

Účelové chování buňky



Účelové chování buňky

- „Aktivní“ reakce bakterií na vnější prostředí

Taxe - pohyb k příhodnějšímu prostředí (vyšší koncentrace vhodných živin)

- pohyb z nepříznivého prostředí (vyšší koncentrace negativních látek - toxinů)

Taxe je vykonávána prokaryotickými i eukaryotickými organismy



Účelové chování buňky

- Bakteriální buňka se nachází v dynamicky se měnícím prostředí
- Mění se koncentrace živin, vyčerpání esenciálních živin
- **Soutěžení** o živiny mezi buňkami téhož druhu a mezi druhy
- Produkce metabolitů (i toxinů)
- **Soutěžení** o prostor



Taxe

- **Chemotaxe** – pohyb vyvolaný přítomností chemické látky
Pozitivní chemotaxe – směrem k živinám
Negativní chemotaxe – směrem od toxinů
- **Aerotaxe** – vyvolávána plynným kyslíkem
- **Fototaxe** – pohyb jako reakce na světlo (pozitivní, negativní)
- Rozpoznávání různých vlnových délek a intenzity světla
- **Magnetotaxe** – pohyb podél magnetického pole Země
- Schopnost přemístit se z kyselého / alkalického prostředí k místu s neutrálním pH
- Vyhledání míst s optimální teplotou apod.

Chemotaxe

- Cílený pohyb buňky v koncentračním gradientu chemické látky (obvykle pomocí bičíku)
- Během pohybu je měněna doba „pobytu“. Ve vyšších koncentracích živin je delší; v nízkých je kratší
- Postupným zjišťováním koncentrace se buňka dostane až k optimální koncentraci
- Proces trvá relativně dlouho, ale buňka se neomylně dostane vždy k optimální koncentraci.
- Buňka se tedy musí neustále **adaptovat** na stávající koncentraci. Na základě této adaptace může buňka rozpoznat vyšší koncentrace.

Fototaxe

- Pohyb bakterií při fototaxi je jiný než u chemotaxe
- Při fototaxi je pohyb označován jako **šokový**
- Pokud se buňka dostane do zastíněného místa, velmi rychle se zastaví a změní směr k osvětlenému místu – odpověď na změnu světelných podmínek
- Buňka nedokáže změřit absolutní množství světla, ale velmi přesně reaguje na změnu intenzity světla (s přesností až 5 %)



Fototaxe

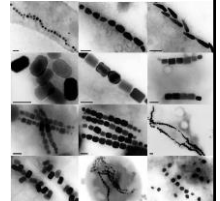


- Orientovaný pohyb bakterií (obvykle s bičíkem) řízený světlem
- Pohyb není závislý na fototrofii (např. *Isosphaera pallida*, klouzavý pohyb, aerob, heterotrof)
- **Pozitivní a negativní fototaxe**
- Reakce buňky na světlo je závislá na druhu pigmentu (absorpční maximum při různých vlnových délkách). Výsledkem může být potom „nahromadění“ buněk v místě s optimální vlnovou délkou a intenzitou

Foto zdroj: Stand Genomic Sci. 2011 Mar 4; 4(1): 63–71.

Magnetotaxe

- Schopnost bakterií, jednobuněčných řas a některých prvků orientovat se v magnetickém poli Země
- **Magnetozómy** – mají vlastnosti permanentního dipólového magnetu. Obsahují feromagnetický minerál magnetit (Fe_3O_4) v čisté formě
- Bakterie v sulfidických sedimentech mohou obsahovat greigit (Fe_3S_4) nebo pyrit (FeS_2)
- Velikost magnetozómů: 30-120 nm, počet: 5 - 40 v buňce
- Morfologicky různé



Magnetotaxe

- Pohyb buňky je pasivní podél siločar magnetického pole Země přímým pohybem (buňky jsou „pasivně taženy“) pomocí magnetické síly vznikající mezi magnetickým dipólem buňky a magnetickým polem Země
- Průměrná rychlost magnetotaktických bakterií je 150 $\mu\text{m/s}$
- Zvláštním případem je seskupení koků sdružených po 10 - 30 buňkách do multicelulárního útvaru obdaného společnou vrstvou

Komunikace mezi organizmy ve společenstvu – Quorum sensing

- Quorum sensing je účelové chování buněk vycházející ze **změny počtu jedinců** dané populace
- Quorum sensing umožňuje bakteriím vnímat a reagovat na změny v hustotě bakterií v daném prostředí
- Mechanismus spočívá v produkci chemických signálních molekul **autoinduktorů – účelová komunikace mezi buňkami**
- Dosažení prahové koncentrace autoinduktoru pak vede k ovlivnění exprese genů – změna fyziologického chování buňky
- Klíčem procesu je celkový počet bakterií ve vztahu ke kapacitě jejich okolí
- Pokud se v oblasti nachází pouze několik buněk, nic se nestane. Jestliže je přítomno mnoho buněk, autoinduktor se vyskytuje v koncentraci vyšší, což vyvolá u buněk specifické chování

Magnetotaxe

- Podle typu magnetického materiálu a vztahu ke kyslíku existují 3 základní fyziologické skupiny magnetotaktických bakterií
 - *Mikroaerofilní* (svrchní vrstva vodního sloupce) v magnetozómech **magnetit**
 - *Fakultativně anaerobní* (větší hloubky s nižší koncentrací O_2) v magnetozómech **pyrit**
 - *Obligátní anaerobové* (nejspodnější vrstvy) v magnetozómech **greigit**

Quorum sensing

- Komunikace probíhá formou signálu **generování signálu** \rightarrow **přijmutí signálu**
- Signálem je chemická látka, **autoinduktor** - malá bílkovina, oligosacharid, mastná kyselina nebo jejich kombinace
- Každý druh má svoje signály, které nejsou rušeny signály jiných druhů
- Signály se uplatňují jak v rámci druhu, tak i mezidruhově („quorum sensing cross talk“)

Quorum sensing

!!! 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 virulence
- Více než 4 % z téměř 6 000 genů *P. aeruginosa* regulováno pomocí quorum sensing

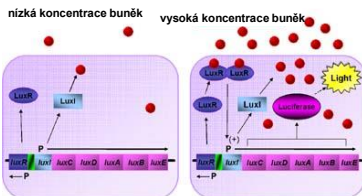
Quorum sensing

- Přítomnost určitého množství buněk daného druhu (druhů) navozuje symbiózu mezi organizmy, virulenci, produkci antibiotik
- Umožňuje populaci koordinovat odpověď na danou situaci

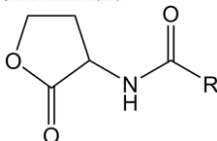


Vibrio fischeri – bioluminiscence pouze po dosažení určitého počtu buněk

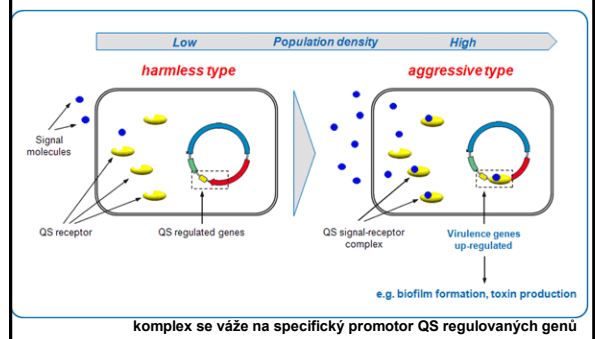
Quorum Sensing



● = Acyl-homoserine lactone (AHL)



Quorum sensing



Nejvíce prostudované QS systémy

- *Agrobacterium tumefaciens*
 - kontrola konjugace Ti plazmidu
- *Erwinia carotovora*
 - regulace exoenzymů a produkce antibiotik
- *Pseudomonas aeruginosa*
 - tvorba biofilmu a faktory virulence
- další pseudomonády

Quorum sensing

- Nejčastější procesy ovlivňované Quorum sensing u **G⁻ bakterií**
 - Bioluminiscence (*Vibrio fischeri*)
 - Produkce faktorů virulence (*Pseudomonas aeruginosa*)
 - Konjugace (*Agrobacterium tumefaciens*)
 - Produkce antibiotik (*Erwinia carotovora*, *Pseudomonas aureofaciens*)
 - Tvorba biofilmu (*Pseudomonas aeruginosa*)

Quorum sensing

- Nejčastější procesy ovlivňované Quorum sensing u **G⁺ bakterií**
 - Kompetence pro transformaci (*Streptococcus pneumoniae*)
 - Sporulace (*Bacillus*)
 - Produkce faktorů virulence (*Staphylococcus aureus*)
 - Vývoj vzdušného mycelia (*Streptomyces griseus*)
 - Produkce antibiotik (*Streptomyces griseus*)

Biofilm

- Biofilm je „nahromadění“ mikroorganismů rostoucích na pevném substrátu.
- Biofilm je charakterizován strukturální heterogenitou, genetickou diverzitou, komplexem interakcí uvnitř společenstva a extracelulární matrix tvořenou biologickými polymery
- Tvorba biofilmu začíná připojením volných buněk k pevné podložce. První buňky (pionýrská populace) jsou k podložce připojeny slabými, reverzibilními Van der Waalsovými silami. Pokud nejsou buňky spontánně odděleny, mohou se vázat pevnějšími vazbami, na počátku adheziny (ale je možné využít i pili)

Tvorba biofilmu

REVERSIBLE ADSORPTION OF BACTERIA (sec.)	IRREVERSIBLE ATTACHMENT OF BACTERIA (sec.-min.)	GRUPTIK DIVISION OF BACTERIA (hrs.-days)	EXTRAPOLYMER PRODUCTION & BIOFILM FORMATION (hrs.-days)	ATTACHMENT OF STRONG ORGANISMS TO BIOFILM (days-months)
---	--	---	---	---

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

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

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 mik

Speciální sigma faktory

Signální mechanismy

Biofilm

Stafylokok na povrchu katétru

Biofilm v Národním parku Yellowstone (zvýšení až půl metru)

Biofilm v lidském těle

výhoda biofilmu – perzistence a R k ATB

- pH při rozkladu zásobních cukrů poškozujee sklovinu zubu
- silné redukující prostředí v kapsách pod dásní – proliferace anaerobů

Zubní povlak

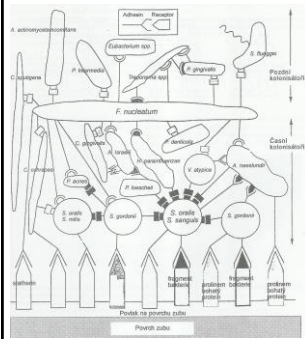
- A. van Leewenhoek
- periodontitida

Sřěvní sliznice

Infekce

- sliznice nebo uvnitř tkáně;
- **endokarditida**
 - trvalý biofilm na chlopních (strepto- a stafylokoky; nebezpečí z krvácívých dásní)
- rány; bérkové vředy; spálení

Schéma zubního plaku



- Zubní plak obsahuje více než 37 rodů a 300 druhů bakterií (cca 20 druhů streptokoků)
- Na buňky vázané na zubní sklovině se adheziny pevnějšími nebo slabšími vazbami váží další buňky
- Různé bakterie přednostně adhezují a kolonizují různá místa dutiny ústní