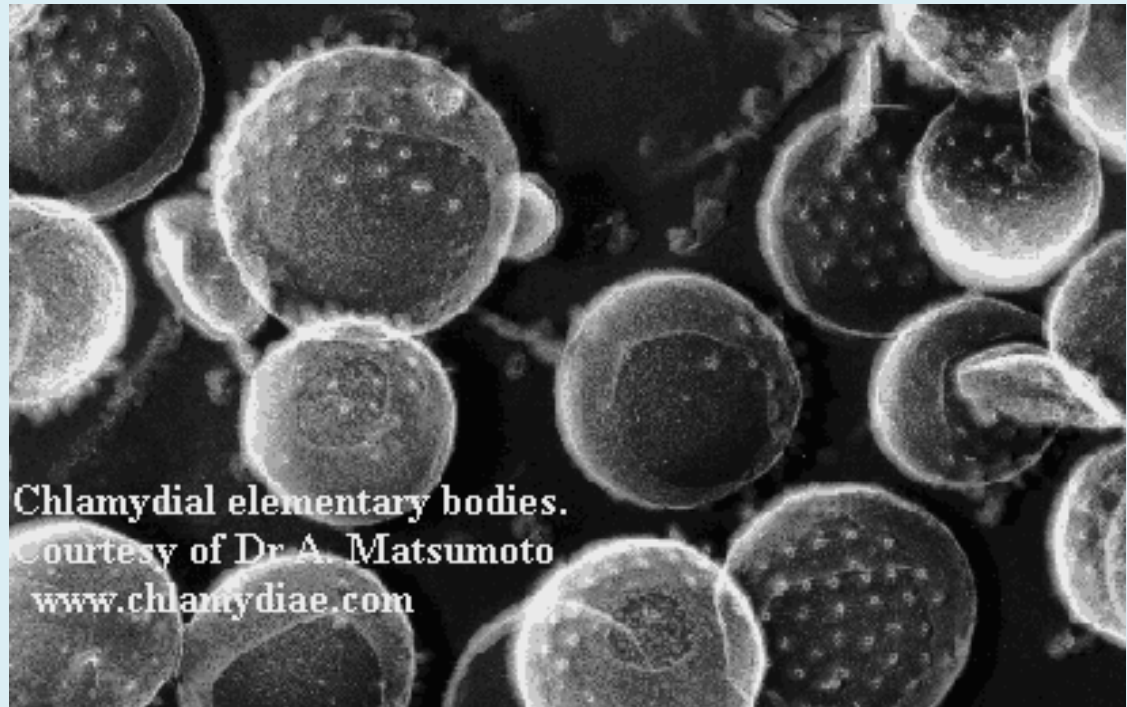


4 elementární tělíska obklopená retikulárním,
které je produkuje



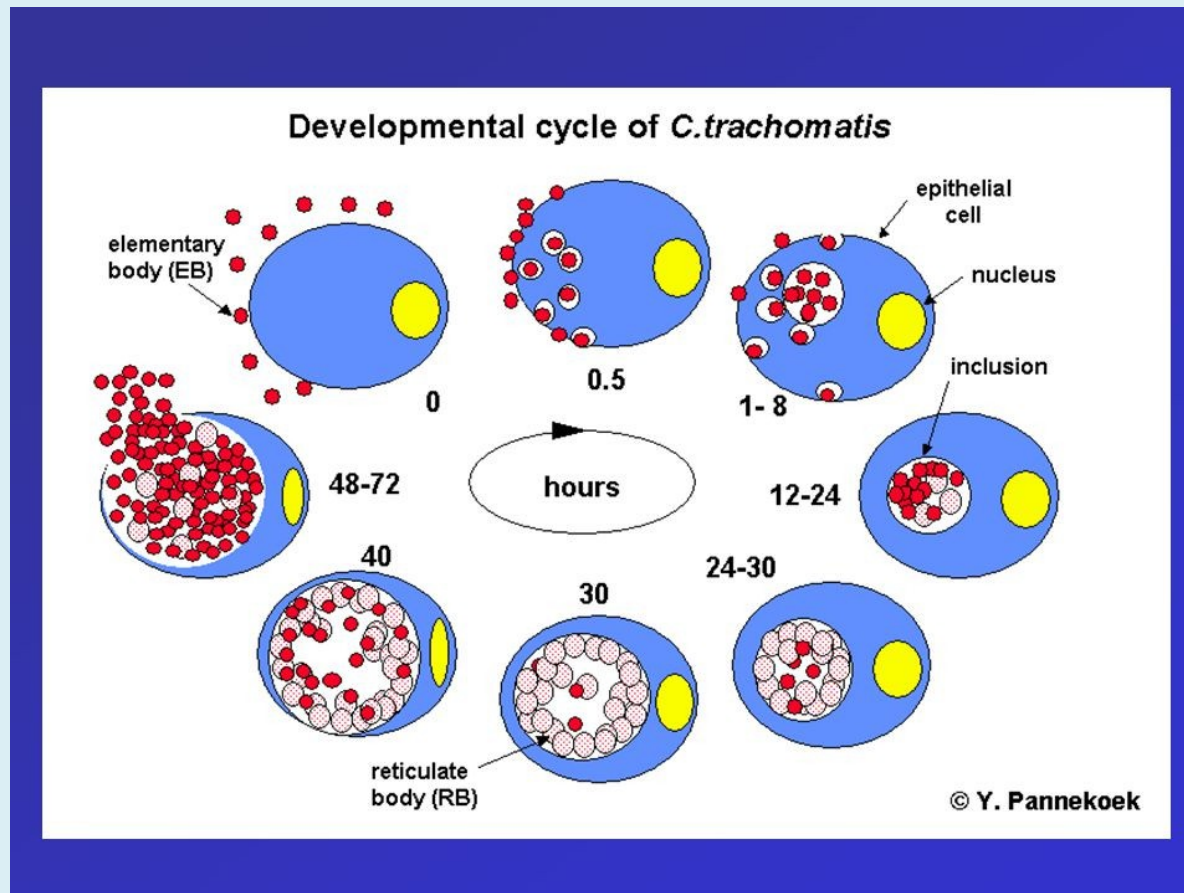
EB

- elementární tělíska
- malá, 0,3mm
- pevná BS – disulfidické můstky – proteiny
- bohaté na cystein
- neprokázán peptidoglykan, nicméně geny pro jeho syntézu jsou přítomny
- vliv betalaktamových ATB
- kompaktní genom – histon-like proteiny
- infekční - adheziny



RB

- retikulární tělíska, 1 μ m
- VM – pouze málo propojení, osmotická nestabilita
- metabolicky aktivní, mnoho ribozomů
- relaxovaná DNA – difúzní a vláknitá, mizí histon-like proteiny
- objevuje se mRNA a velké množství ribozómů



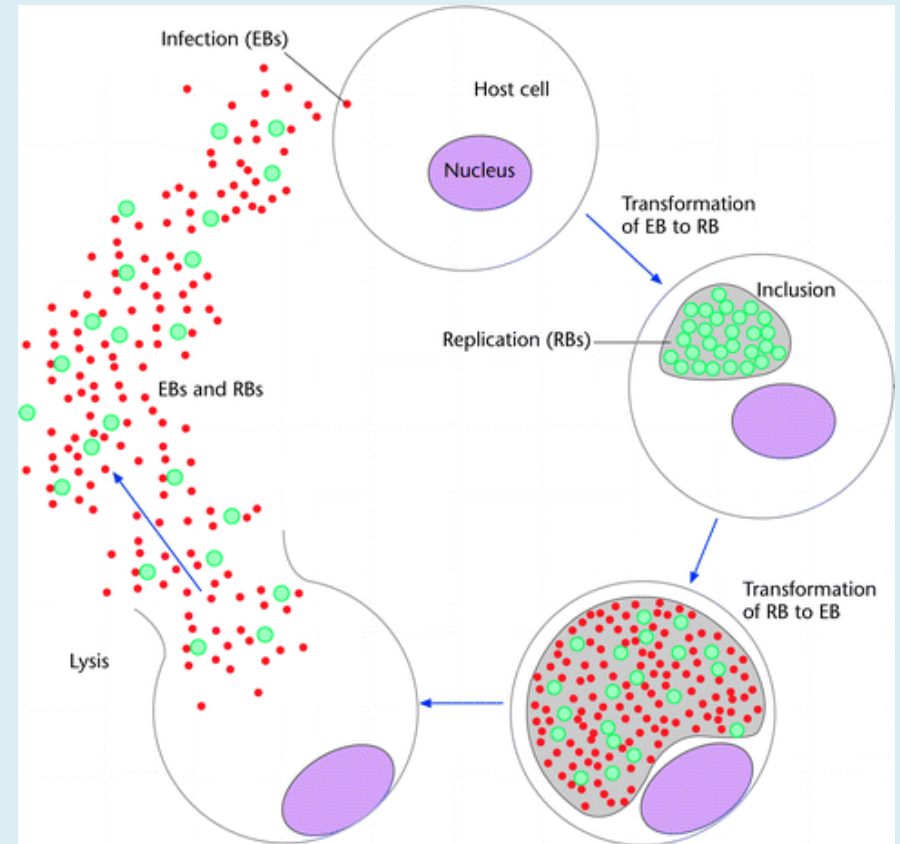
Vstup do hostitelské buňky

- vazba na povrch buňky
- endocytóza - tvorba endocytických vakuol
- diferenciace v RB, binární dělení RB
- endozom postrádá normální markery, proto není fusogenní
- blokována maturace
- blokován vznik fagolysozomu
- přesun do perinukleárního prostoru endocytózou...
- vznikne fagozom, ale nevznikne fagolysosom
- ... a vesele si tam žijí, dokud se z RB zase nestanou EB... 😊



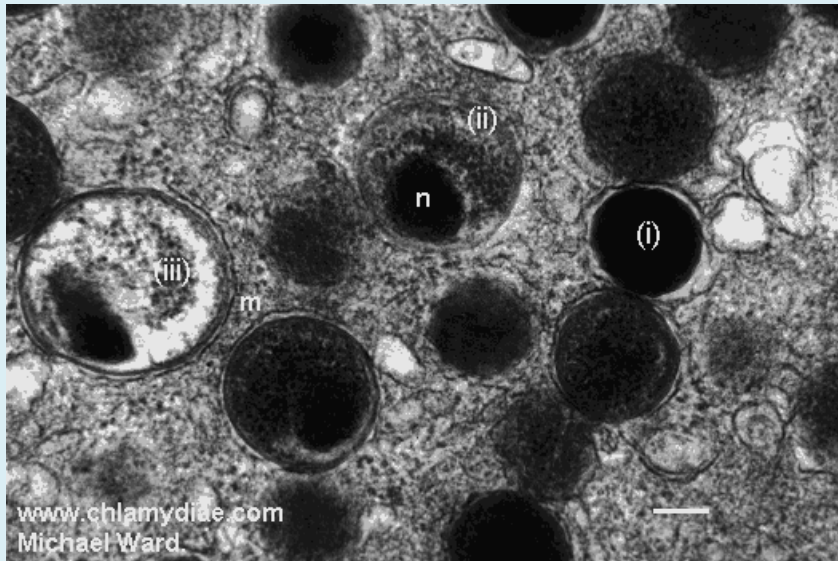
Životní cyklus chlamydií

1. elementární tělíčko infikuje hostitelskou buňku
 - specifická interakce, fagocytóza,
 - fagozóm, narušení obrany
2. elementární tělíčko se mění v retikulární tělíčko
 - inkluze
 - 10 – 15h – syntéza ribozómů,
 - reorganizace DNA, vytvoření nové BS
 - dělení
3. retikulární tělíčka se dělí
 - až do úplného naplnění fagozómu
4. retikulární tělíčka se mění v elementární tělíčka
 - lyze buňky

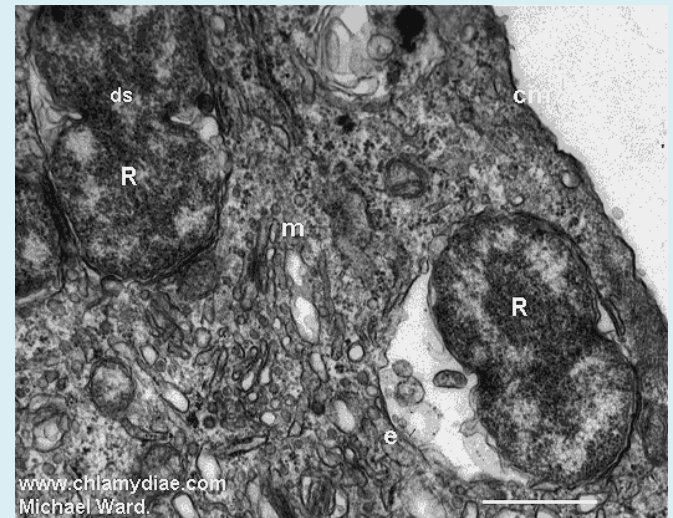


Změny provázející diferenciaci EB v RB

- změny BS
- relaxace DNA
- ztráta denzity cytoplazmy



3hod

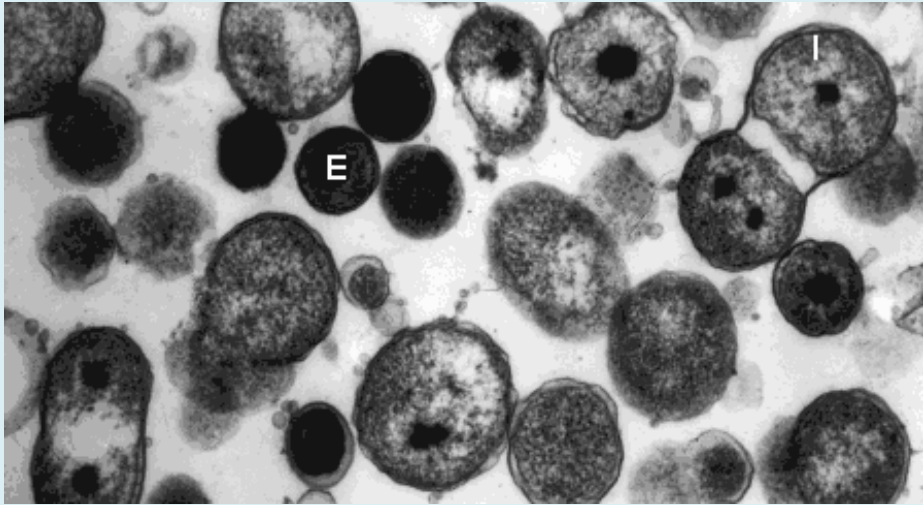


9h – RB

Inkluze chlamydií 15h po infekci

- mnoho retikulárních tělísek (R)
- membrána endozomu (EM)
- bublinky membrán (mb)
- lipopolysacharid chlamydií exportovaný z R je důležitý pro některé imunologické testy – detekce antigenu 1 um





18-22 h po infekci retikulární tělíska se začínají diferencovat v elementární



30 h po infekci

- chronické infekce - blokována diferenciace RB v EB – např. interferon gama



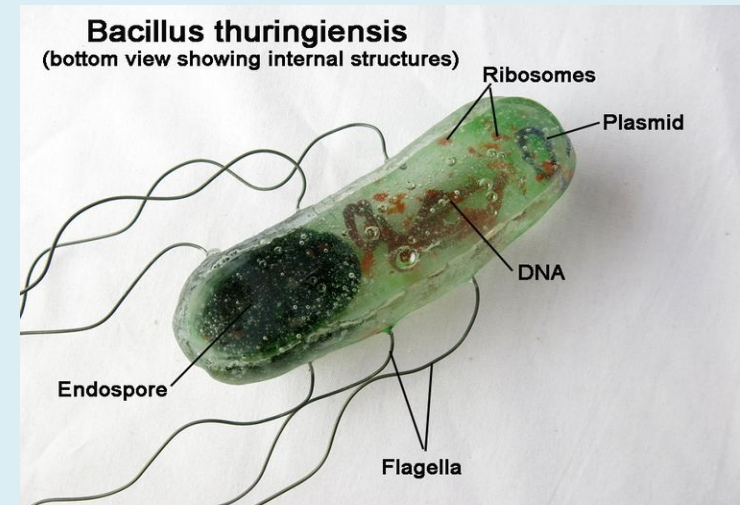
Biopesticidy

Bacillus thuringiensis var. *israelensis*

- protoxin se v těle změní toxin
- toxin účinný až po pozření

Bacillus thuringiensis

- spory obsahují toxiny (δ -endotoxiny, tzv. Cry)
- mají insekticidní účinky na některé skupiny hmyzu
- a proto se užívají k produkci pesticidů a také GMO rostlin
- spory a krystalinové proteiny této bakterie se užívají jako *specifické* insekticidy
- aplikují se v tekutých postřicích na pole a považují se obecně za šetrné k ŽP
- předpokládá se, že tento insekticid perforuje výstelku střev hmyzu a některé zprávy našly vztah mezi účinkem těchto látek a přítomností střevních bakterií v hmyzím těle
- GMO plodiny s toxiny *Bacillus thuringiensis* jsou dnes poměrně široce využívány



Bacillus thuringiensis

