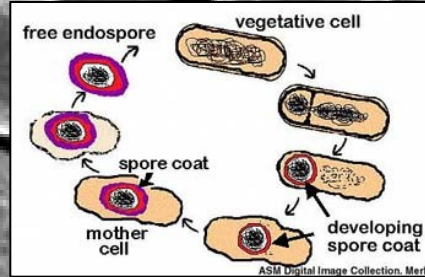
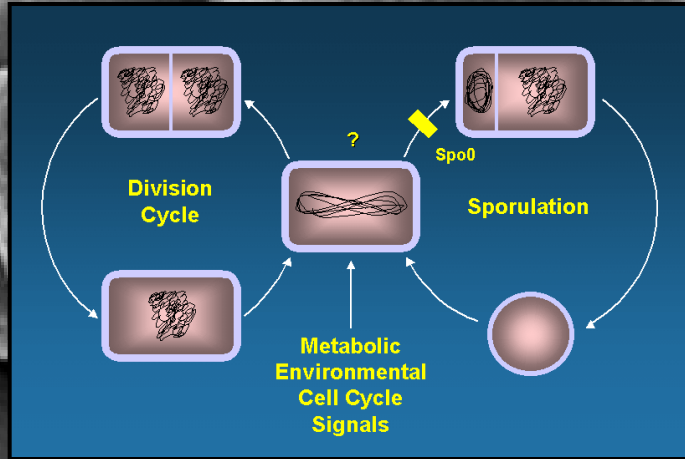
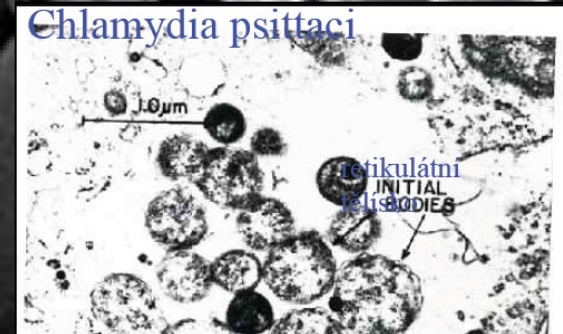


Růstové cykly bakterií

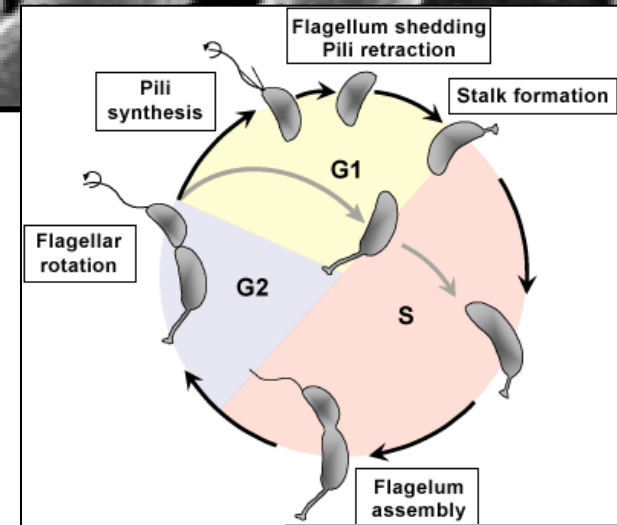


Tvorba spory



Růstové cykly bakterií

- jednoduché – střídají se 2 stádia
- ◆ rostoucí a klidové
- ◆ přisedlé a volné
- ◆ infekční a reprodukční
- komplexní s více než 2 vývojovými stádii
- ◆ myxobakterie
- růstové cykly vedoucí ke vzniku diferencovaných populací
- ◆ sinice - *Anabaena*



Buněčný cyklus
*Caulobacter
crescentus*

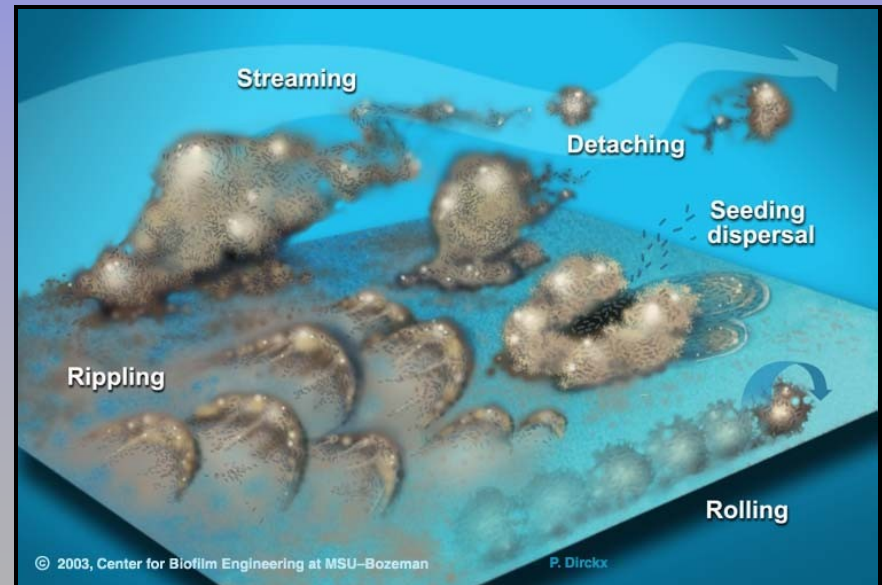
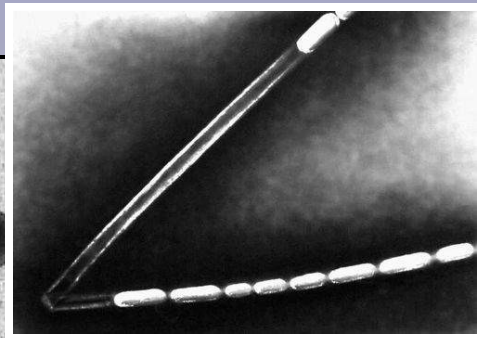
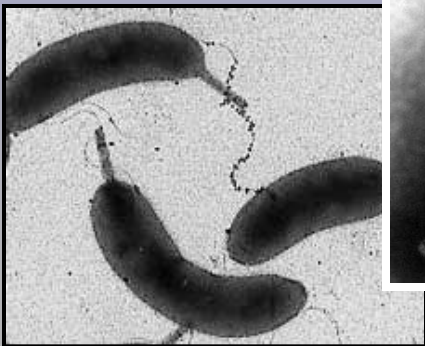
Růstové cykly bakterií II.

Střídání přisedlé a volné (plovoucí) formy života u prokaryot

Caulobacter crescentus

Sphaerotilus natans

Biofilm



Biofilm

Detachment
of clusters

Biofilm streamers

Heterogeneity

Seeding
dispersal

Mature
biofilm

Aggregate migration

Attachment

Single cells

Early
structure

© 2003, Center for Biofilm Engineering at MSU-Bozeman

Biofilms Impact . . .

Cooling Water



Food Processing



Teeth



Oil Recovery



Ship Hulls



Drinking Water



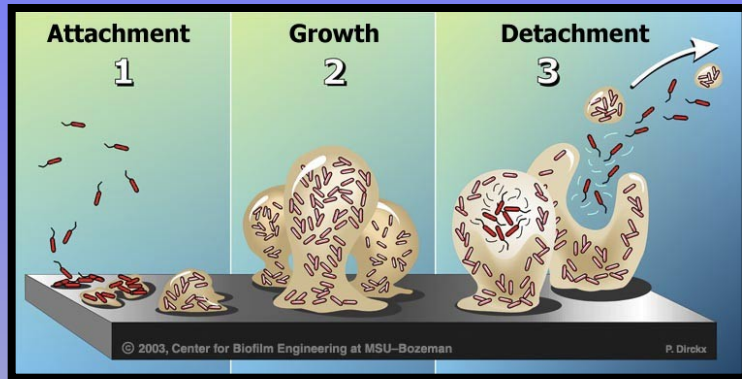
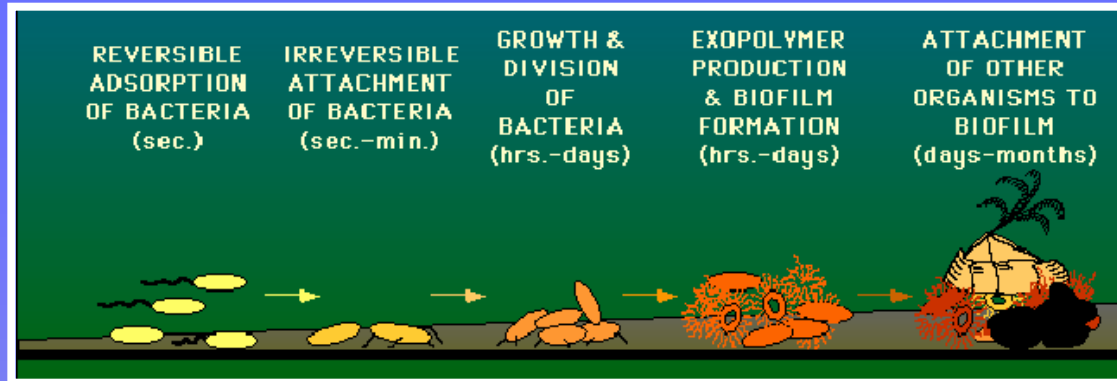
Paper Manufacturing



Medical Implants

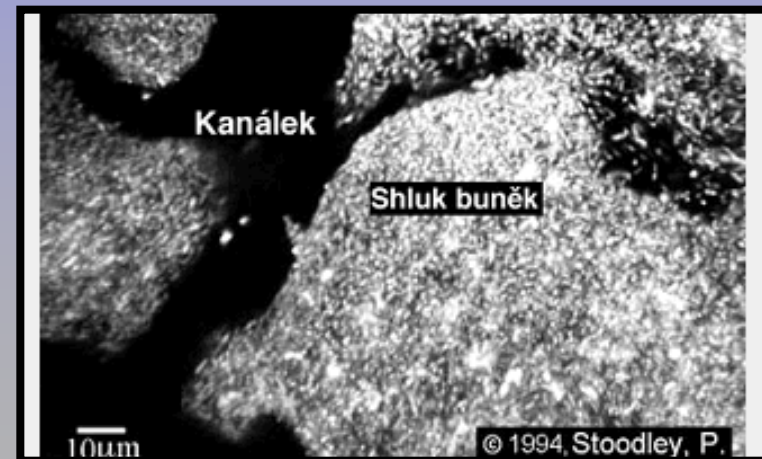
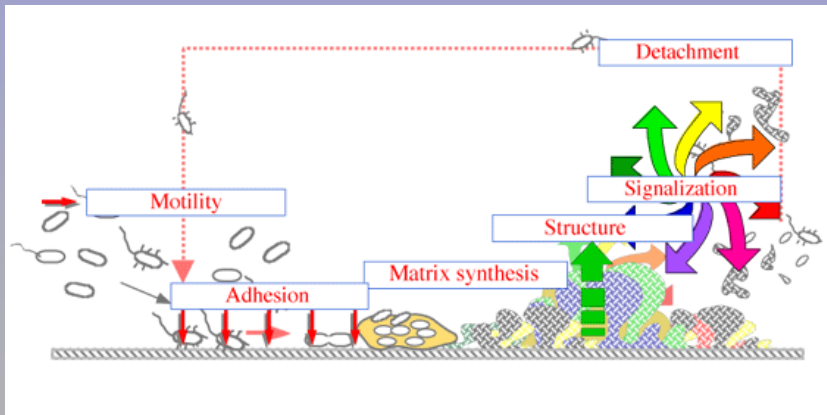
© Center for Biofilm Engineering at MSU-Bozeman

Tekuté prostředí + pevné povrchy

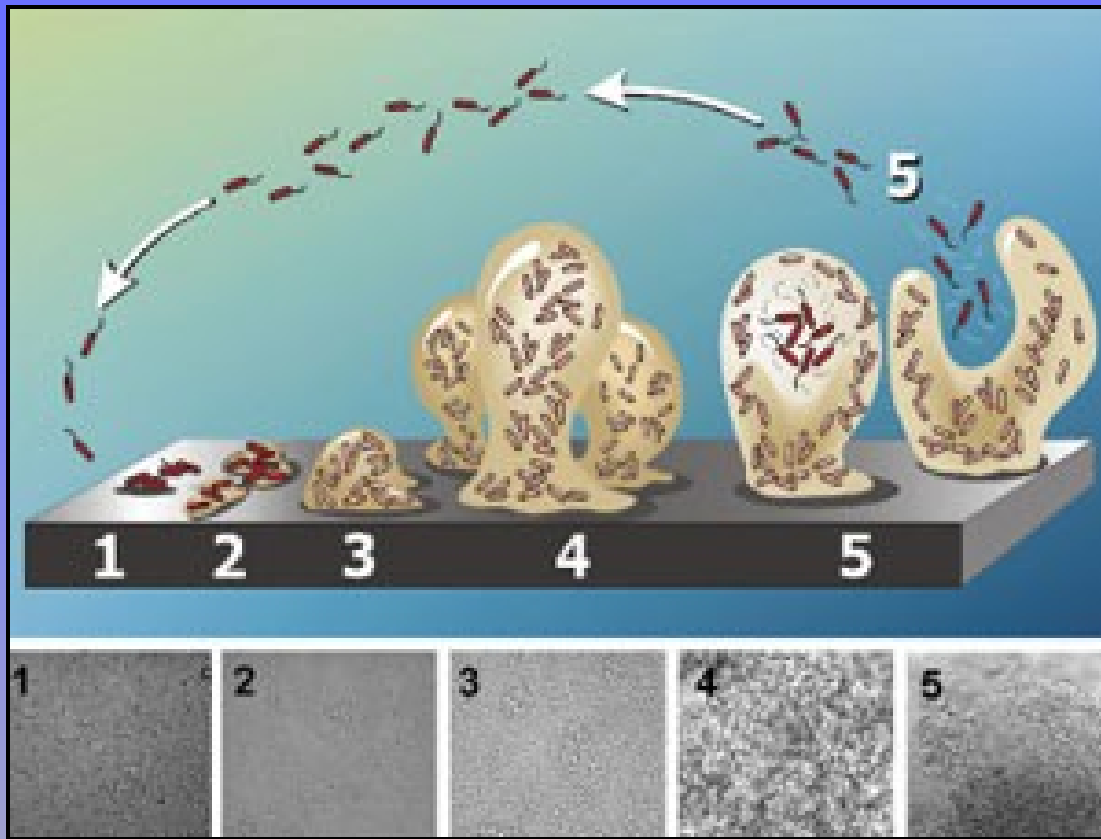


...společnosti buněk usazených v glykokalyx, přichycených k povrchu nebo okolním buňkám, se změněným fenotypem růstu a jinou transkripcí genů

přirozené prostředí, průmysl, těla živočichů, bioengineering, klinický materiál...



- Charakterizace mikrobiální fyziologie: byly studovány planktonní buňky nebo buňky biofilmu?
 - v přírodě existence většiny bakterií ve formě biofilmu, planktonní buňky se vyskytují jen ve fázích přechodu do biofilmu druhého
- Studie: Sbírkové kmeny? Z prostředí?
- Jaké vlastnosti musí mít bakteriální povlak, aby byl za biofilm označen?
 - nově proti původní definici: struktury a závoje vznikající i bez přítomnosti pevné podložky...



Složky biofilmu:

Bakteriální buňky a jiné organismy uvnitř hřibovitých shluků propojených kanálky a póry.

Biofilm / mikrokolonie:

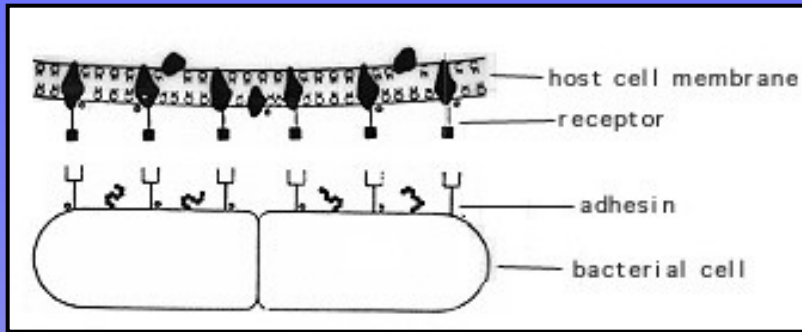
husté mikrobiální populace vyvinuté z **volně plovoucích** (planktonických) buněk usazených na **vhodném povrchu** v **matrix z polysacharidů** formujících „hřibovité“ útvary s dutinkami, kanálky a stopkami. Je zodpovědný za 65% onemocnění západního světa.

- Biofilm jednoho bakteriálního druhu má jednodušší stavbu než společenství více druhů

Studium – větš. u G-

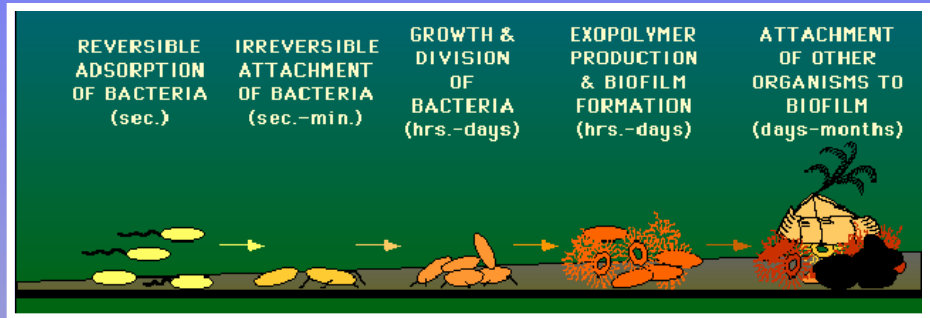
- počalo u polysacharidové glykokalyx
- mikroskopie:
 - světelný mikroskop: obtížné
 - elektronový: nepracuje se živými buňkami
 - konfokální: dovoluje prohlížet plochy ve zvolené hloubce, z řezů pak skládána struktura; časosběrná metoda: možno získat záznam dění v biofilmu
 - řádkovací elektronoptická technika...

Jak biofilm vzniká..



Volně pohyblivé buňky, hlavně při hladovění, se za pomoci **adhezínů** (GP nebo PS) přichytávají na povrchy

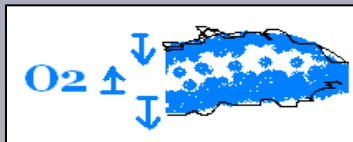
Hned po přilnutí se změjí jejich **fenotyp** a začnou produkovat velké množství PS, formuje se



lešení, mikrokolonie a kanálky. Časem se na **impuls** (z buněk detekujících hustotu populace vychází signál *quorum sensing* - důsledek konkurence a neúnosnosti velikosti společenství) buňky odlučují a kolonizují povrch.

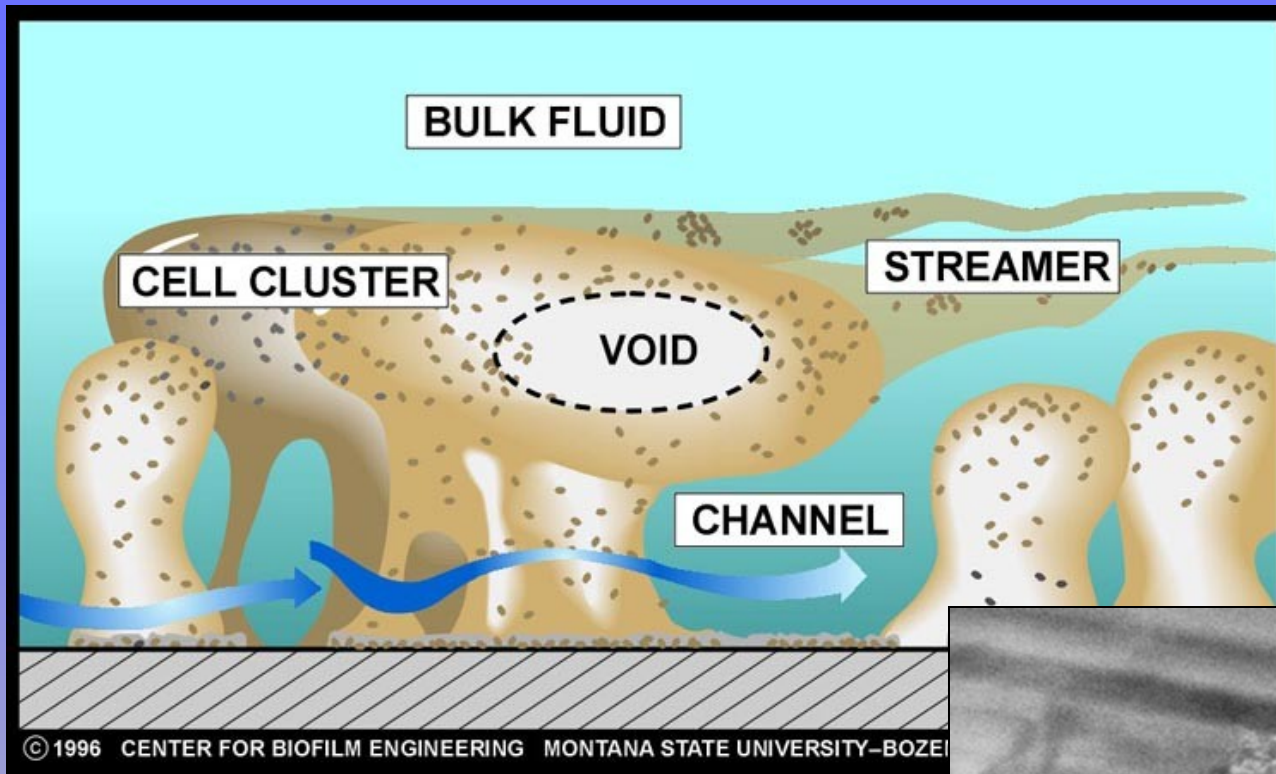
Tloušťka - několik až stovky μm , dle dostupnosti **živin** a **počtu druhů**.

Koexistence aerobů a anaerobů.



V různých vrstvách různý náboj, což pomáhá transportu živin.

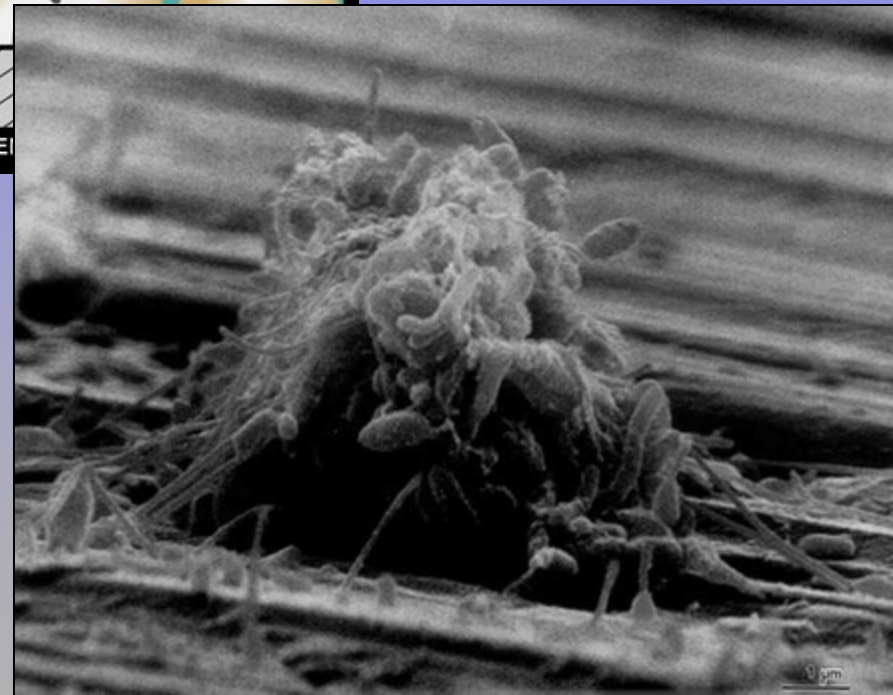
Jednodruhový – př: aerob *P. aeruginosa* – mnohem tenčí biofilm než vícedruhový.



Biofilm je elastický, povrch se v proudu kapaliny vlní.

V silnějším proudu se posunuje po podložce.

Při dostatku živin se povrch biofilmu vyrovnává.
 Lze měřit hydrodynamiku průtoku v kanálcích;
 v 1/2 hloubky je průtok 5x pomalejší.



Vlastnosti a změny buněk při vzniku biofilmu

• Přilnutí:

- **spouští** se řada genů
- uplatňují se **bičíky** – při dotyku ↑ jejich syntézy
 - v hotovém biofilmu mizí
- u G- bakterií **fimbrie** (=pili) - 1 μm dlouhé; stovky
- některé salmonely a *E. coli*
 - zvl. typ fimbrií z neobvyklé bílkoviny **amyloidu**: *curli*
(význam v patogenezi i při studiu patogeneze u Alzheimerovy choroby – model tvorby amyloidu)

Zkumavka: stac. kultivace: plovoucí *E. coli*, bez usazování na skle

Nádoba s přítokem živin: vzniká povlak s odlišnými buňkami – mutací změněna jediná AMK v regulační bílkovině genu pro *curli*

Vznik biofilmu - přizpůsobení přisedlému způsobu života:

Mechanismy adheze: adhesiny, fimbrie - curli, glykokalyx

Reverzibilní - van der Waalsovy síly - slabé vazby buňka-povrch

Irreverzibilní - chemická vazba (kovalentní, vodíková)

- přítomnost extracelulárních polymerů

Změna fenotypu - ustává syntéza bičků, mukózní látky

Ps. aeruginosa - alginát

Spouštěcí podněty:

- Osmotický tlak
- Snížený obsah kyslíku
- Rostoucí hustota poulace - quorum sensing - malé mlk.

pro maturaci biofilmu a virulenci

např: acyl-homoserin lakton (G-), malé peptidy (G+)

- Po přichycení změna vlastností:

- **zprvu** na úrovni **regulace** genů (díky změně vnějších podmínek -
 - jiné osmotické poměry, ↓ kyslíku, ↑ hustota populace)
- 1/3 bílkovin se produkuje v rozdílném poměru k bílkovinám planktonických buněk
- více tvořeny bílkoviny 1) pórů, 2) transportní
 - 3) syntetizující mimobuněčnou hmotu

- Po přichycení nutno vytvořit matici

- z polysacharidu
- př: *P. aeruginosa*
- PS alginát, již 15 minut po přisednutí

Experiment:

***Pseudomonas aeruginosa* – alginát**

- označení genu pro syntézu alginátu
 - β-galaktosidázovým operonem - *indikační gen*
 - současně se syntézou alginátu se syntetizuje i β-galaktosidáza → štěpení laktosy v půdě → barevný indikátor → změna barvy
- Hyperprodukce β-galaktosidázy = hyperprodukce alginátu

Závěr: Při tvorbě biofilmu nadprodukce alginátu se zvýšenou rychlostí

Početná populace....

Streaming

- Signály

- G+ - **peptidy** - řídí dělení buněk (= hustotu populace), tvorbu matrice (velmi trvanlivé; na povrchu i po odstranění biofilmu!)
- „quorum sensing“ - několik **desítek** genů tvořících signály
 - vznik bílkovin mnoha fcí - regulace, virulence (toxiny, enzymy)

- Přenos genů

- až 1000x úspěšněji než u buněk planktonických

- Fenotyp buněk

- rytmicky se mění
- po odplavení si zachovají urč. dobu vlatnosti jako v biofilmu (R)

- Odplavení

- aktivace genu pro syntézu enzymu štěpícího matrici

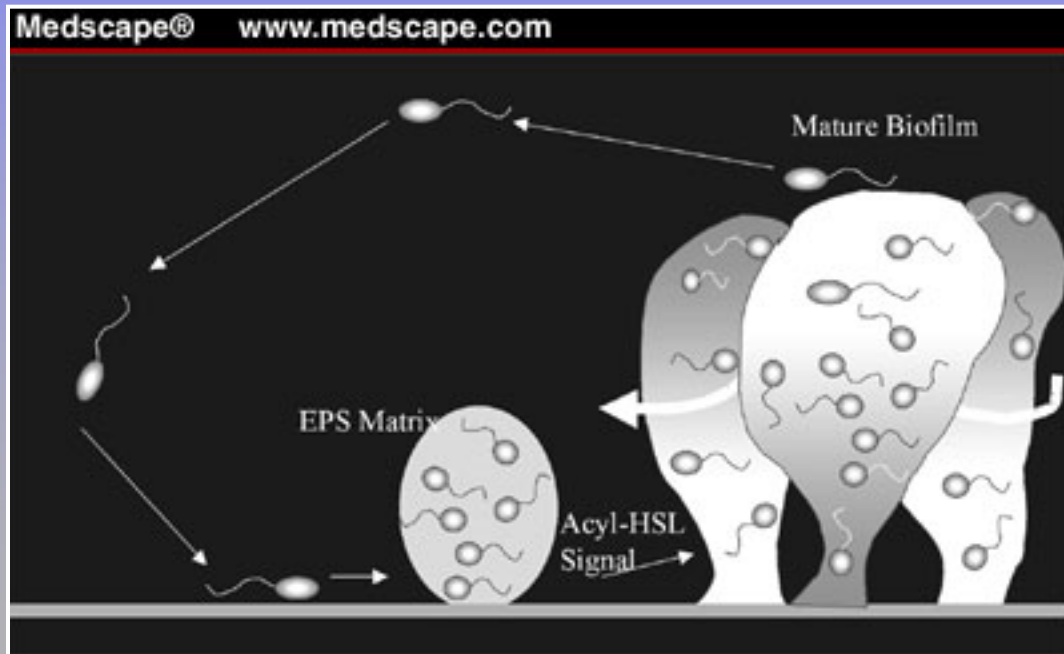
Značná část experimentů prováděna s kulturami:

Pseudomonas aeruginosa

formování biofilmu sestává z **pěti kroků**, během nichž
exprese více jak **800 proteinů**

(tedy víc jak polovina proteomu tohoto druhu)

je šest i vícenásobně zvýšená.



.. tento výzkum
vysvětluje i
patogenezi
některých
onemocnění

Pseudomonas aeruginosa

fáze vzniku biofilmu

Reversibilní přilnutí (attachment): buňky se **přechodně** fixují k substrátu a **povrchem indukovaná** genová exprese ústí do tvorby **proteinového profilu** zřetelně odlišného od planktonních buněk



Ireverzibilní přilnutí: u buněk dochází k reorientaci, shlukování, ztrátě pohyblivosti a aktivaci regulonu **quorum sensing**



Maturace I: buněčné shluky jsou silnější a je aktivován rhl quorum sensing system



Maturace II: buněčné shluky dosahují maximální tloušťky s proteinovým profilem odlišným od planktonních buněk



Disperze: změna struktury shluků, **formování pórů a kanálků**.
Přítomnost pohyblivých i nepohyblivých buněk.

Nový objev mikrobiologů v USA: nejen pevné povrchy, ale i v bujonu ve zkumavce po delší kultivaci, dříve než buňky klesnou ke dnu...

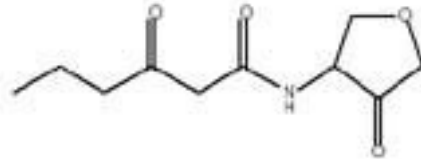
S. epidermidis, Ps. aeruginosa

- **Sít'ovina** z polymeru - **hexagonální stěny kanálků, 150nm tlusté**, ukrývají buňky
- Kanálky vznikají z **plochých struktur**, které se tvoří v **pravidelných periodických vzdálenostech**
- Na periferii tvoří buňky kompaktní **závoje**, které vlají v proudu kapaliny a tlumí stříhové síly tekutého prostředí
- Funkce sít'oviny: lešení, asi i přenos signálu a ukazatel směru posunu buněk
- Popsány i struktury **vlákének** spojujících jednotlivá místa sít'ky
- **Zatím nezodpovězené otázky: jakto, že buňky zaujímají seskupení destičky a ne amorfní kapky?**
- **Jak to, že se řadí v pravidelných intervalech?**
- **Co bakterie zastaví po dosažení 150ti nm tloušť'ky stěny?**

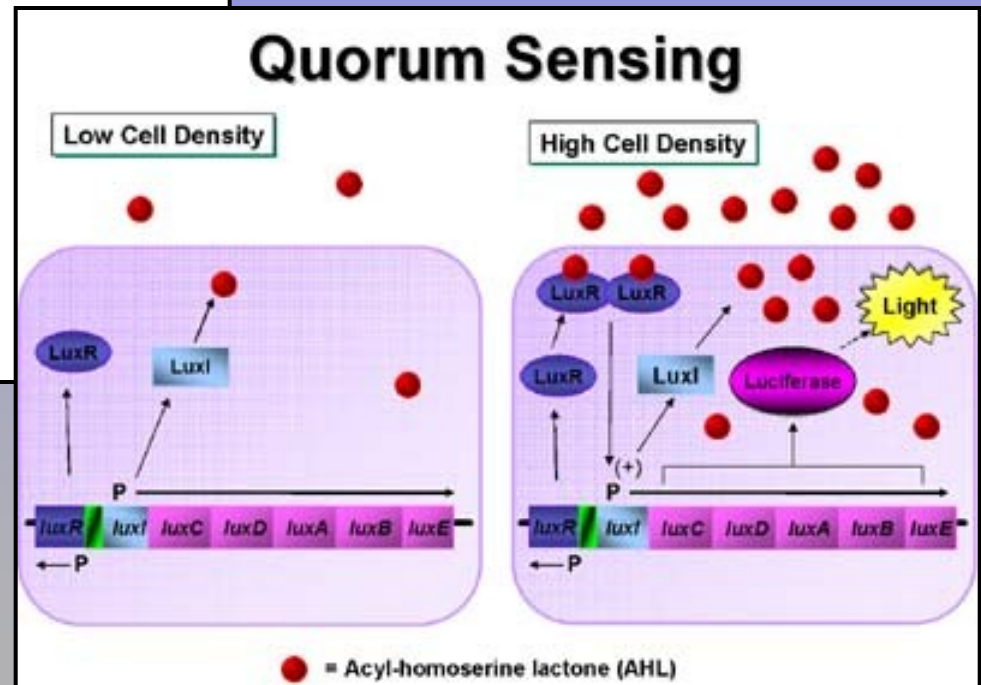
Quorum - sensing - regulate luminiscence u *Vibrio fischeri*



Quorum sensing was first discovered in the 1970s in the marine luminescent bacterium *Vibrio fischeri*, a facultative symbiont of marine animals (such as *Euprymna scolopes*)

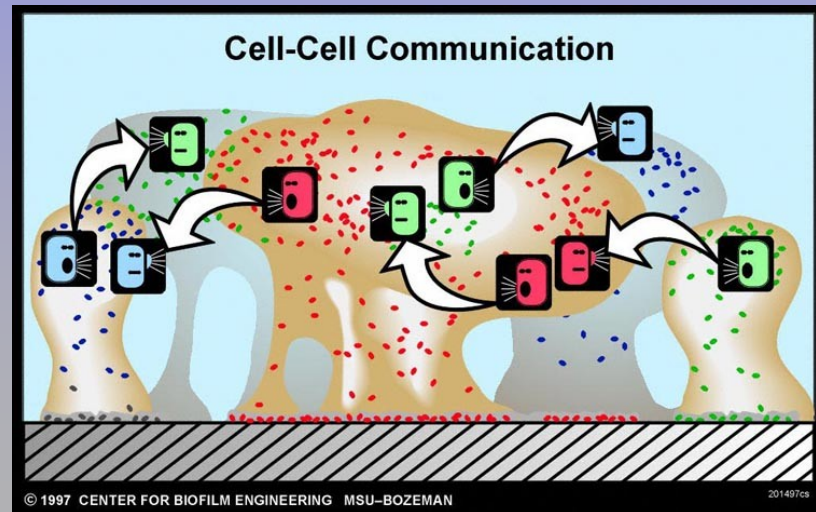


3-Oxohexanoyl homoserine lactone (3OC6HSL or VAI) is the acyl-homoserine lactone (AHL) produced by LuxI and recognized by LuxR in *Vibrio fischeri*



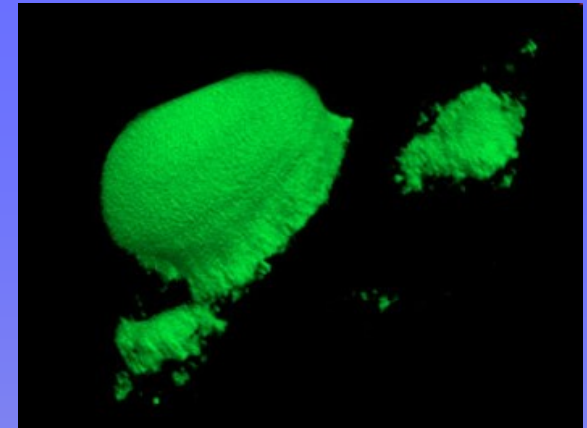
Quorum - sensing

- Soustava **malých organických molekul**, které jsou buňkou tvořeny v závislosti na koncentraci jich samotných v prostředí
- Buňka tak reaguje na hustotu populace
- Kaskáda reakcí po vazbě na receptor spouští syntézu sekundárních metabolitů a komunikaci v rámci bakt. společenstva
- **Vnitrodruhová organizace komunity**



P. aeruginosa: acyl-homoserin lakton

(LasI/LasR and RhII/RhlR) systém

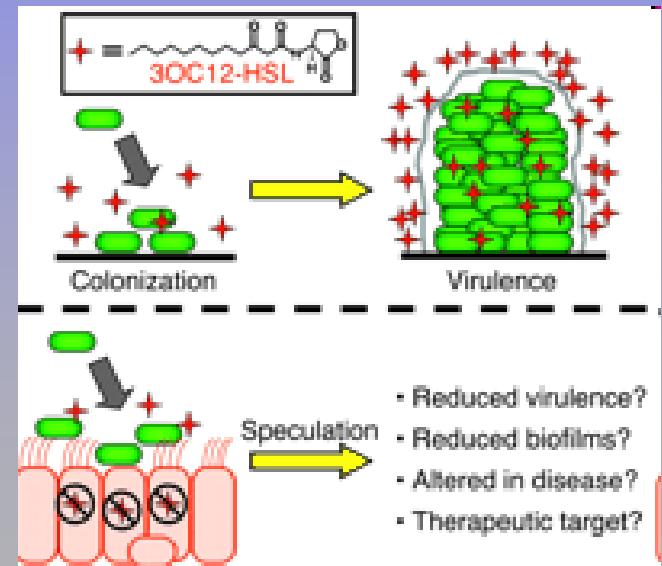


3D rekonstrukce dozrávání biofilmu
Pseudomonas aeruginosa

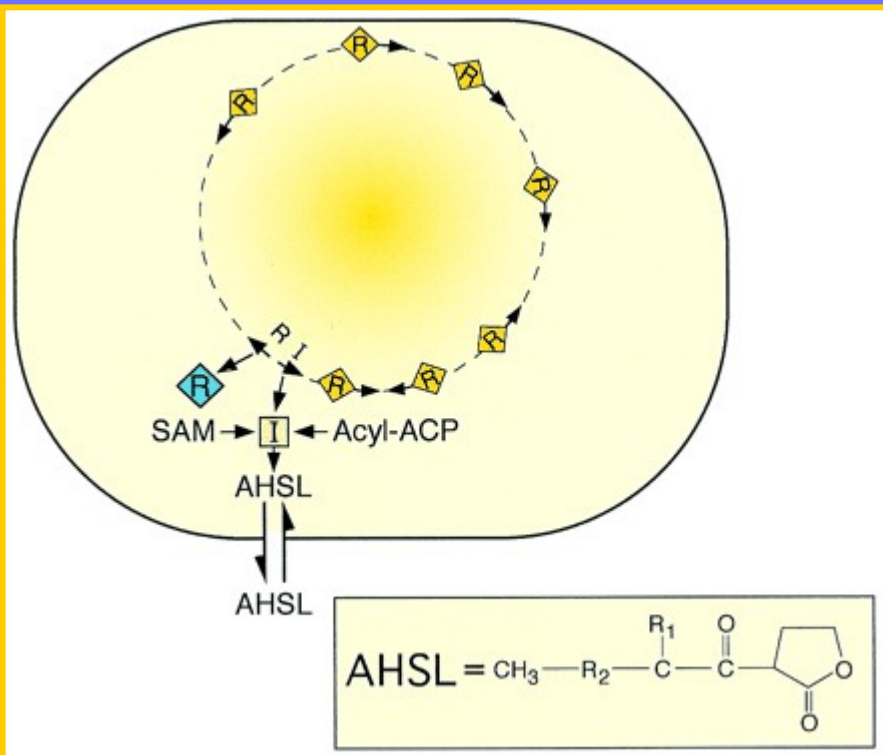
- Monitorování hustoty populace
- Specifické receptory a syntetázy (Lux I)
- Různé LuxI produkují různé formy ASHL
- Liší se v **R1 a R2** pozicích postranního řetězce
- Koncentrace ASHL v buňce dána koncentrací těchto molekul v prostředí
- Význam pro ekologii buněk ale i virulenci

!!! Ekonomika buňky: produkce extracelulárních signálů až nad určitou hustotou populace !!!

- Načasování rozmístění faktorů virulence v hostiteli je kritický bod - patogen se může hromadit bez vykazování faktorů virulence
- Více než 4% z téměř 6 000 genů *P. aeruginosa* regulováno pomocí quorum - sensing



Acyl-homoserin lakton (AHSL) quorum-sensing cyklus



- I = acyl-HSL syntetáza (LuxI homolog)
- LuxR konformace

AHSL

R_1 : H, OH, O

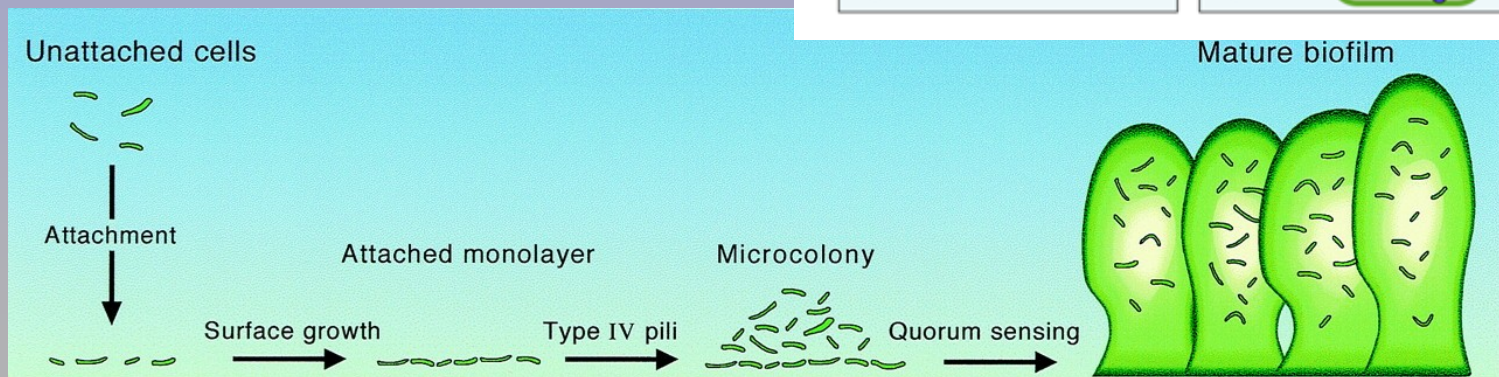
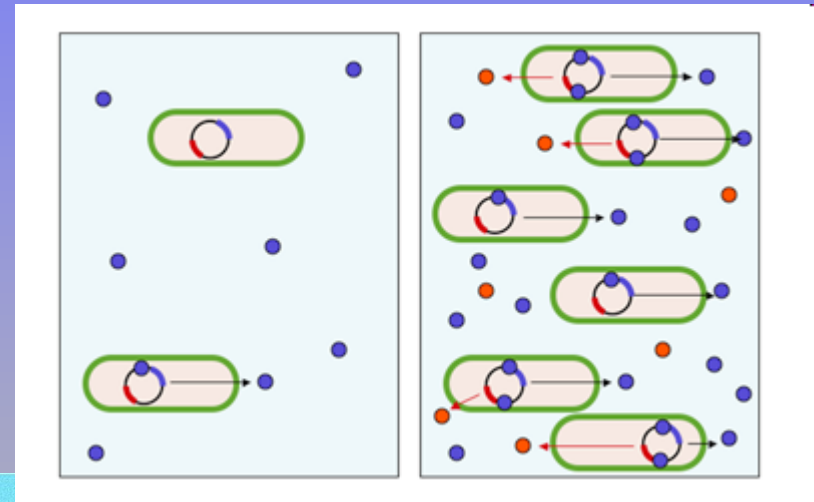
R_2 : $(\text{CH}_2)_{2-14}$

$(\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH}_2)$

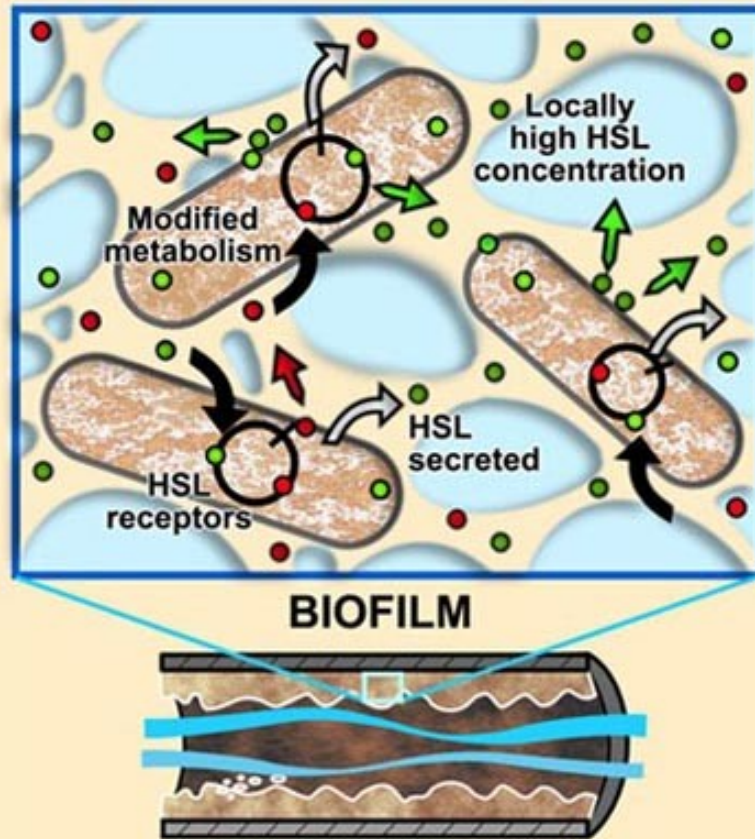
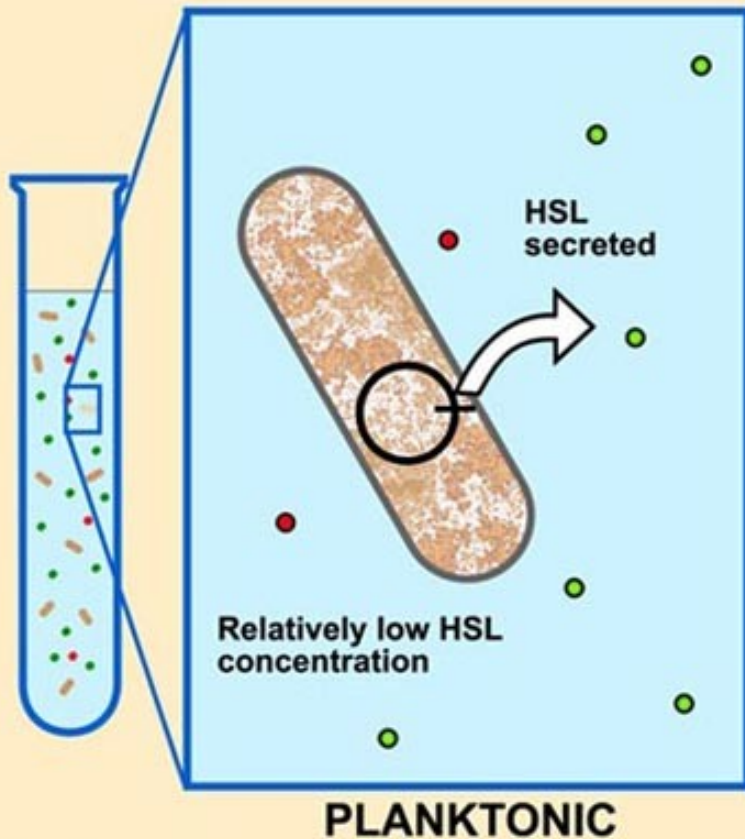
Parsek, Matthew R. and Greenberg, E. Peter (2000)
Proc. Natl. Acad. Sci. USA 97, 8789-8793

- Žluté diamanty v kruhu: LuxR homology aktivované HSL signálem – jeho difuze do a ven z b.
- Šipky: *qsc* genes.
- Substrát pro HSL syntázu je acetylovaný acyl-karyl protein (Acyl-ACP) a *S*-adenosylmethionine (SAM).

- Nízká hustota populace produkuje určitou kvantitu ASHL molekul
- Různé transkripční faktory *gsc* genů jednotlivých cyklů jsou aktivovány různými formami ASHL po dosažení jejich určité koncentrace
- Kaskáda reakcí pro spuštění produkce sekundárních metabolitů: HCN, pyocyanin

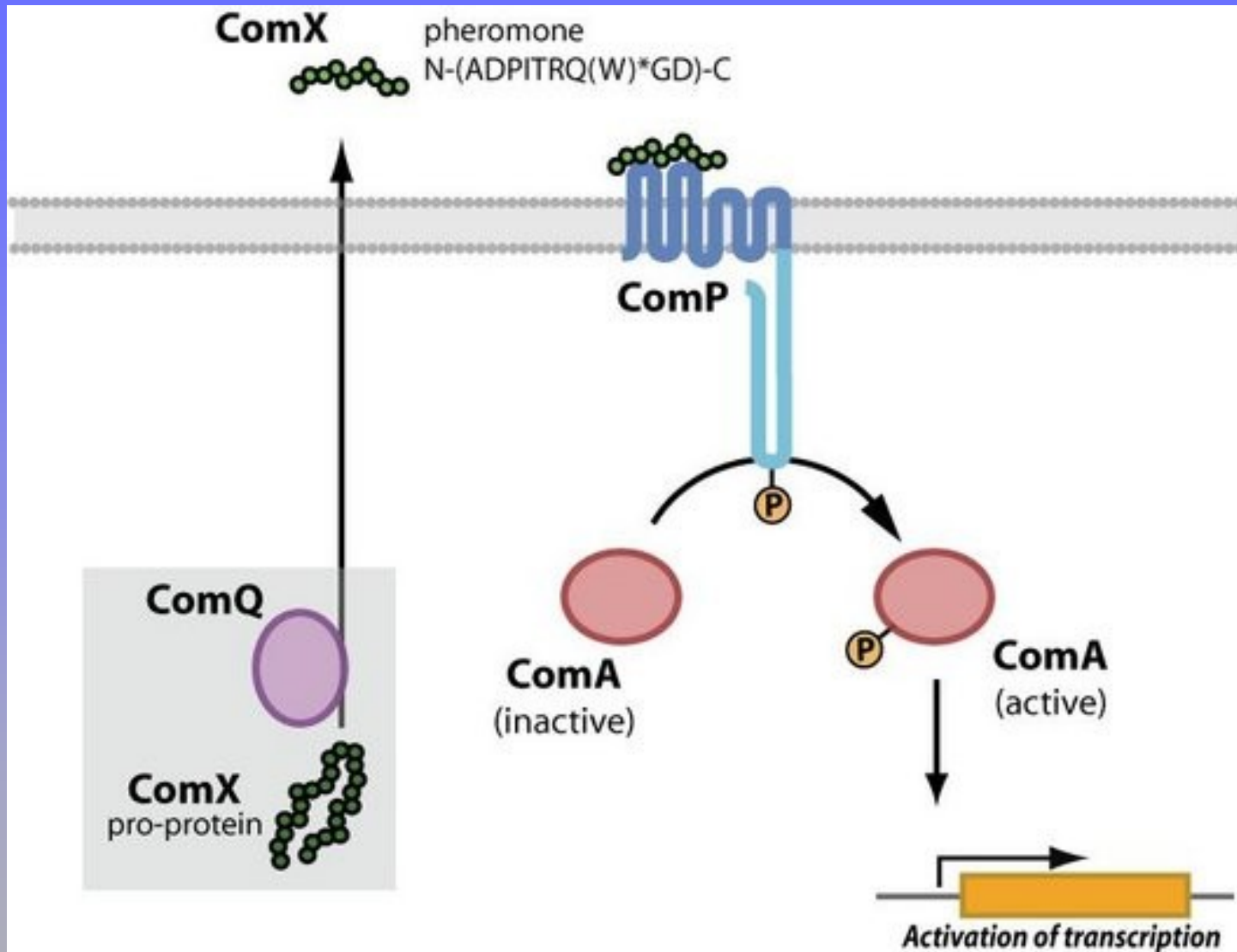


Quorum Sensing

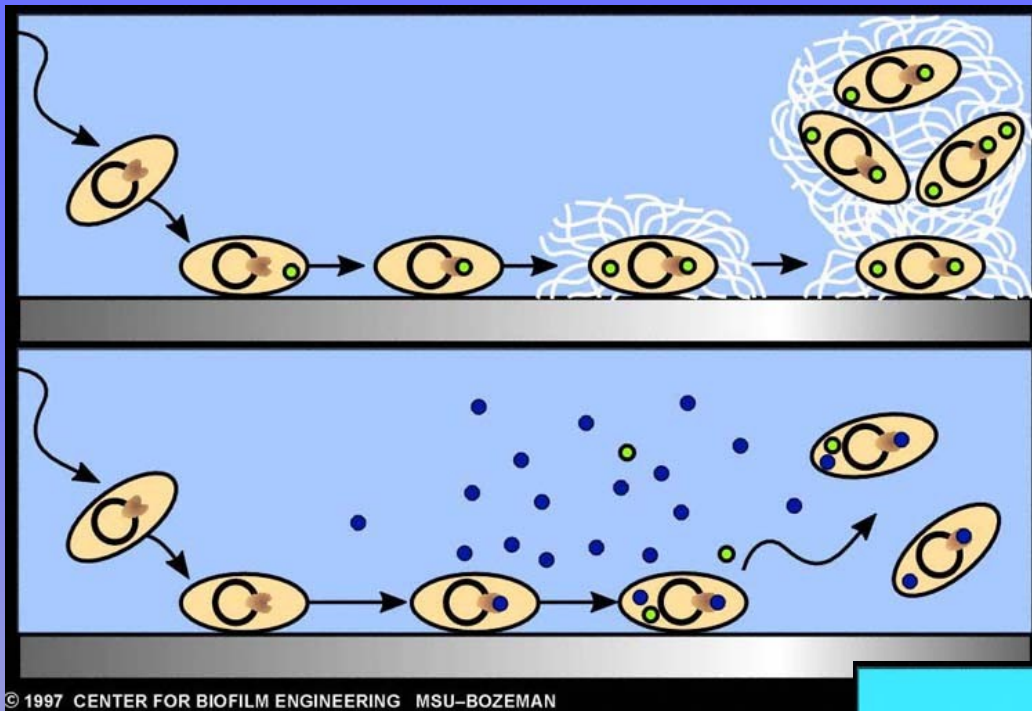


© 2004 CENTER FOR BIOFILM ENGINEERING MSU-BOZEMAN

- Acyl-homoserin lakton (G- bakterie) = autoinduktor (červený) a metabol.produkt od urč.koncentrace AHSL (zelený)



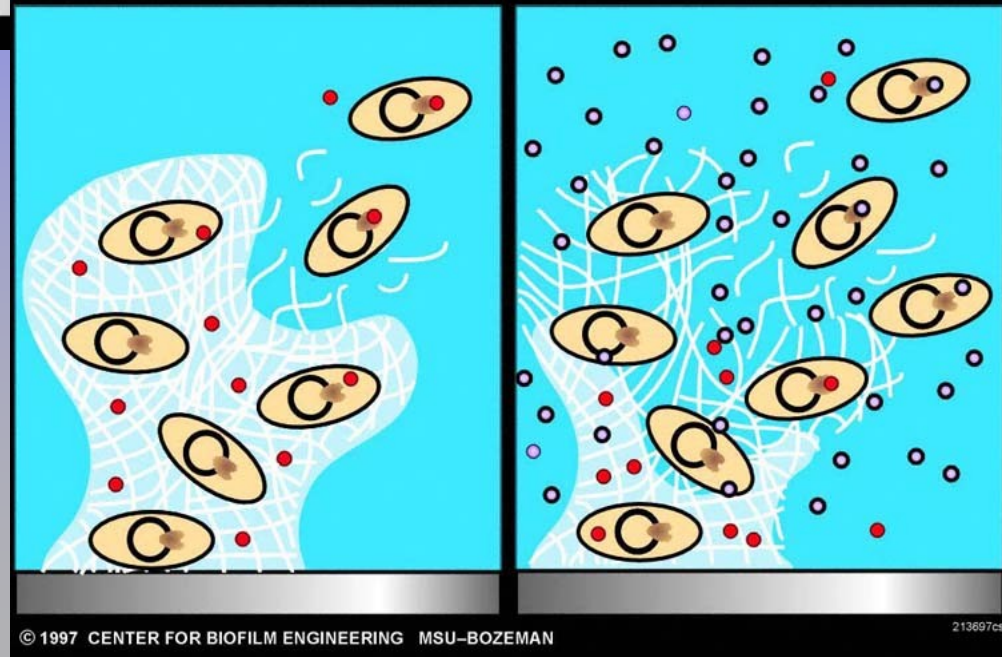
Quorum response in gram-positive bacteria.



© 1997 CENTER FOR BIOFILM ENGINEERING MSU-BOZEMAN

Kontrola procesu tvorby biofilmu

Zvýšení uvolňování
buněk ze zralého
biofilmu



© 1997 CENTER FOR BIOFILM ENGINEERING MSU-BOZEMAN

213697cs

Zvláštnosti biofilmu

Přenos genů mezi buňkami až 1 000x větší

Vyšší rezistence k ATB a dezinfekci (H₂O₂, chlor)

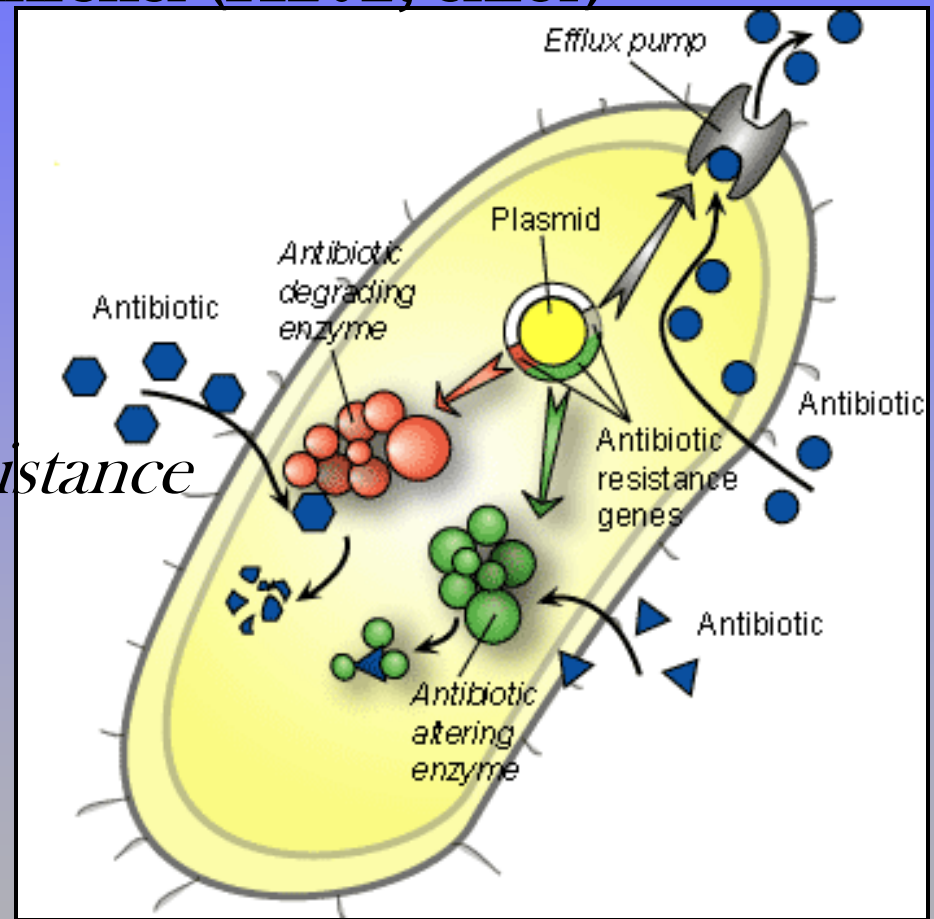
- omezená difúze
- sorpce ATB
- klidový stav, hladovění
- změna genotypu:

geny *mar* - *multiple ATB resistance*

- efflux systém
- enzymatická degradace
- modifikace cílových mlk

Speciální sigma faktory

Signální mechanismy



Biofilm v lidském těle

výhoda biofilmu – perzistence a R k ATB

Zubní povlak

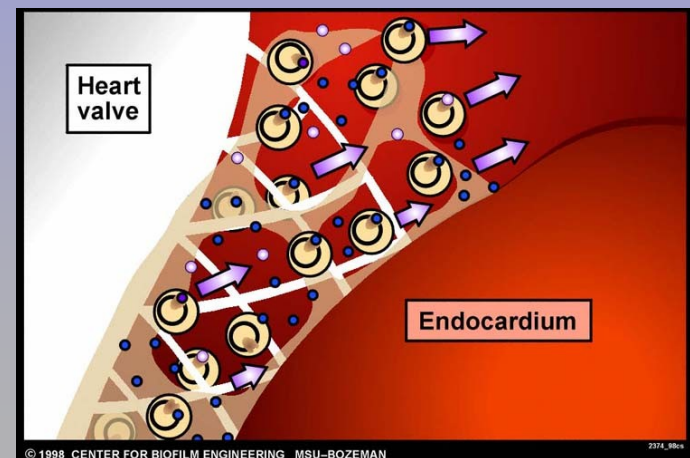
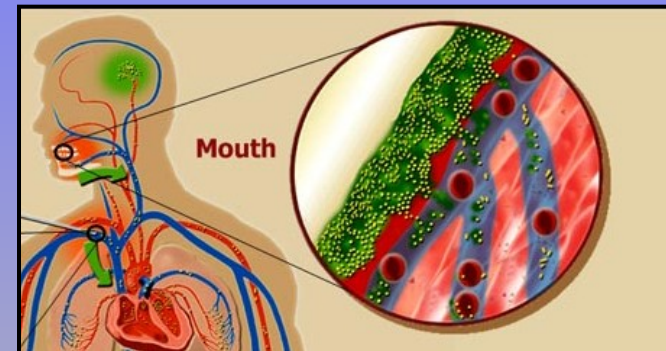
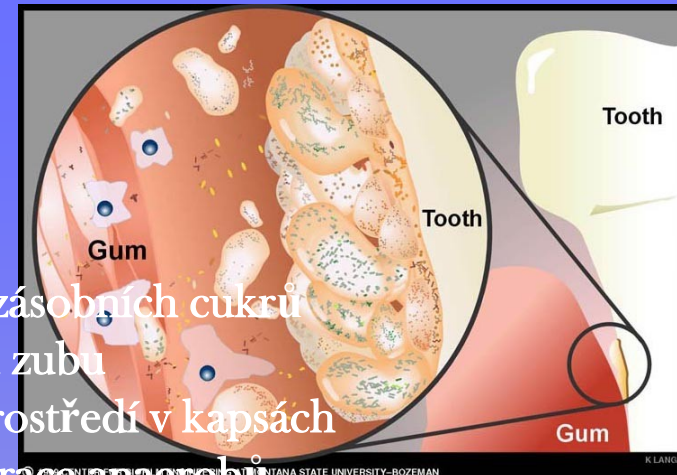
- A. van Leewenhoek
- periodontitida

Střevní sliznice

Infekce

- sliznice nebo uvnitř tkáně;
- endokarditida
 - trvalý biofilm na chlopních (hl. strepto- a stafylokoky; nebezpečí z krvácivých dásní..)
- rány; bércové vředy; spáleniny

↓ pH při rozkladu zásobních cukrů
poškozuje sklovinu zubu
- silně redukující prostředí v kapsách
pod dásní – proliferace anaerobů



Chronické infekce

- dýchací cesty

Cystická fibróza - genet. onemocnění (porucha iont. rovnováhy)

Vývoj: běžné infekce (stafylokoky, hemofily, pneumokoky)

později na poškozené tkáni *P. aeruginosa*; v alginátu odolné.

CHOPN

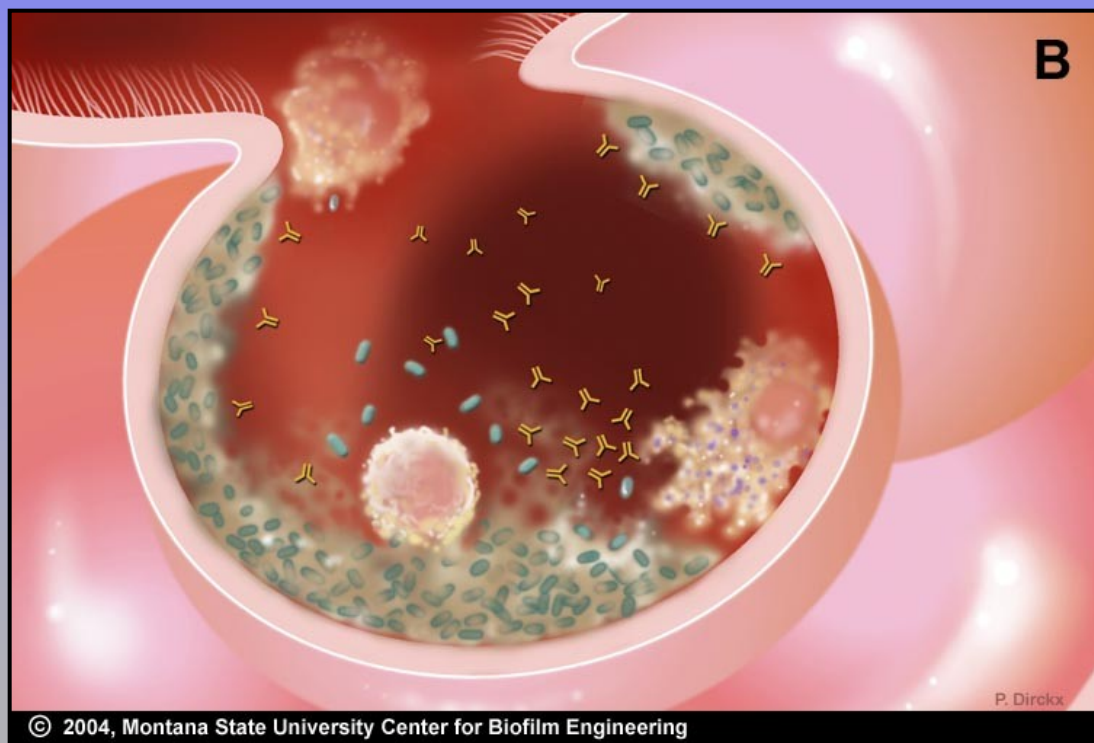
- ušní infekce

- močové cesty

- chronický zánět prostaty

Imunokomprimovaní - kolonizace alveol, až kalcifikace..

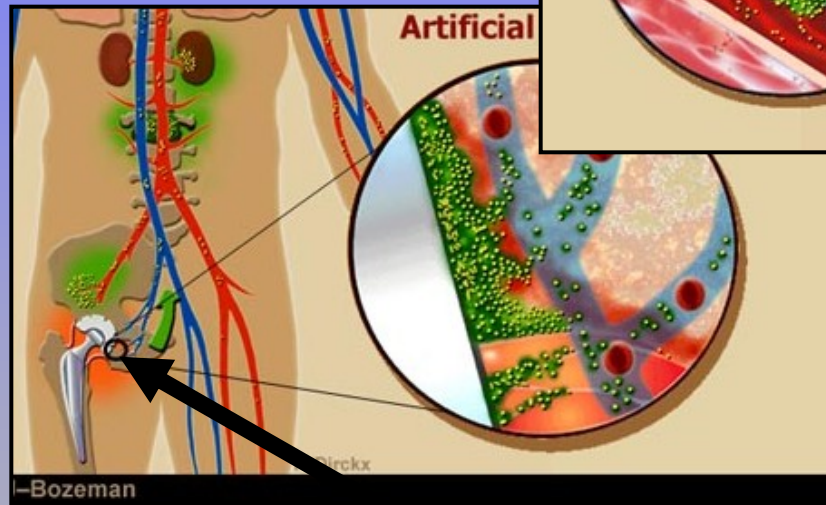
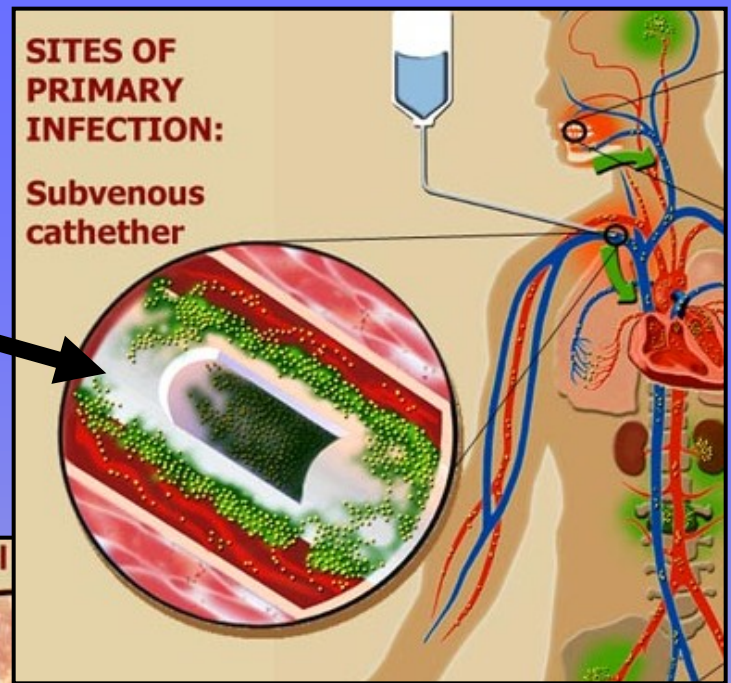
Biofilm nespouští imunitní odpověď.



Biofilm a medicína

Cévy - arteriální, žilní
Močové katetry
Dýchací a dializační přístroje
Umělé chlopně
Kontaktní čočky
Děložní tělísko

Bakterie jsou unášeny proudem krve a mohou začít infekční proces na odlehlem místě....



Vytrvalá syntéza a uvolňování toxinů...

Nemusí být kontakt s vnějškem! - kovové náhrady kloubů

Stafylokoky – fibronectin-binding protein..
pseudomonády, *E. coli*, streptokoky, aktinomyceety...

• Lékařská mikrobiologie:

Pg bakterie biofilmu nelze testovat na rezistenci k antibiotikům - vykultivované bakterie jsou již planktonické = s jinými vlastnostmi!

Bakterie biofilmu až 1000x rezistentnější k ATB než planktonické buňky.

Experiment:

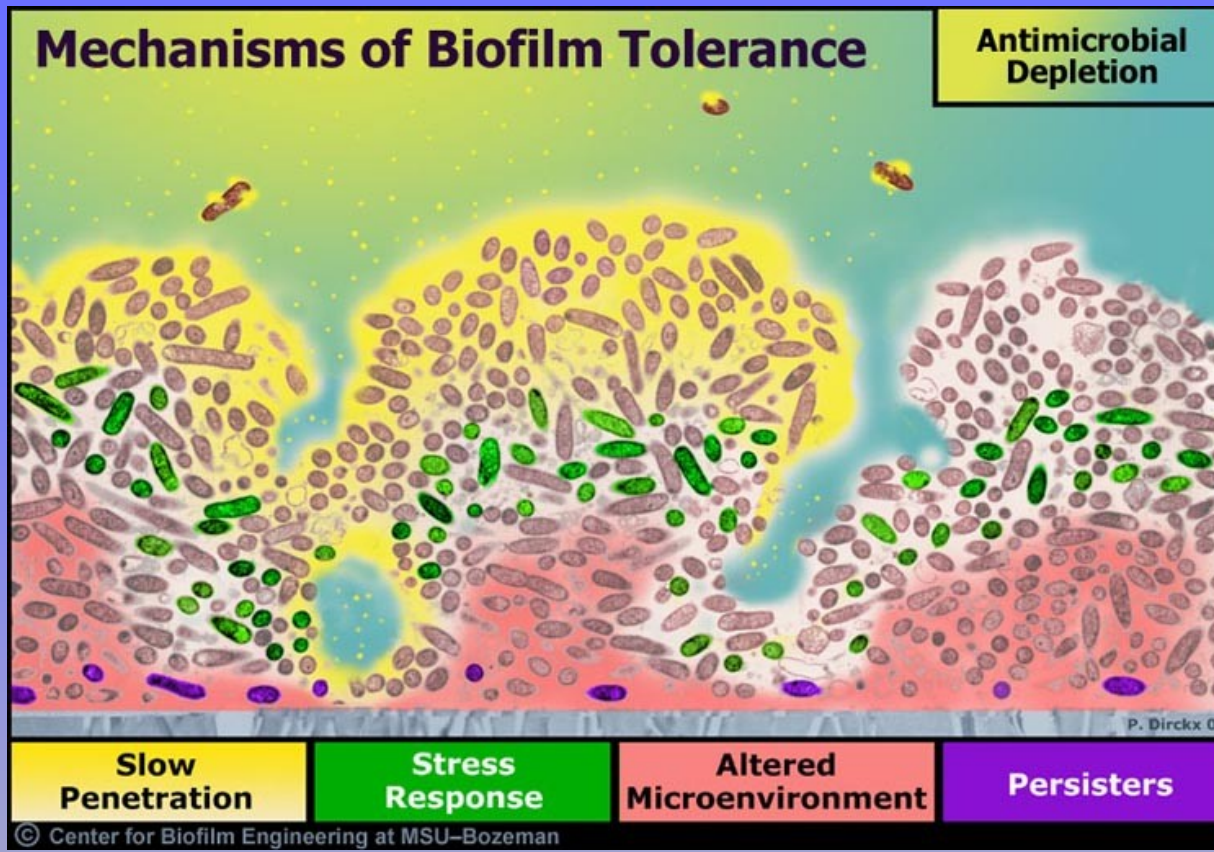
Byl vytvořen umělý biofilm

- Některá ATB vyvázána **polysacharidem**
- vylučování ATB pumpou **nebylo** zesíleno
- buňky možná v klidovém stavu a ATB působí jen na buňky rostoucí
- rezistence je jednou z fenotypových změn, vzniká po aktivaci regulačních genů určité části buněk

Např. u *P. aeruginosa* nalezen cyklický **glukan** (polymer glukózy) vyvazující ATB i *in vitro*, vně i uvnitř buňky.

Rezistence souvisí s množstvím změn při přechodu do společenství biofilmu.

Možné vysvětlení: snaha pseudomonád bránit se ATB streptomycet v prostředí právě tvorbou biofilmu.



Terapie biofilmů

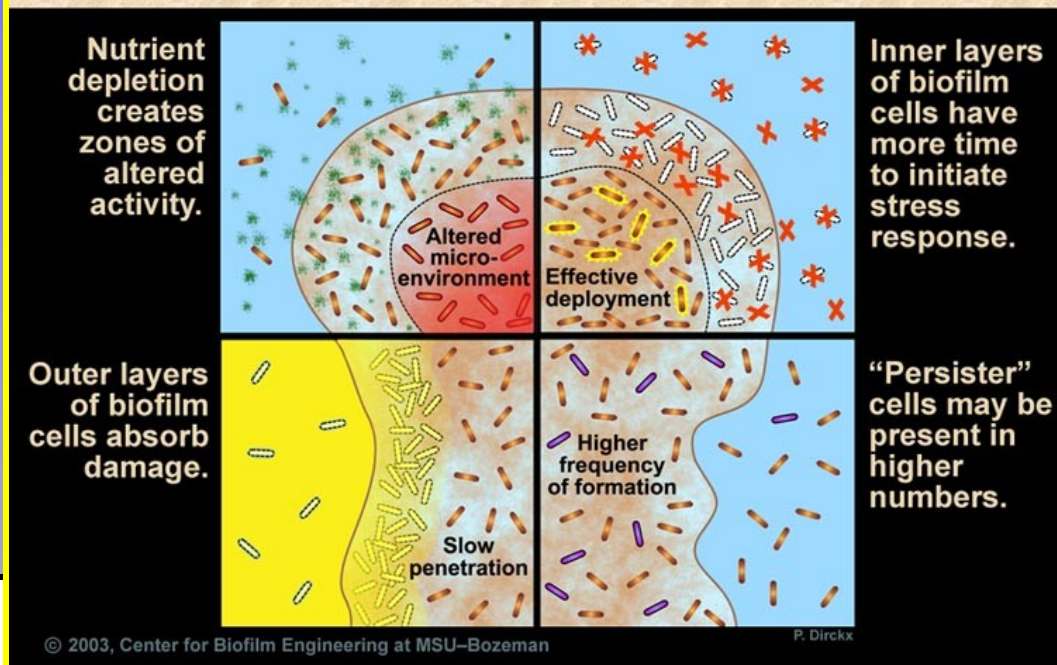
Studium mutací genů *gsc* = studium narušení formování biofilmu
 - poté přístupnější ATB a dezinfekci

Návrhy: aplikace ATB v **intervalech**; současné působení **ultrazvuku** a ATB,
kombinace ATB a el. pole..

Nevýhody přisedých stadií

- sedimentace, vyčerpání živin a neschopnost kolonizovat nové, vhodnější prostředí
- konzumace substrátu (částic) zooplanktonem
- vznik gradientů – živiny, kyslík

Biofilm multicellularity results in better bacterial defenses

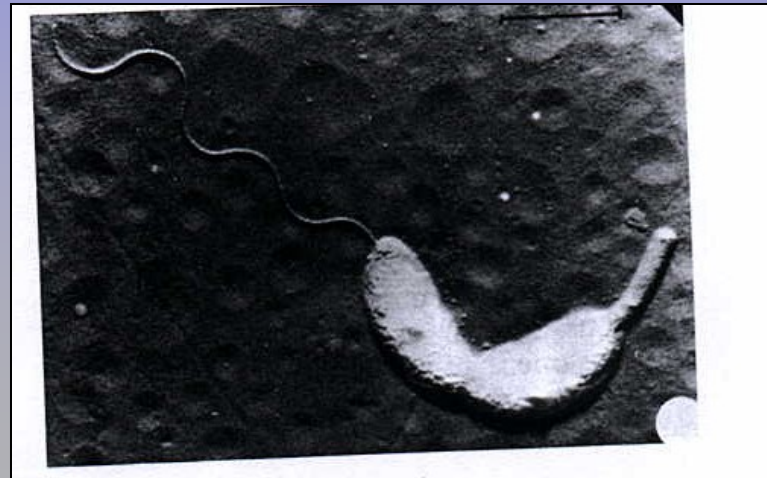
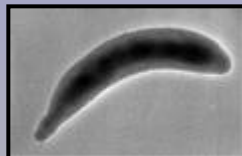


Výhody přisedých stadií

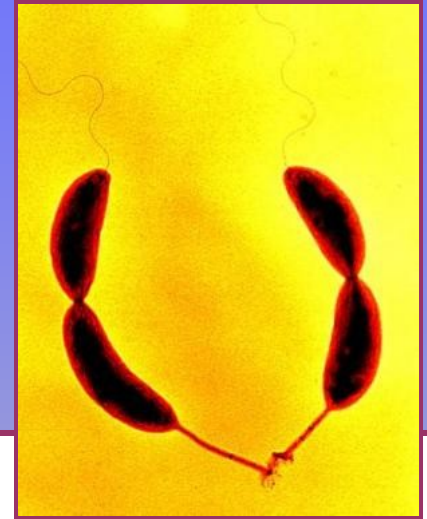
- lepší dostupnost a využitelnost substrátu
- ◆ adsorpce makromolekul a malých hydrofobních molekul na povrch
- ◆ lepší využitelnost koncentrovaných živin
- ochrana před inhibičními účinky antibakteriálních látek (antibiotika, chlor, těžké kovy)
- ochrana před bakteriofágy a parazitickými bakteriemi

Přisedlé bakterie

- pučení – pupen je syntetizován de novo, včetně buněčné stěny
- stélka – neživá struktura vylučovaná buňkou a rostoucí z buňky
- prostéka – prodloužení buňky, obsahuje plazmatickou membránu a buněčnou stěnu
- ◆ u kaulobakterů může být až 10x delší než buňka

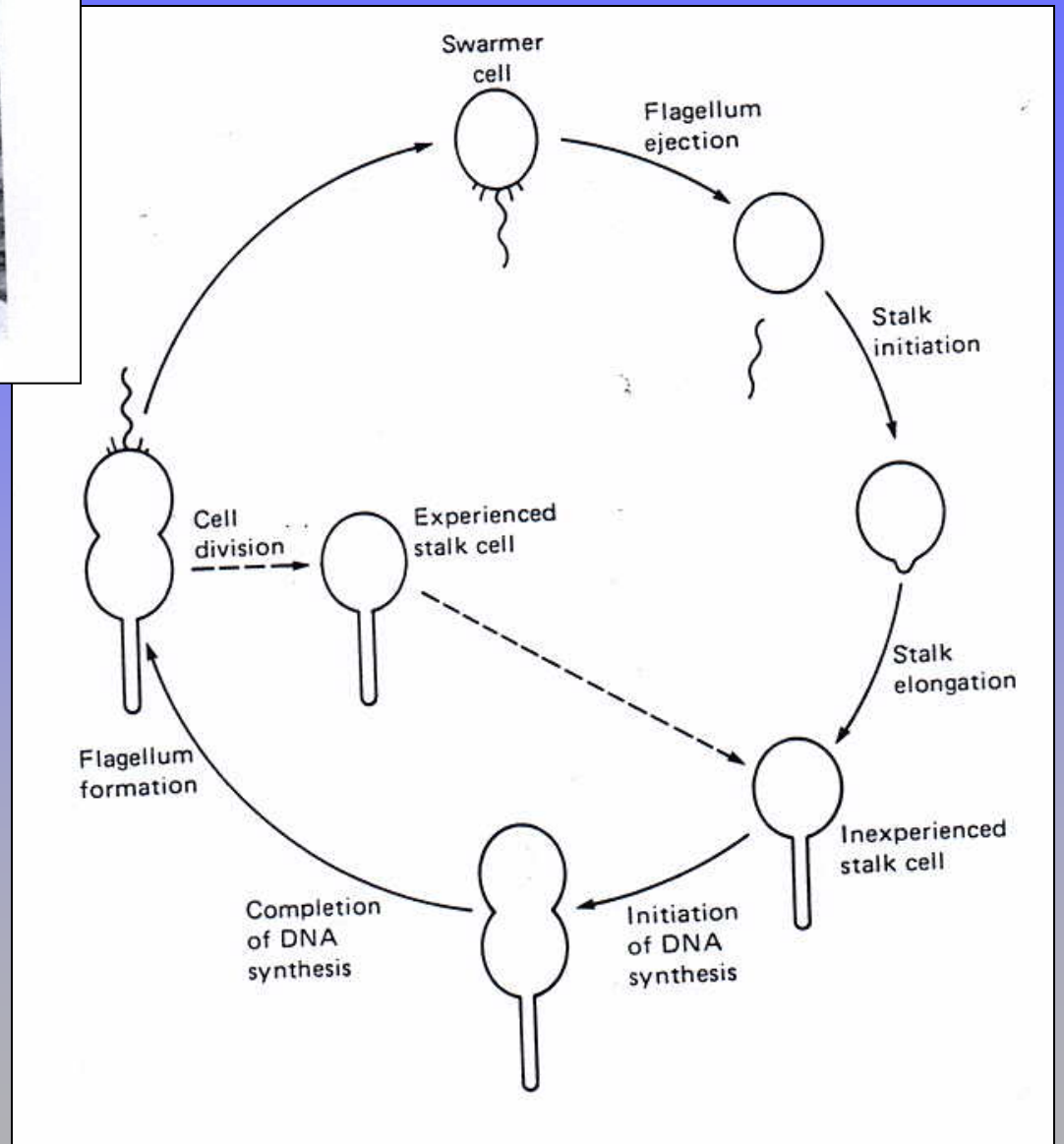
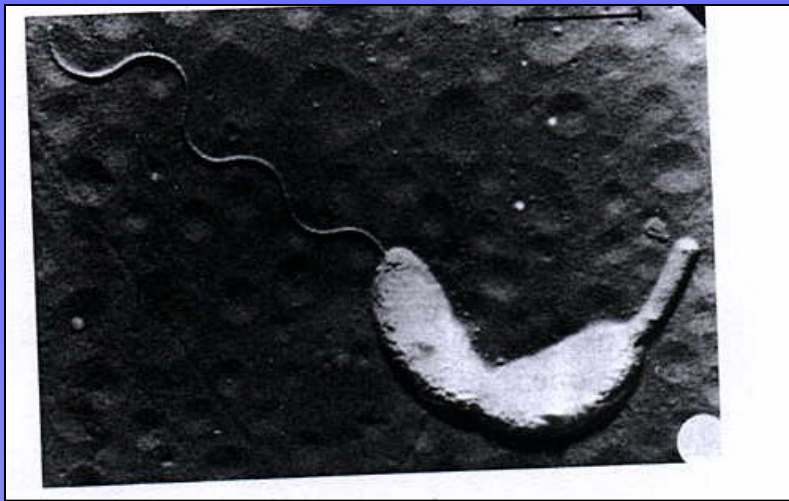


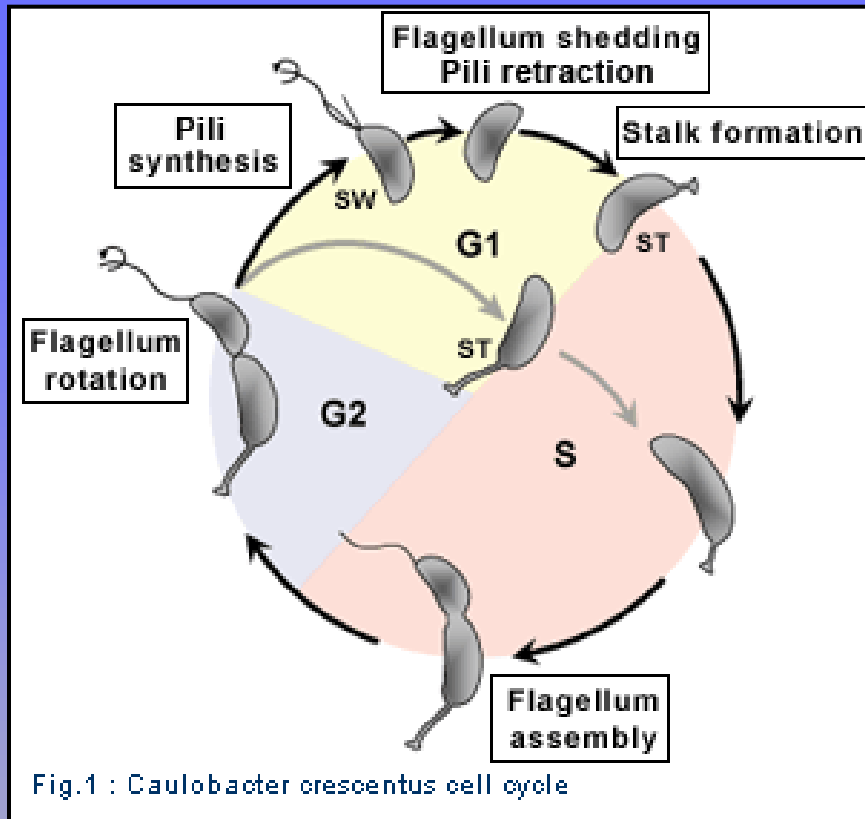
Růstový cyklus *Caulobacter crescentus*



Stádia růstového cyklu

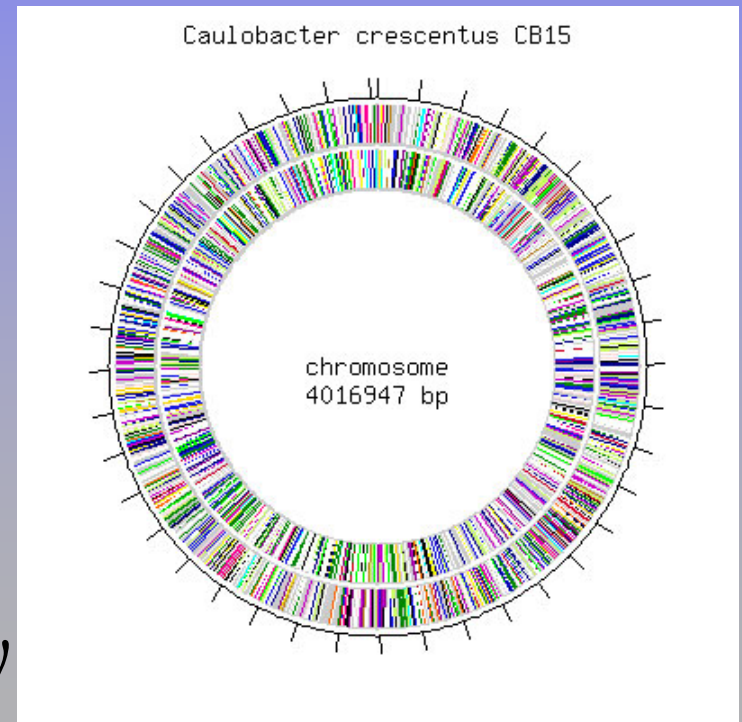
- 1. bičíkaté, volné stádium (swarmer cell) – nerostoucí, nepodléhá dělení
 - ◆ bičíkatá dceřinná buňka
- 2. stélkaté přisedlé stádium – reprodukční
 - ◆ „nezkušená buňka“ – ještě se nedělila (inexperienced cell)
 - ◆ „zkušená buňka“ – již „vyprodukovala“ dceřinnou pohyblivou buňku





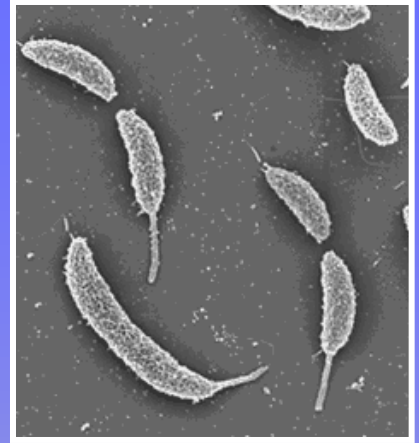
- *Životní cyklus závisí na jednotlivých krocích buněčné diferenciace a asymetrického dělení*
- *3 700 genů*

• *Každé buněčné dělení je asymetrické – vznikají dvě morfologicky odlišné buňky*



Plovoucí bičíkatá buňka se **nereplikuje**

Pro replikaci buňky nutné
**přisednutí na místo s vhodným
substrátem a diferenciaci**
ve stélkatou buňku.
Poté iniciace replikace DNA.



Během proměny dochází k odhození a
nahrazení bičíku a pilusů **polární stélkou, která přichytí**
buňku k podkladu

Nezralá stélkatá buňka se **prodlužuje**

Reproduktivní stélkatá buňka replikuje DNA, vznik dceřinné buňky,
syntéza **nového bičíku** na pólu proti stélce.

Každá morfologická změna je kontrolována dokončením
specifických kroků buněčného cyklu - uzlové body.

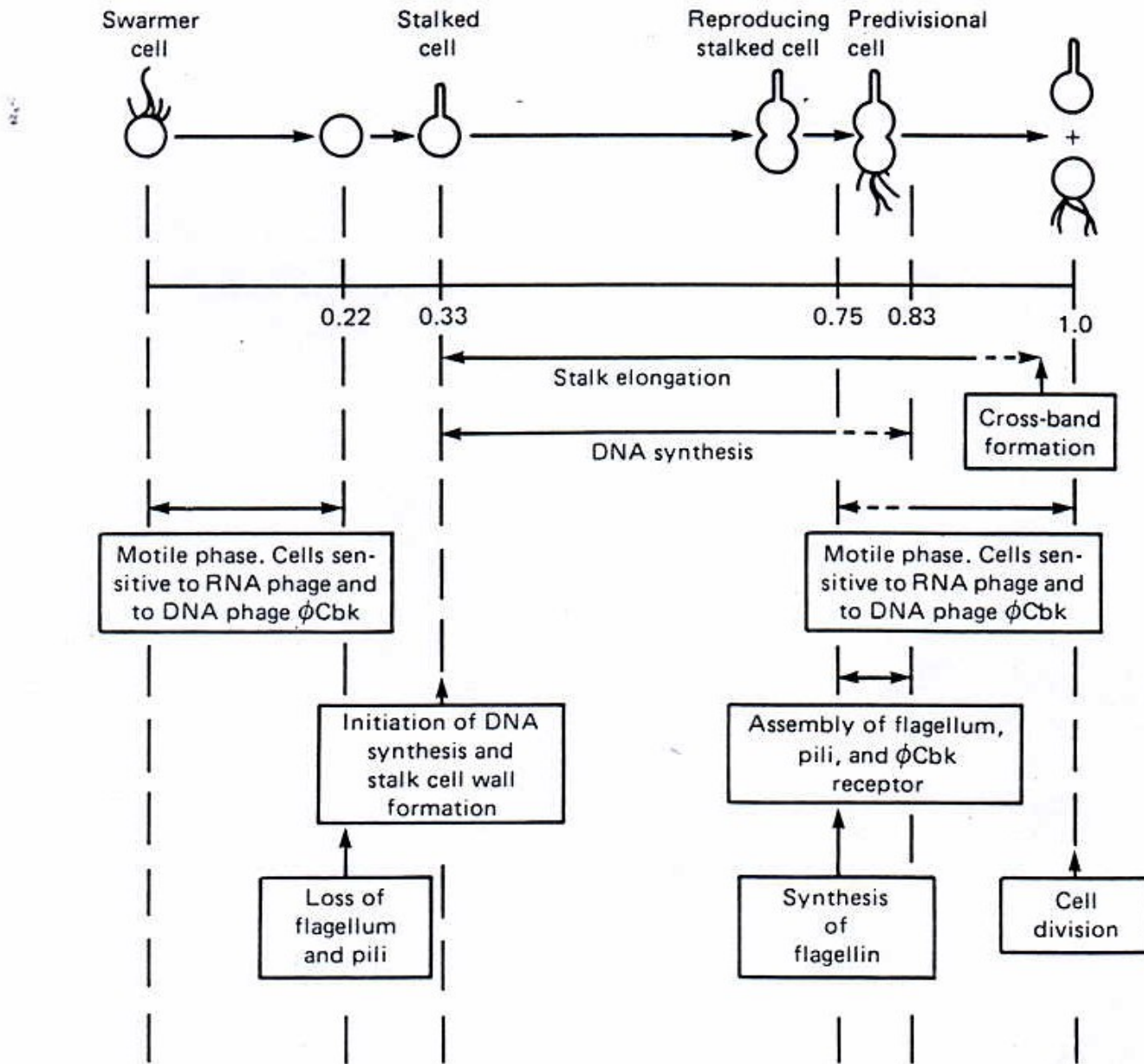
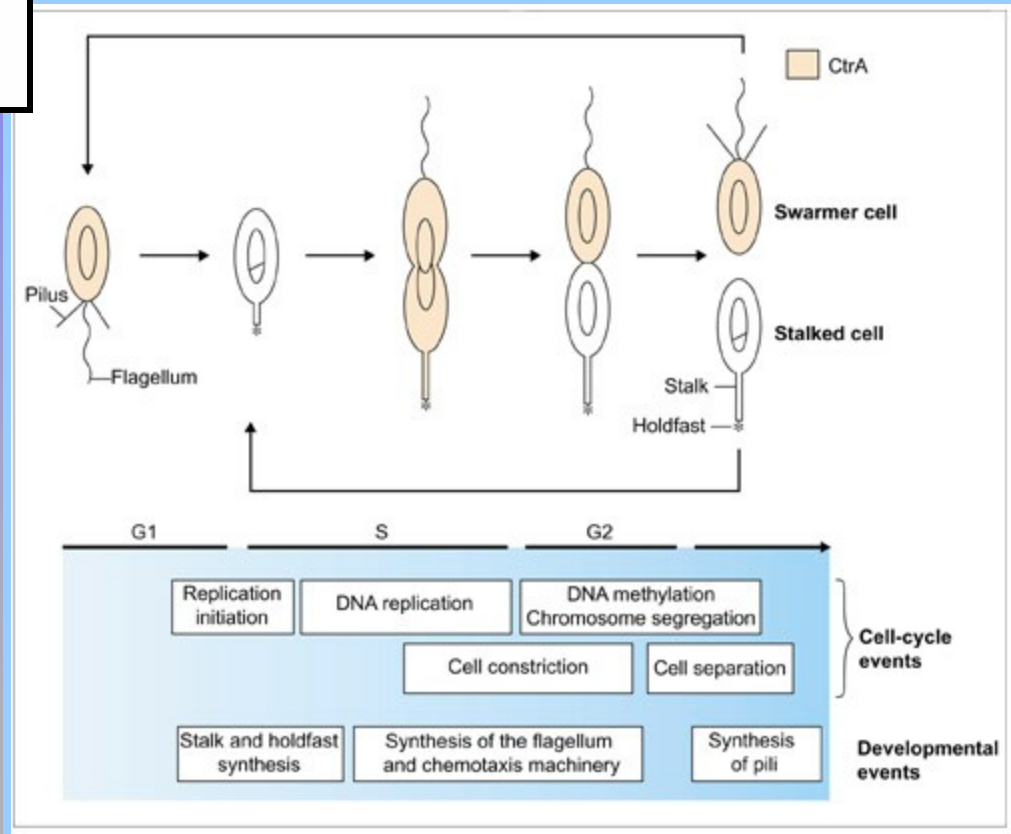
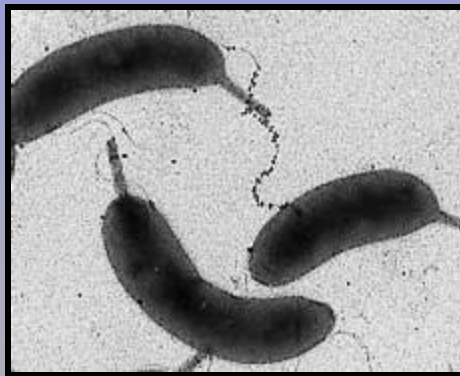
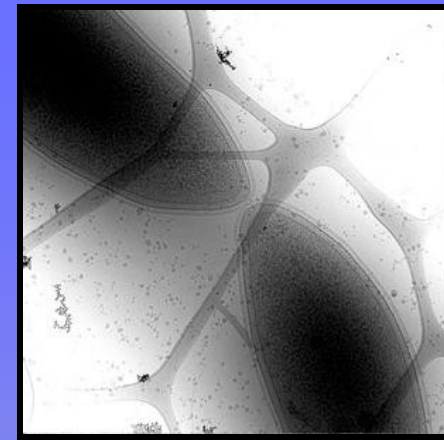
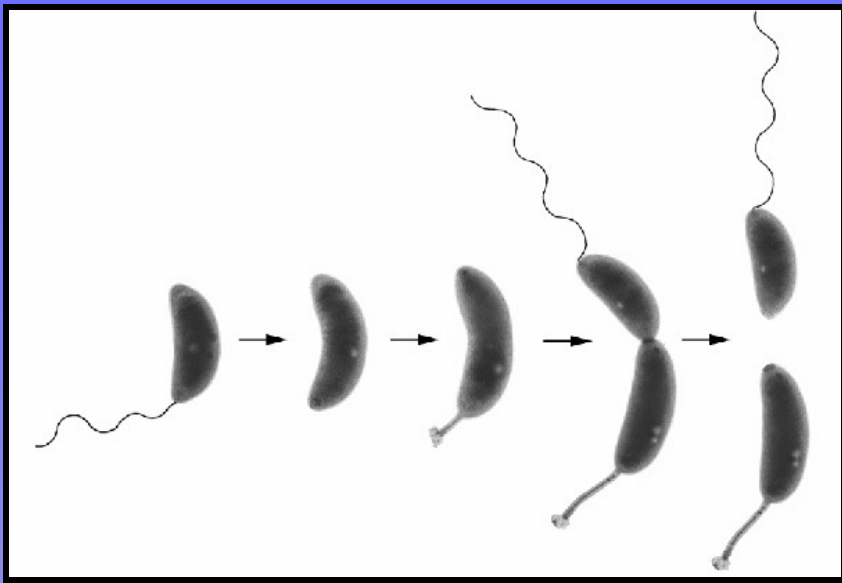
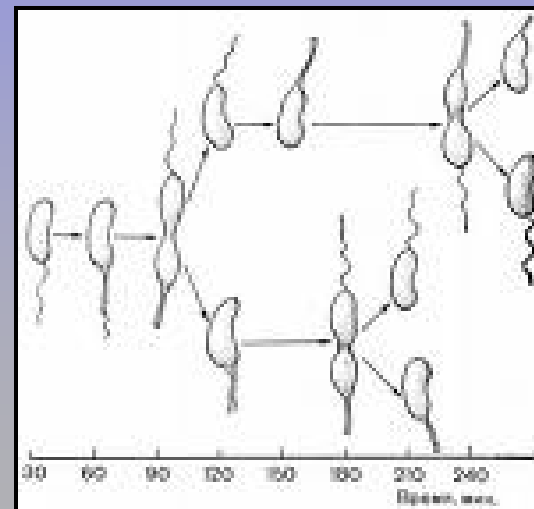
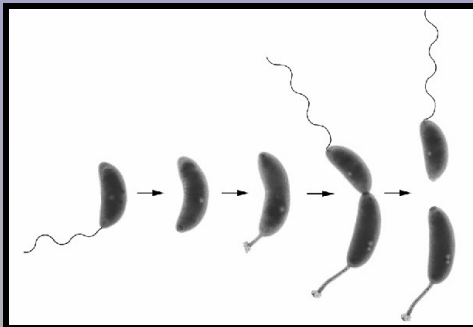
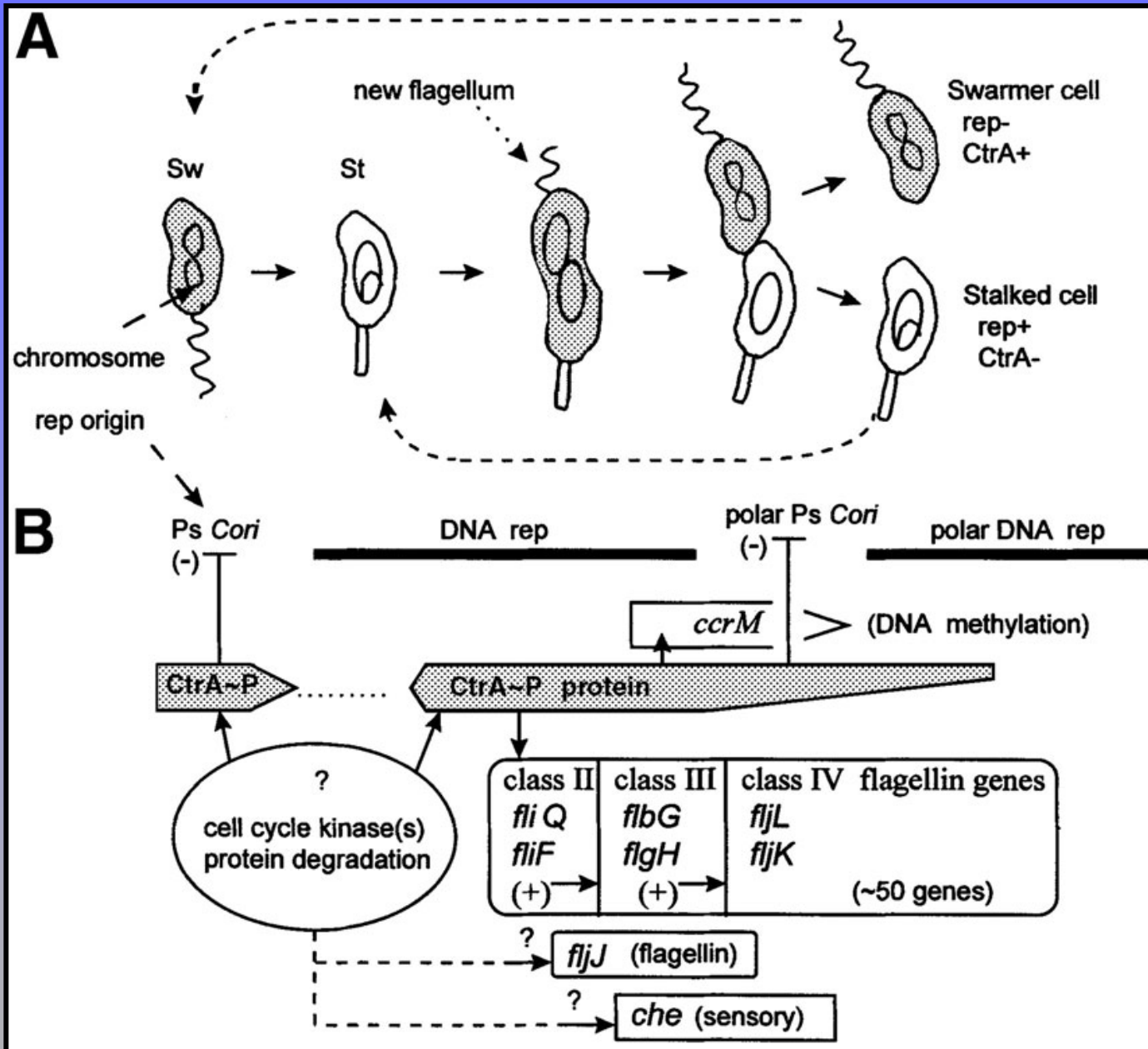


Fig. 13. Schematic diagram illustrating various developmental and biosynthetic events as a function of the cell cycle of *Caulobacter crescentus*. The numbers are fractions of a complete (1.0) cell cycle. (From Dworkin, 1985.)



- Chemotaxe hraje roli u adherovaných buněk
- *Caulobacter* - volné plovoucí buňky - není syntéza DNA, ani dělení, ale exprese MCP - podobných receptorů - silná chemotaxe. Pohyb za signály, dokud nenarazí na povrch bohatý na substrát - osídlení a iniciace buněčného dělení.



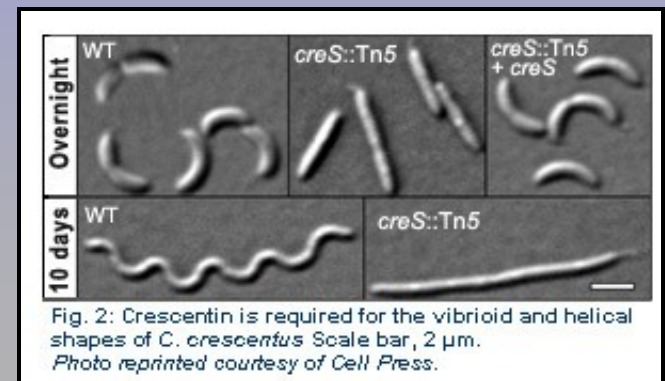


- Několik esenciálních transdukčních proteinů mění v průběhu cyklu buněk *Caulobacter* svou vnitrobuněčnou lokaci



Asymetrické umístění regulátorů cyklu -
= regulační systém přenosu sinálů

- Strukturální analogy aktinu (MreB)
 - předurčení tvaru buněk *C. crescentus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*
- Protein buněčného dělení: FtsZ, je protipólem tubulinu (bakterie tedy vlastní struktury vláknitého cytoskeletu)
- Crescentin - podobný intermediálním filamentům - helixy a zakřivení *Caulobacter* - asymetrické samouspořádávání molekuly - tvar b.



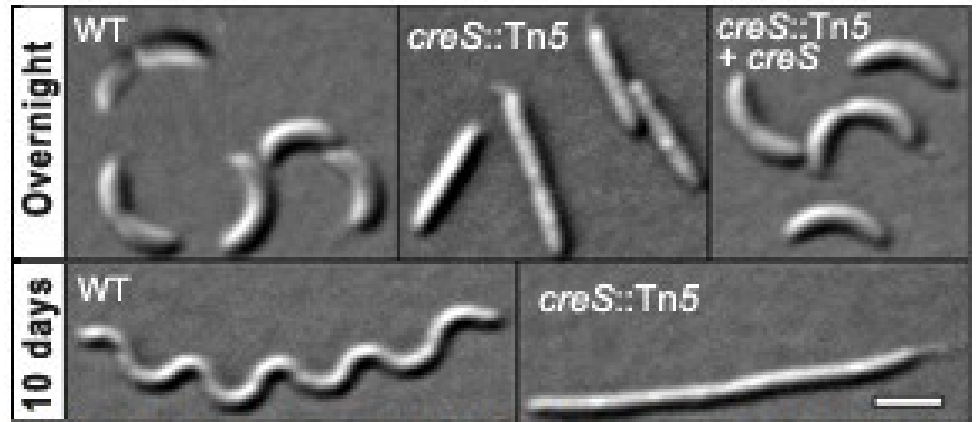


Fig. 2: Crescentin is required for the vibrioid and helical shapes of *C. crescentus*. Scale bar, 2 μ m.
Photo reprinted courtesy of Cell Press.

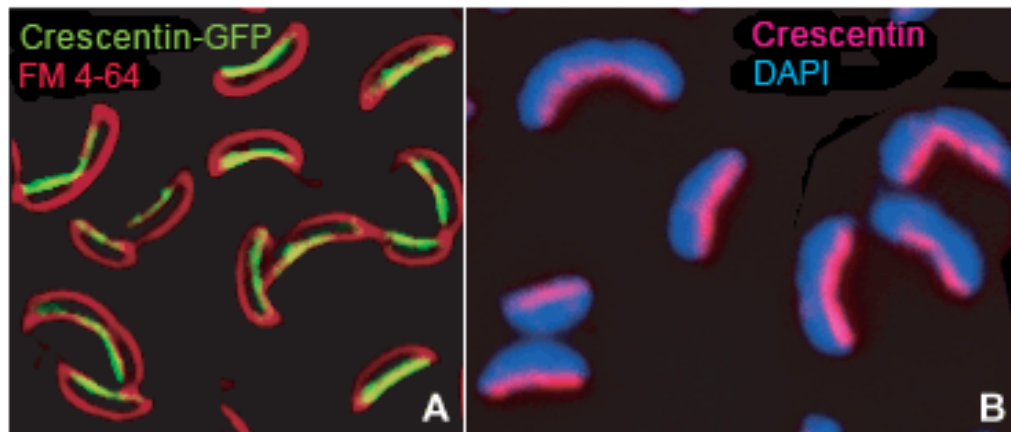


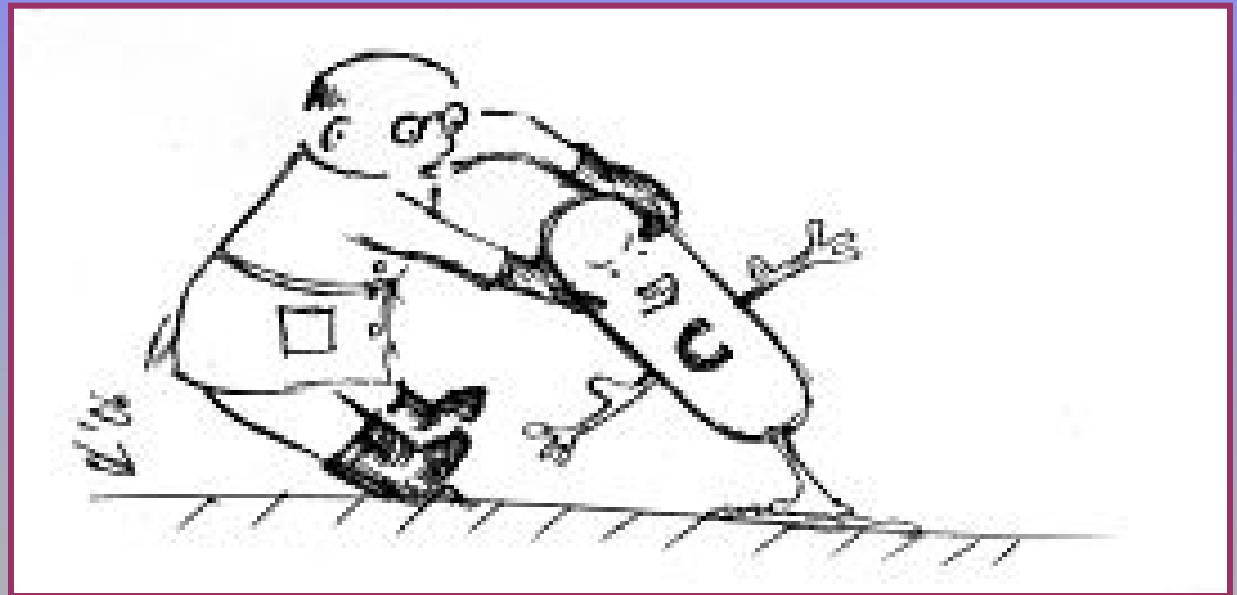
Fig. 3: Crescentin colocalizes with the inner cell curvature near the membrane. (A) Overlay between crescentin-GFP (green) and the membrane dye FM4-64 (red) in live merodiploid *creS-gfp creS* cells. (B) Immunofluorescence overlay between crescentin (red) and DAPI (blue) stainings.
Photo reprinted courtesy of Cell Press.



Zvláštnosti růstového cyklu

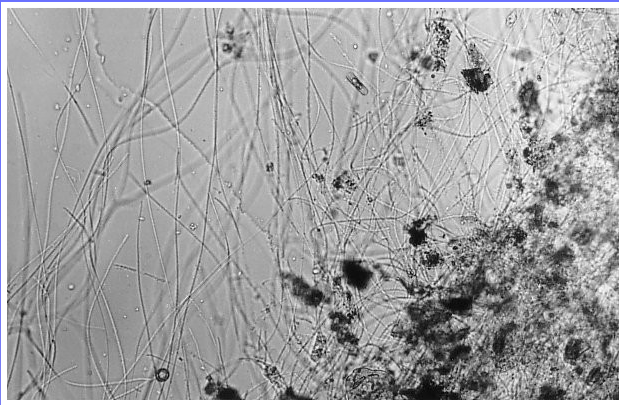
- růstová stádia se nutně střídají, žádné není alternativou, která se nemusí realizovat (viz klidová stádia)
- mateřská buňka je v jistém slova smyslu „nesmrtelnou buňkou“, která produkuje velké množství dceřinných buněk (na rozdíl od konvenčního dělení, kde nelze striktně odlišit mateřskou a dceřinnou buňku)

- *Caulobacter crescentus* je modelovým organismem pro studium diferenciaci u prokaryot
- velmi intenzivně studován
- genom

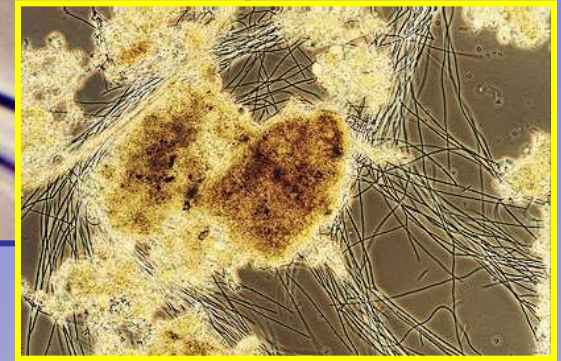


Sphaerotilus natans

G- tyčky, medium 12



- Tekoucí vody
- Papírenské vody
- Kaly
- Aktivované kaly



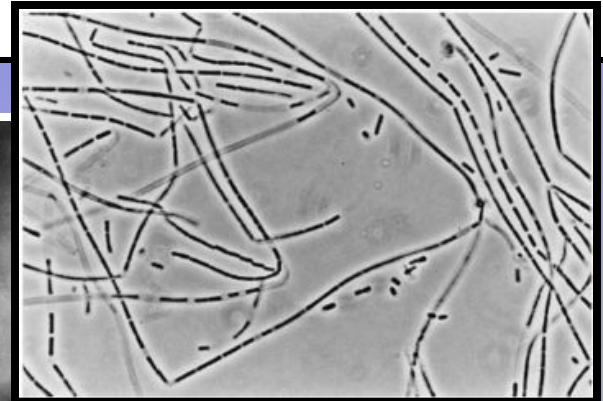
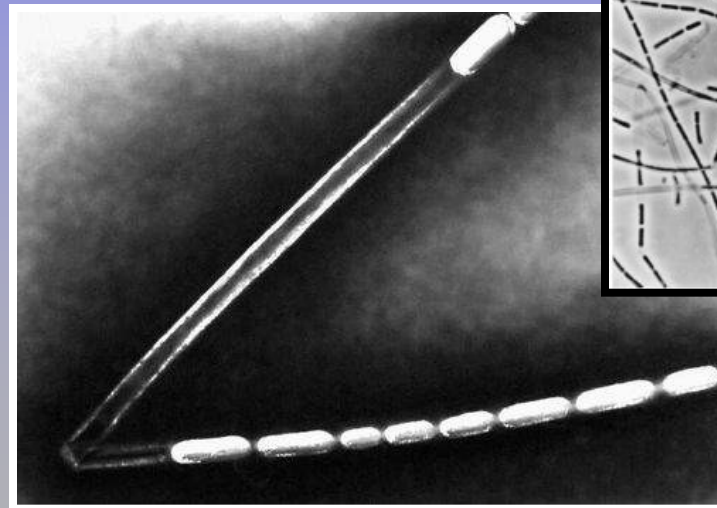
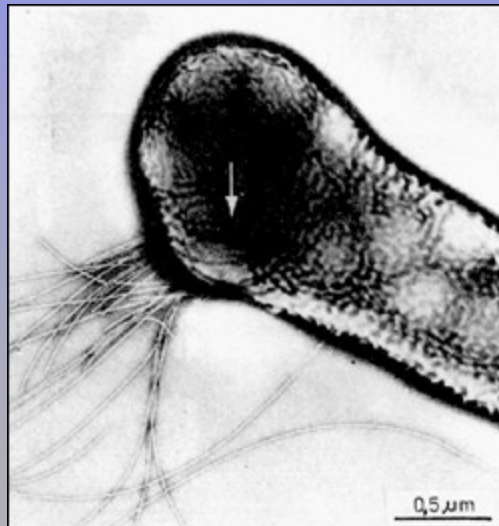
– problém sedimentace

-  Degradace pochev – *Bacillus* - enzym

Some of the cells are irregularly curved, and some have thick ellipsoidal spores (arrows). From Takeda *et al.*

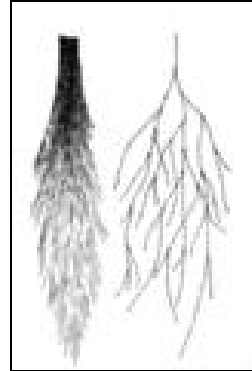
Životní cyklus *Sphaerotilus natans*

- není zdaleka tak podrobně prozkoumán, jako životní cyklus rodu *Caulobacter*
- střídání přisedlé a volné životní formy
- volné buňky – bičíkaté, pohyblivé G-tyčky
- přisedlé stadium – vláknitá pochva, která uzavírá tyčkovité nepohyblivé buňky a je jedním koncem (stopka, holdfast) přichycena k pevnému podkladu



Sphaerotilus natans

- volné buňky najdou vhodné životní prostředí
- přichytí se k podkladu
- odhodí bičík
- začnou tvořit pochvu
- dělí se uvnitř pochvy
- z pochvy se uvolňují dceřinné pohyblivé buňky



- V prostředí s nízkou koncentrací kyslíku
- Dokáže využít široké zdroje org.látek: polysacharidy, polyalkoholy, org.kyseliny

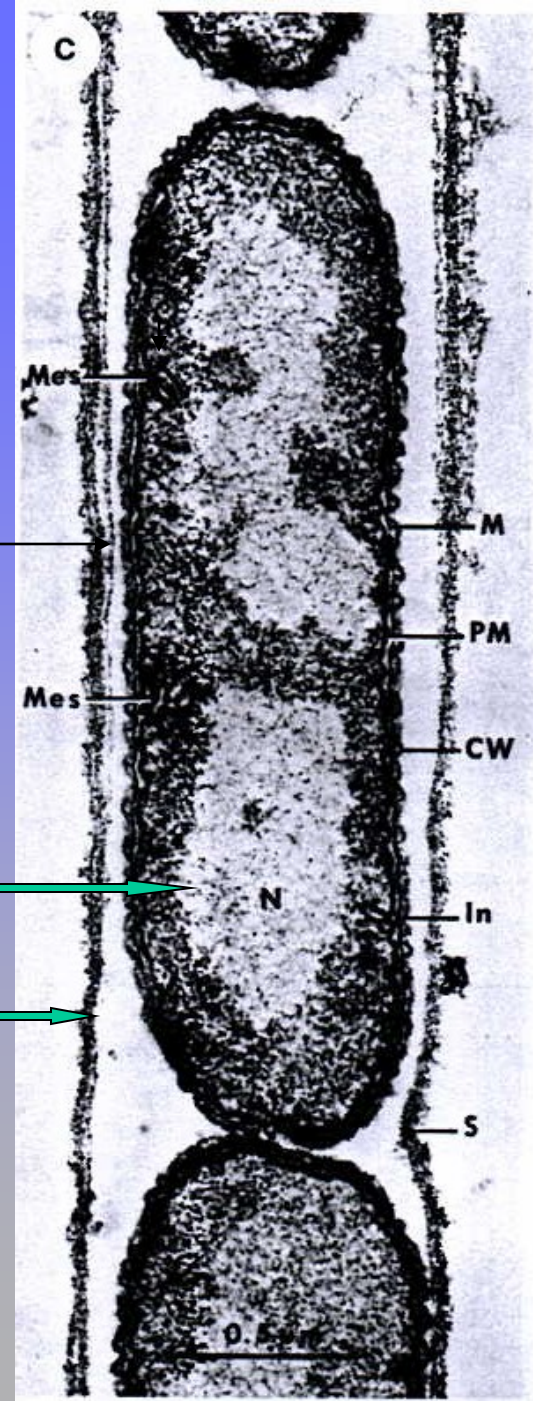
Sphaerotilus natans

mesozóm

buněčná stěna

jaderný materiál

pochva



Pochva

- trubicovitý útvar, který se nikdy nedotýká buněk, často uzavřená
- může obsahovat oxidy železa nebo manganu
- funkce – přichycení k pevným povrchům a zachycování živin pro buňky, ochrana proti predátorům (prvoci, *Bdelovibrio*)

Výskyt

- Sphaerotilus*
- ◆v pomale tekoucích vodách znečištěných odpadem
- ◆na čističkách – problematický vláknitý organismus

Sphaerotilus natans

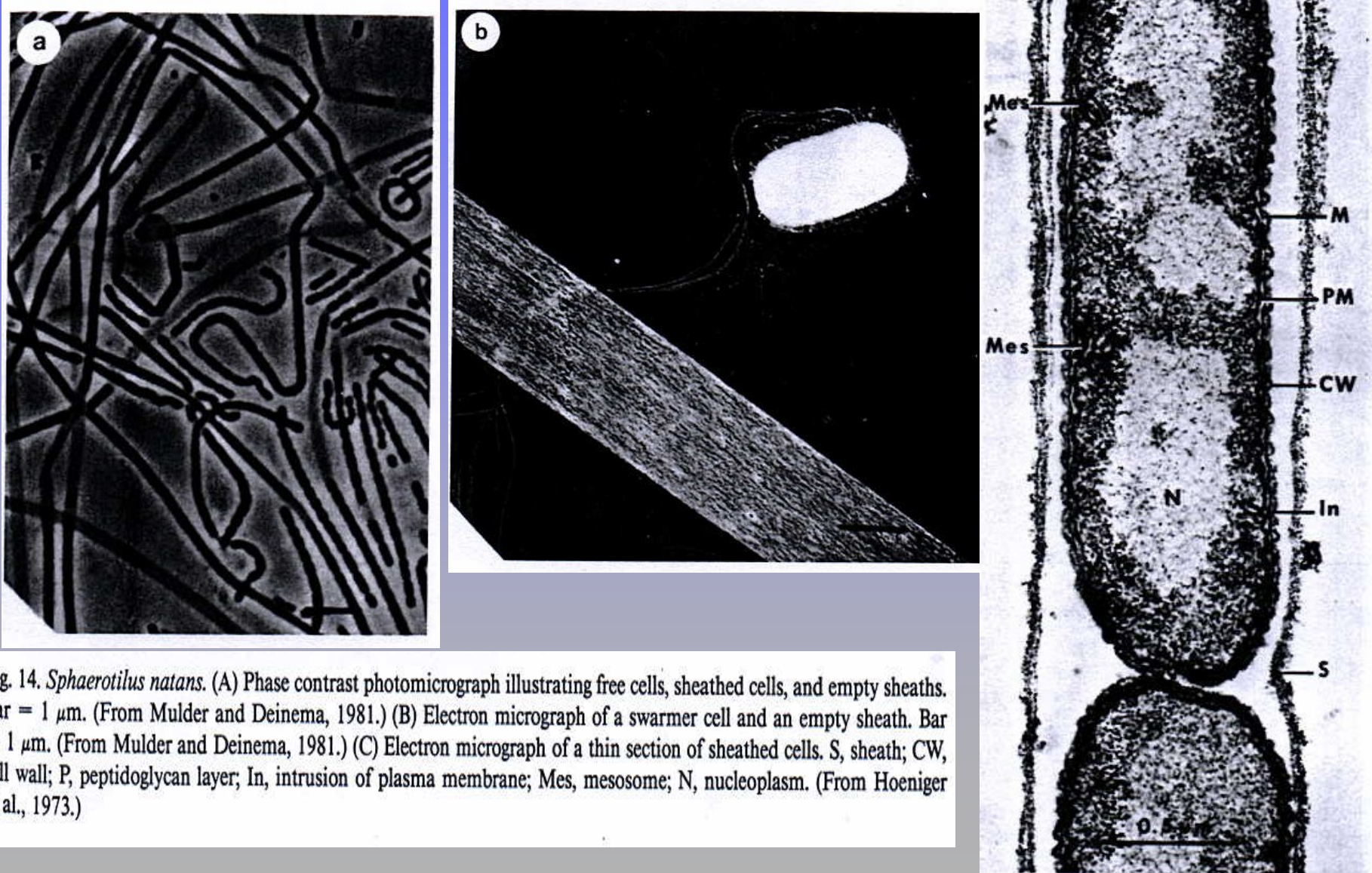
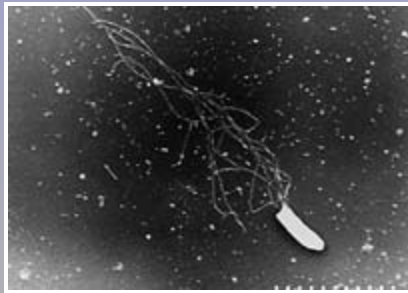
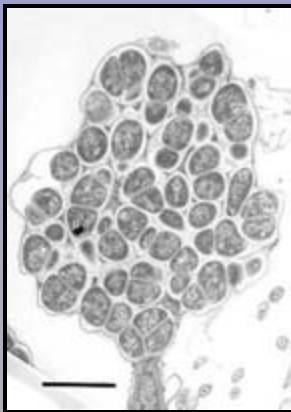


Fig. 14. *Sphaerotilus natans*. (A) Phase contrast photomicrograph illustrating free cells, sheathed cells, and empty sheaths. Bar = 1 μm . (From Mulder and Deinema, 1981.) (B) Electron micrograph of a swarmer cell and an empty sheath. Bar = 1 μm . (From Mulder and Deinema, 1981.) (C) Electron micrograph of a thin section of sheathed cells. S, sheath; CW, cell wall; P, peptidoglycan layer; In, intrusion of plasma membrane; Mes, mesosome; N, nucleoplasm. (From Hoeniger et al., 1973.)

Střídání volného a přisedlého stadia u *Actinoplanes* a příbuzných rodů

- přisedlé stadium – vegetativní mycelium, množící se
- volné stadium – bičíkaté spory, které se tvoří ve sporangiu (zoospory)
- *Actinoplanes* – patří mezi aktinomycety, kromě těchto 2 stadií se uplatňuje komplexní růstový cyklus



- Sporangium: 10 μm
- Zoospory v řetízcích nebo ve dvojicích
- Uvolněné z mycelia dlouho přežívají

Micromonosporaceae, Actinoplanes sp.

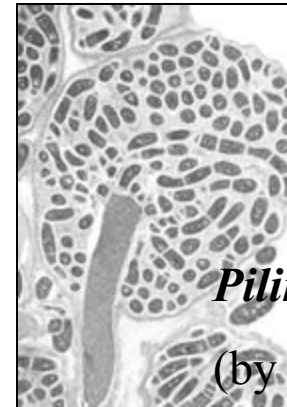
Pilimelia

- vlasy, chlupy, kůže hadů
- není známa jako dermatofyt
- běžně v půdě



Výskyt

- půda a spadané listí
- rostlinný a živočišný odpad
- jezera, rybníky, řeky
- primárně prostředí se střídavým vysycháním
- rozšířeny celosvětově – tropy, pouště ...



Pilimelia columellifera

(by G. Vobis)

Příbuzný rod s *Actinoplanes*
Sporangia s typickými řetízky spor

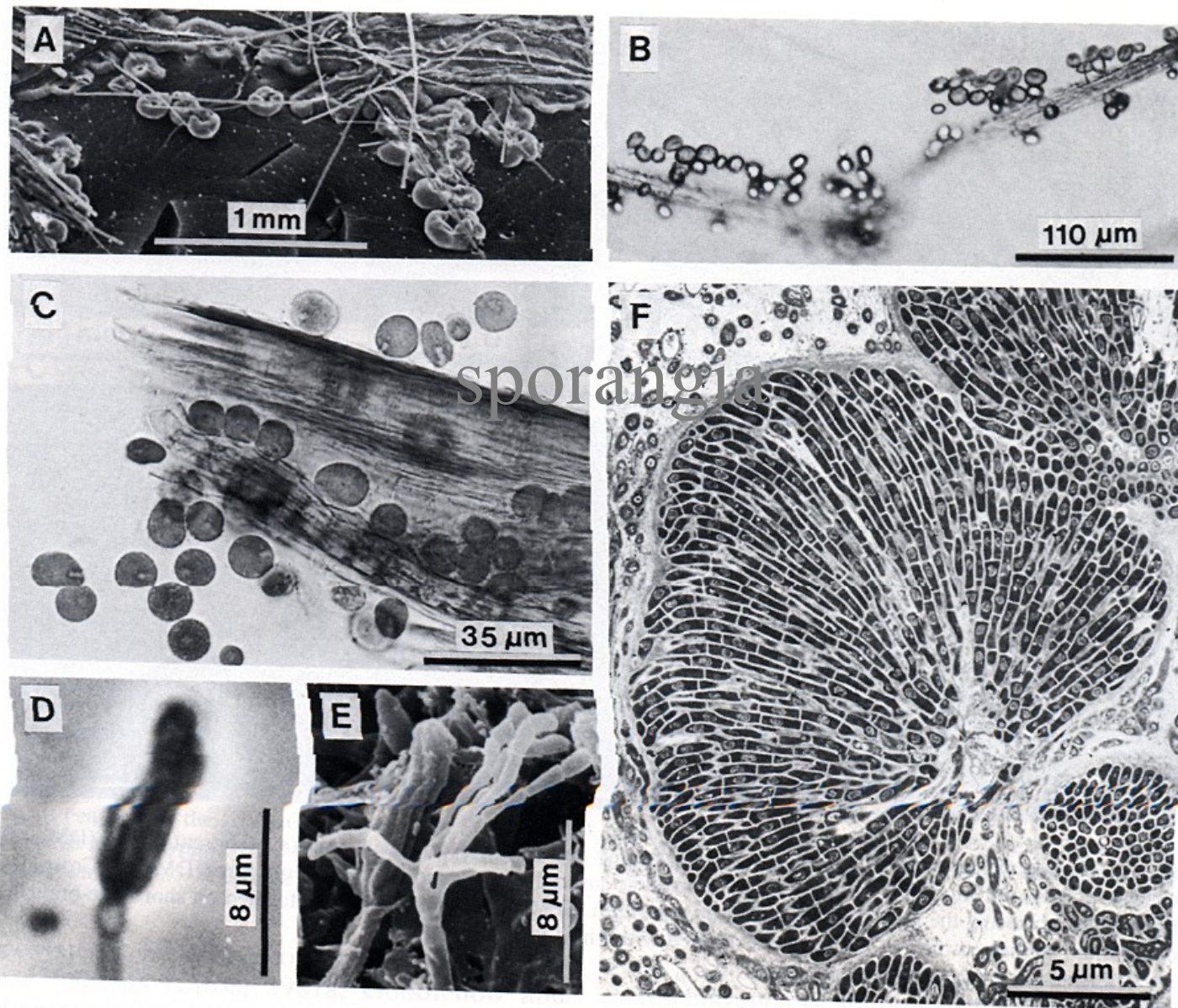


Fig. 7. Features of the genus *Pilimelia*. (A) Compact, small colonies on agar medium; hairs added as natural substrate (SEM). (B) Bundles of sporangia formed on hair (LM). (C) Globose to pyriform sporangia with internal columella; structure of the colonized part of the hair was destroyed (LM). (D) Cylindrical sporangium with an annulus at the base (PHACO). (E) Penicillate conidiophore with bacilliform conidia; the sporangium behind it has parallel-arranged sporogenous hyphae (SEM). (F) Section of a campanulate sporangium with branched spore chains (TEM). (C and D from Vobis et al., 1986; E from Vobis, 1987; F from Vobis, 1984; with permission.)

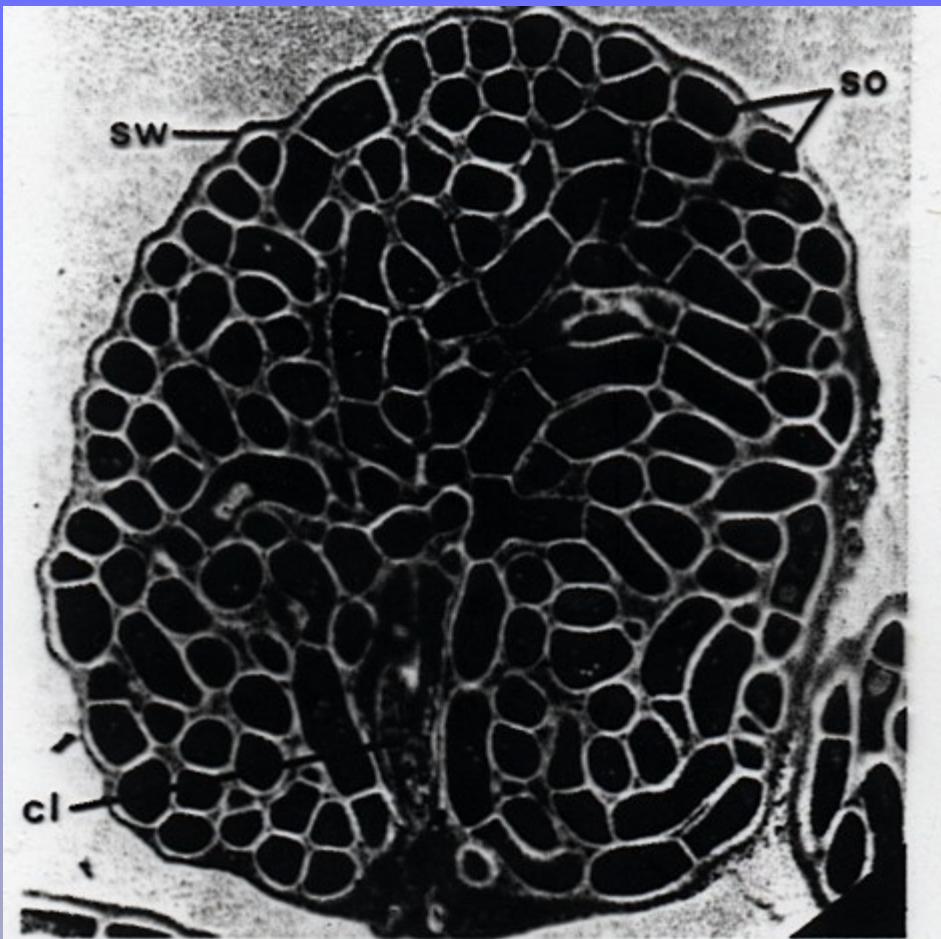


Fig. 18. Electron micrograph of a thin section of a sporangium of the actinoplanete genus *Pilimelia*, illustrating the arrangement of the spore chains. sw, sporangiial wall; cl, columella; sp, spore. (From Vobis, 1984.)

Zdroje:

Schindler J. (2008): Ze života bakterií, ACADEMIA, Praha

- www.yale.edu/jacobswagner/research.htm
- <http://www.sciencedaily.com/releases/2006/04/060411222211.htm>
- biology.kenyon.edu/.../Chap11/Chapter_11A.html
- <http://www.pnas.org/cgi/content/full/97/16/8789>

Děkuji za pozornost