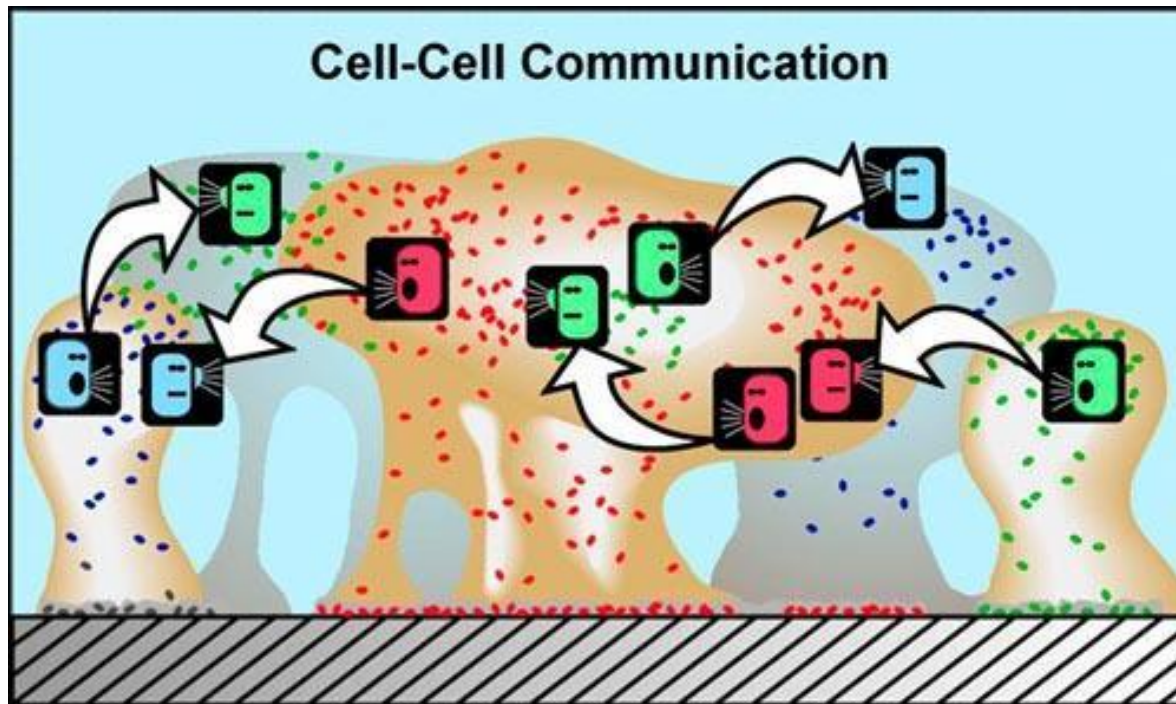


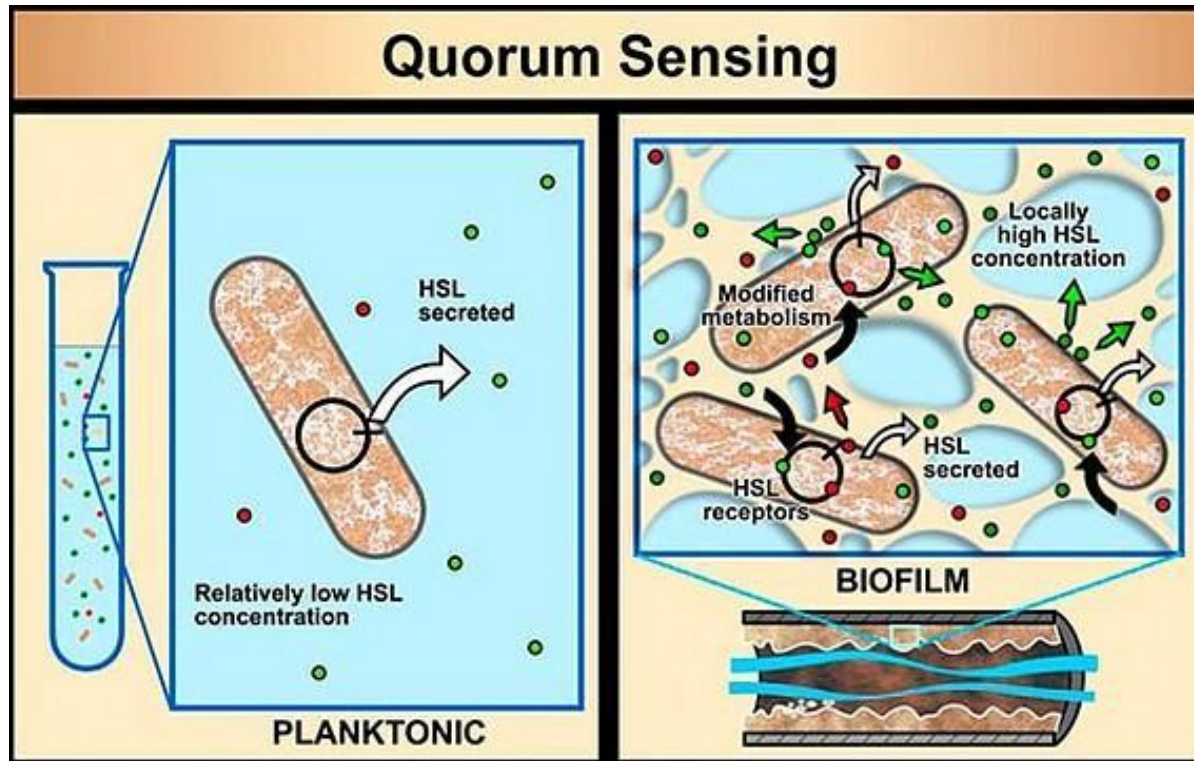
17. КЛІТИННИЙ КВОРУМ.

НАЯВНІСТЬ РОЗВИНЕНОЇ СИСТЕМИ МІЖКЛІТИННОГО СИГНАЛІНГУ – ДУЖЕ ВАЖЛИВА ПЕРЕДУМОВА ПОЯВИ БАГАТОКЛІТИННОСТІ. У НАЙПРОСТІШОМУ ВИПАДКУ СКЛАДАЄТЬСЯ ВОНА З КЛІТИНИ, ЯКА СЕКРЕТУЄ ПЕВНУ РЕЧОВИНУ, ЩО СПРИЙМАЄТЬСЯ СПЕЦИФІЧНО РЕЦЕПТОРОМ НА ІНШІЙ КЛІТИНІ, АКТИВУЮЧИ В НІЙ ПЕВНИЙ СИГНАЛЬНИЙ КАСКАД. ЗАПРОПОНУЙТЕ МОДЕЛЬ ПОХОДЖЕННЯ І РАННЬОЇ ЕВОЛЮЦІЇ ТАКОЇ СИСТЕМИ, ВРАХОВУЮЧИ ЕВОЛЮЦІЮ РЕЦЕПТОРІВ І ВНУТРІШНЬОКЛІТИННИХ СИГНАЛЬНИХ СИСТЕМ.

Міжклітинна комунікація



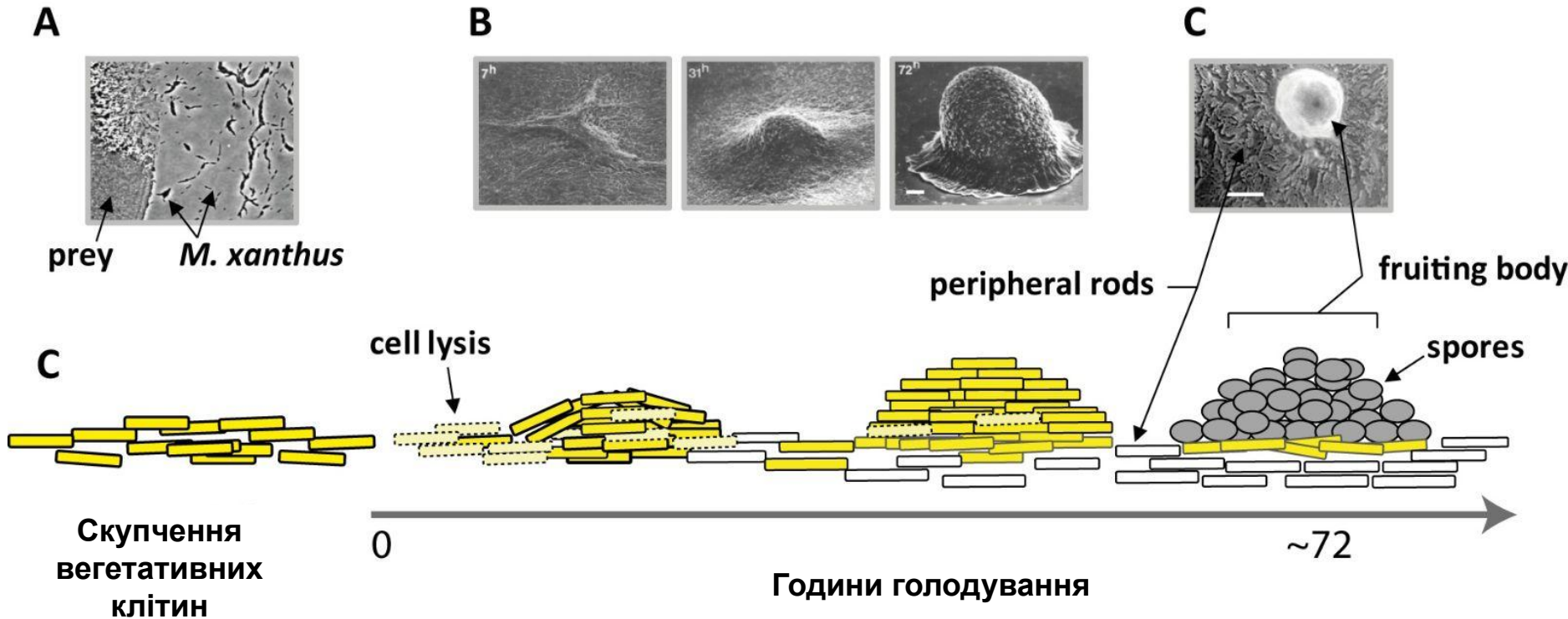
Планктонні форми бактерій та біоплівки



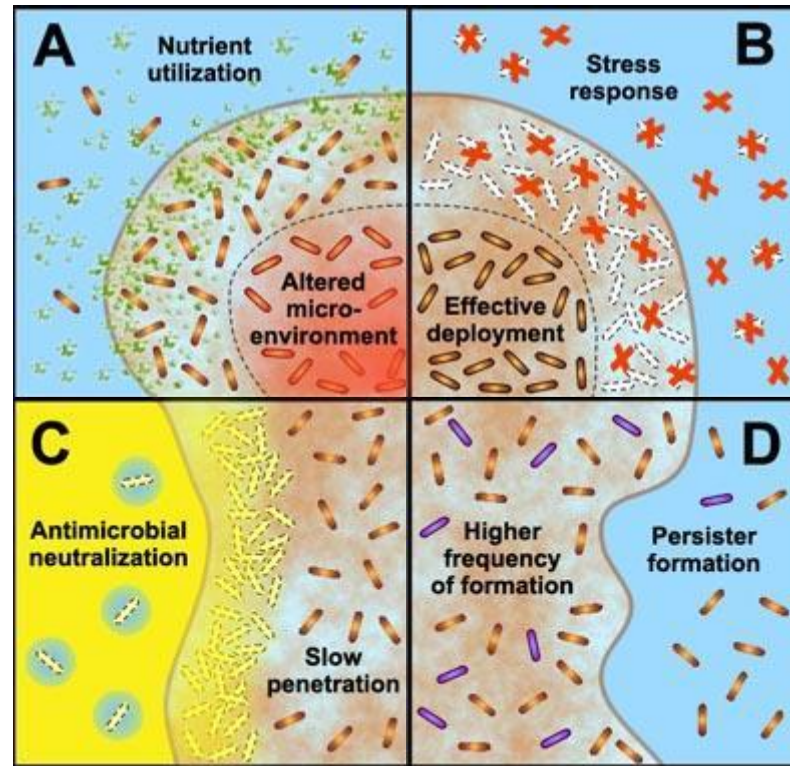
Процеси, що регулюються клітинним кворумом

- Біолюмінісценсія у морських бактерій (*Vibrio fischeri*, *V. harveyi*).
- Агрегація клітин місобактерій і наступне формування плодових тіл зі спорами
- Утворення антибіотиків у представників роду *Streptomyces* і у *Erwinia carotovora*
- Синтез екзоферментів та інших факторів вірулентності у рослинних (*Erwinia carotovora*, *E. hyacinthii*) і тваринних (*Pseudomonas aeruginosa*) патогенів.
- Споруляція у бацил та актиноміцетів
- Стимуляція росту стрептококів та інших мікроорганізмів

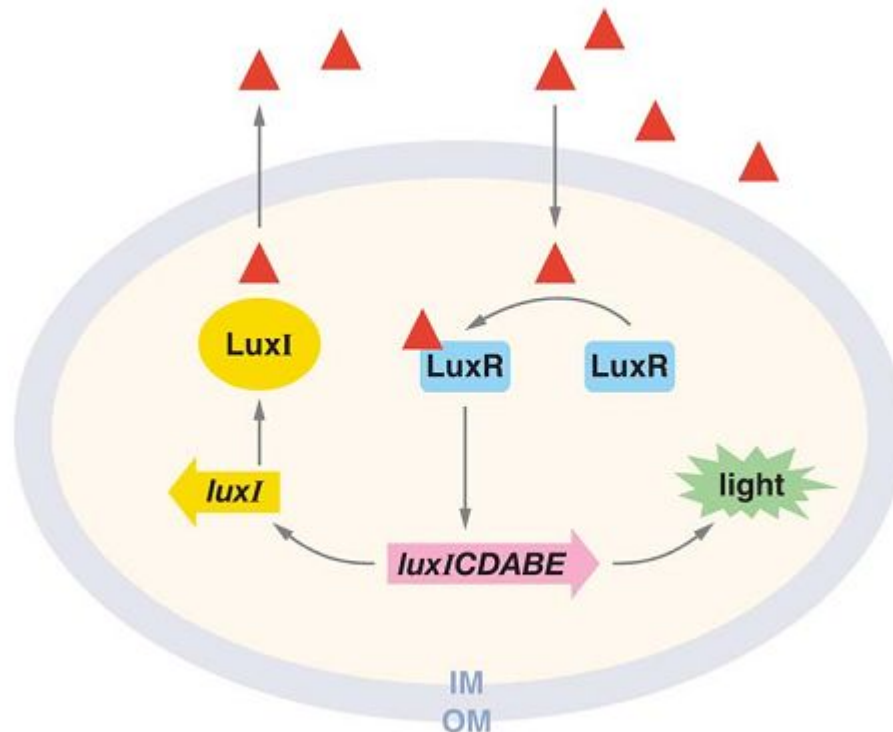
ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ *Myxococcus xanthus*



Підвищення стійкості до антибіотиків та імунних чинників хазяїна у біоплівках



Lux IR сигналінг у *Vibrio fischeri* (Грам-негативна бактерія)



luxICDABE

Оперон, гени Lux C,D,A,B,E,
кодують ферменти, що забезпечують свічення

LuxR

Білок гена Lux R -
зв'язує фактор *AHL*
активує транскрипцію

LuxI

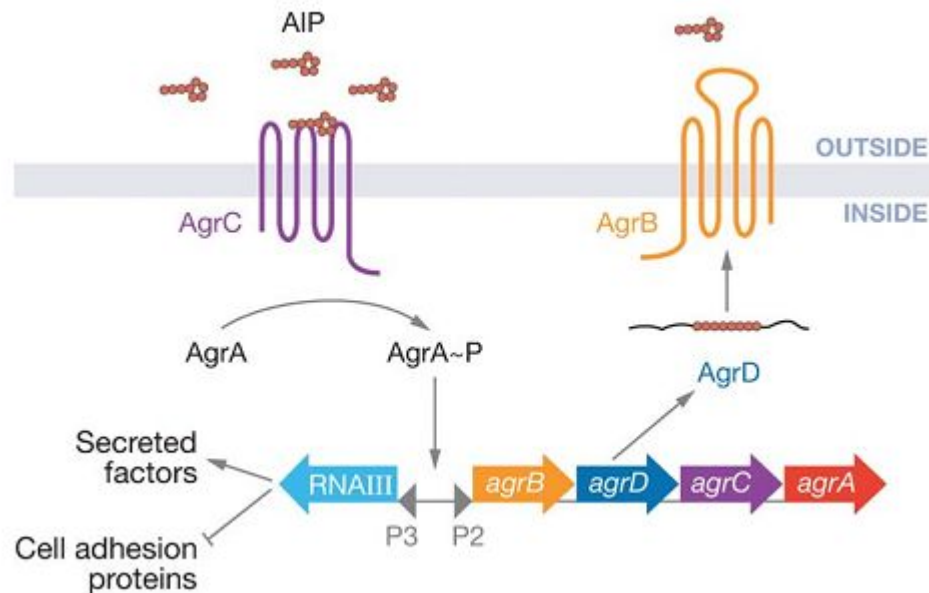
Ген, що кодує
сигнальний білок



Сигнальний білок (*AHL*)
acyl-homoserine lactone,
індукує 3-ОГЛГ *N*-(3-оксогексаноіл)-*L*-лактон гомосерин

Механізм двокомпонентної системи у *Staphylococcus aureus* (грам-позитивна бактерія)

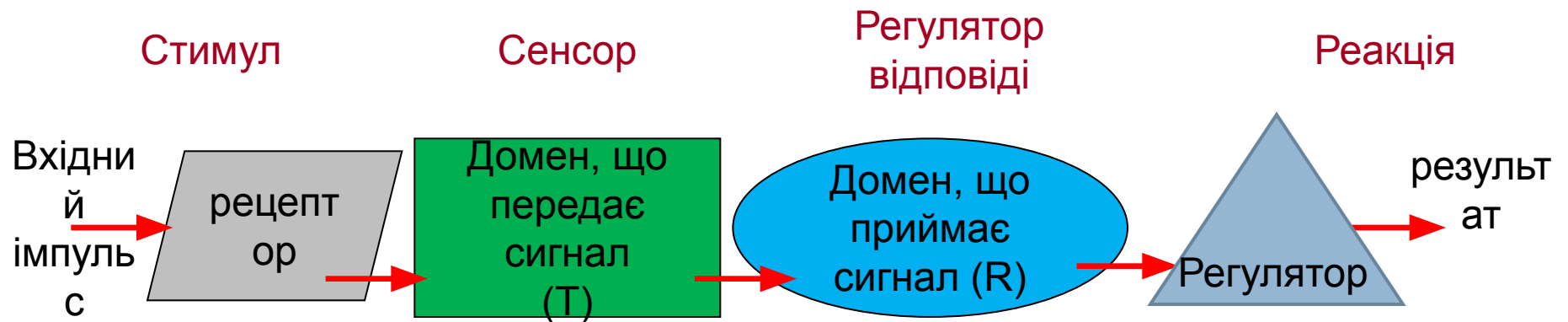
Using a two-component response regulatory system, *Staphylococcus aureus* detects and responds to an extracellular peptide. Small red circles indicate the AIP. P2 and P3 designate the promoters for *agrBDCA* and *RNAIII*, respectively.



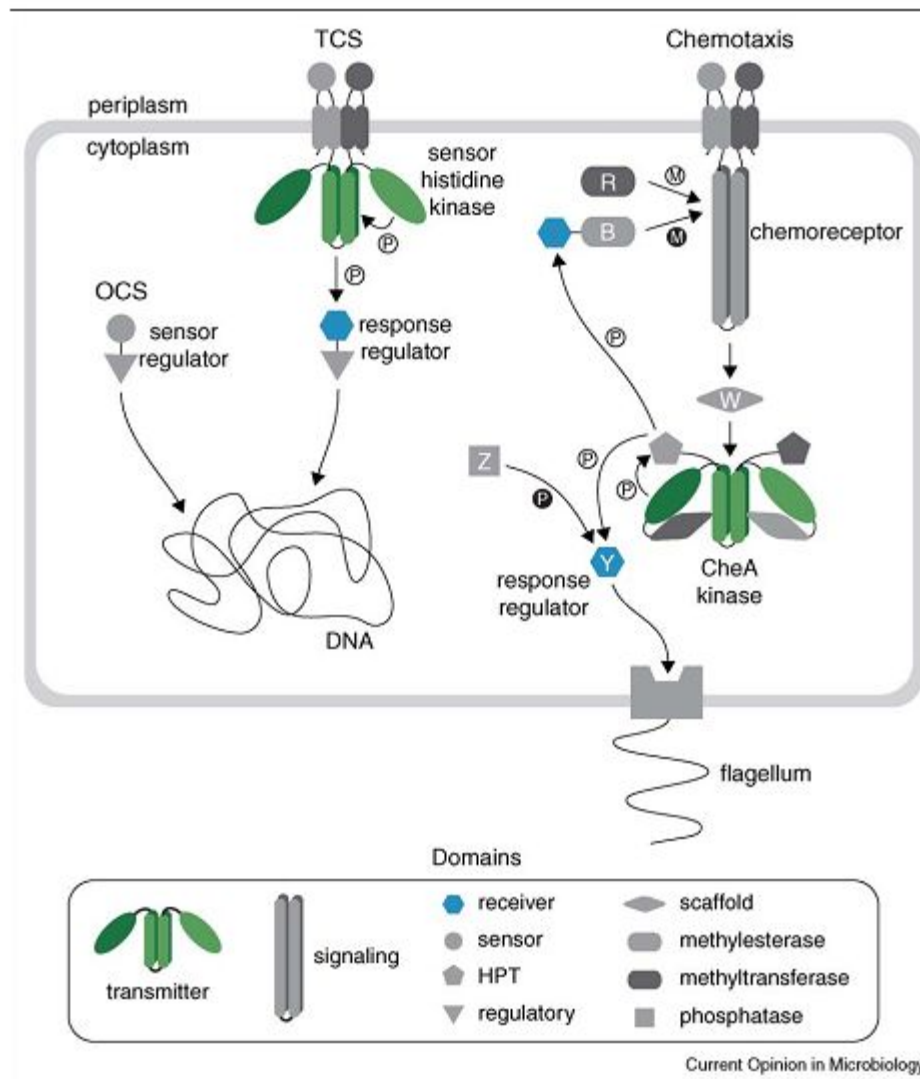
P2 і P3 – промотори оперонів *agrBDCA* та *RNAIII*

 Сигнальна молекула AIP

Структура двокомпонентних сигнальних систем



Одно- і двокомпонентні системи сигналізації у прокаріотів



Варіанти структури двокомпонентних сигнальних систем і їх поширення у різних груп організмів

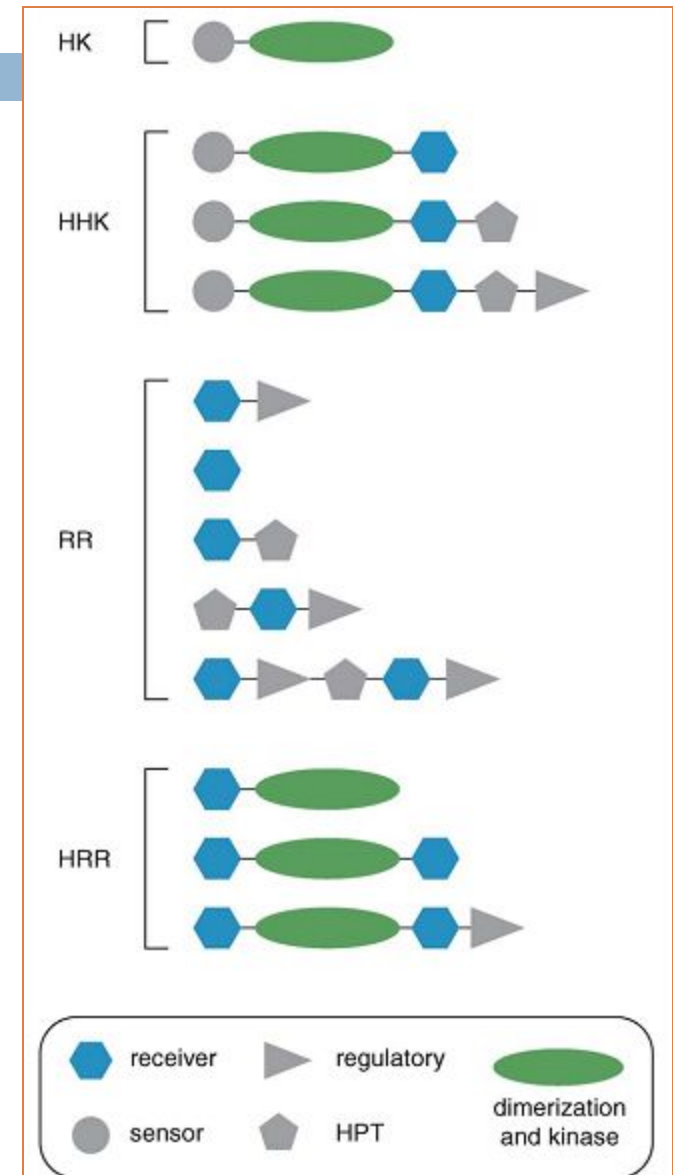
HK – сенсорна гістидин-кіназа

RR – відповідач-регулятор (receiver-regulatory)

HHK – гібридна гістидин кіназа

HRR – гібридний відповідач-регулятор

	Bacteria	Archaea	Eukarya
Genome occurrence			
Genomes	899	67	55
HK	857	30	1
RR	862	34	15
HHK	561	5	15
HRR	258	17	0
Other/HPT	220	2	15



Головні ознаки організації сигнальних систем у про- і еукаріотів

Сигнальні системи	Прокаріоти	Одноклітинні еукаріоти	Багатоклітинні еукаріоти
Хемосигнали	Гормоноподібні субстанції, амінокислоти, пептиди, поживні речовини	Гормоноподібні субстанції, пептиди, поживні речовини	Гормони, фактори росту, феромони, метаболіти
Типи сигнальних систем	Дво-, одно-мультикомпонентні	Дво-, три-мультикомпонентні	Три- і мультикомпонентні
Мембранні рецептори	З ферментною активністю (гістидинкіназа, циклаза), серпентинові	З ферментативною активністю (циклази), серпентинові	Серпантинового типу, з ферментативною (тирозинкіназною) активністю
GTP –зв'язані білки	GTP- зв'язуючі білки, гомологічні до еукаріотичних мономерів Ras- білків	$\alpha\beta\gamma$ -гетеротримерні G –білки і мономерні G –білки гомологічні до мономерів Ras- білків	$\alpha\beta\gamma$ -гетеротримерні G –білки і мономерні G –білки Ras, Raf, Rho родин

Головні ознаки організації сигнальних систем у про- і еукаріотів

Сигнальні системи	Прокаріоти	Одноклітинні еукаріоти	Багатоклітинні еукаріоти
Ферменти-циклази	Аденілат-циклаза і дигуаніліл-циклаза	Аденілат-циклаза класу III і гуаніліл-циклаза	Аденілат-циклаза класу III і гуаніліл-циклаза
сАМР	сАМР і с-diGMP, регульовані протеїн-кіназами	сАМР і сGMP, регульовані протеїн-кіназами	сАМР і сGMP, регульовані протеїн-кіназами
Сигнальні трансдукційні механізми	Фосфорилювання (His-Asp), із залученням протеїн кіназ і фосфатаз	Фосфорилювання (Ser/Thr, His) із залученням протеїн кіназ і фосфатаз	Фосфорилювання (Ser, Thr, Tyr) , із залученням протеїн кіназ і фосфатаз

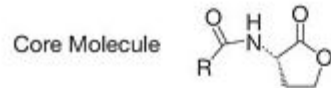
Висновки

- Міжклітинна сигналізація відіграє важливу роль у функціонуванні про- і еукаріотів.
- У бактерій домінують двокомпонентні сигнальні системи, в багатоклітинних еукаріотів мультикомпонентні
- Важливу роль в еволюції сигнальних систем відіграли дуплікація генів з їх наступною зміною, горизонтальний перенос генів.
- Еволюція сигналінгу відбувалася шляхом збільшення компонентів сигнальних систем та ускладнення їх взаємодії.

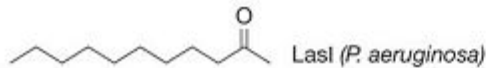
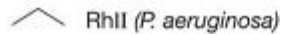
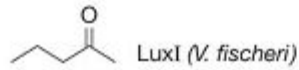
Сигнальні аутоіндуктори в прокаріотів

a

Acyl-homoserine lactones (AHL)

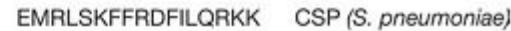
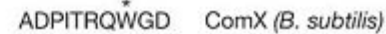
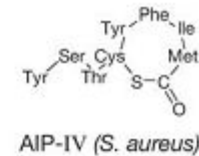
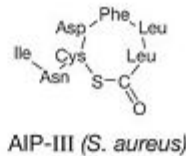
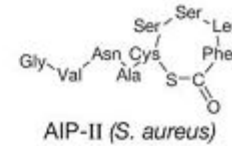
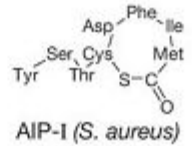


R groups:



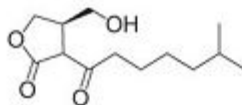
b

Oligopeptide autoinducers



c

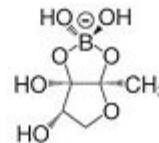
Streptomyces γ -butyrolactones



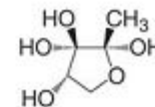
A-factor (*S. griseus*)

d

AI-2 family



V. harveyi

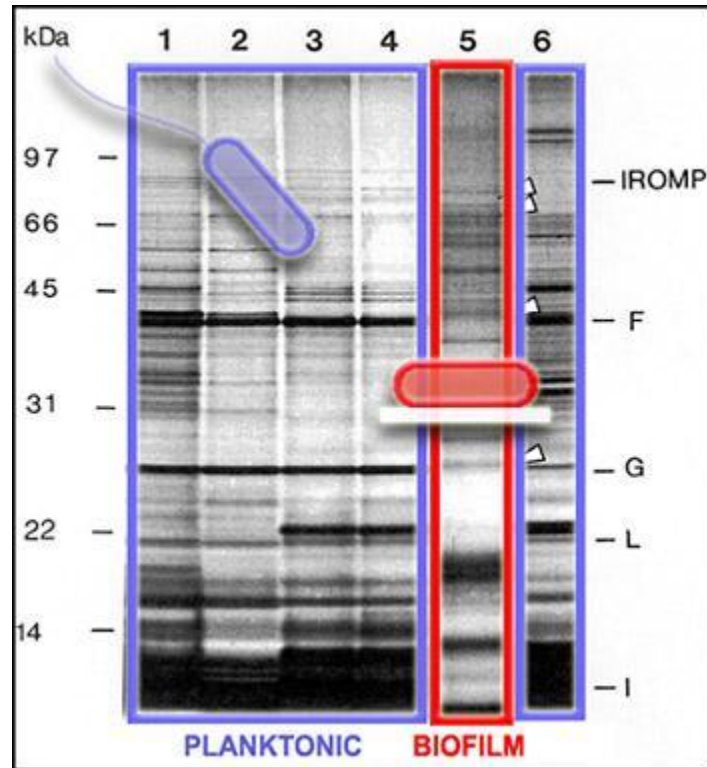


S. typhimurium

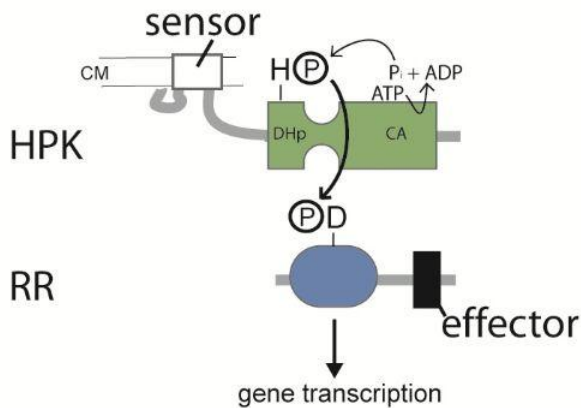
Figure 2

Representative bacterial autoinducers. The asterisk above the tryptophan in ComX represents an isoprenyl modification.

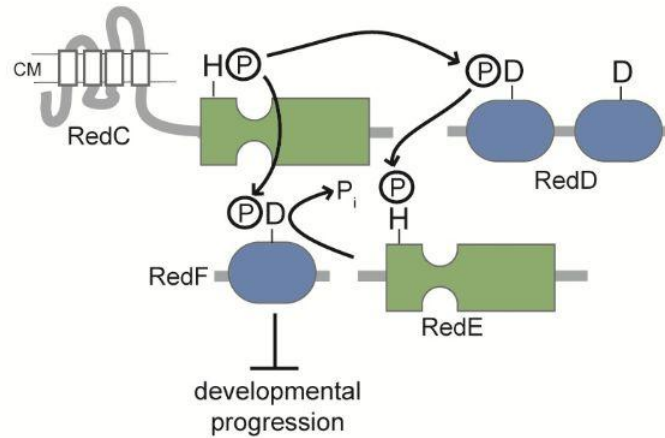
Відмінності мембранних білків одиночної клітини та клітини у біоплівці



A



B



C

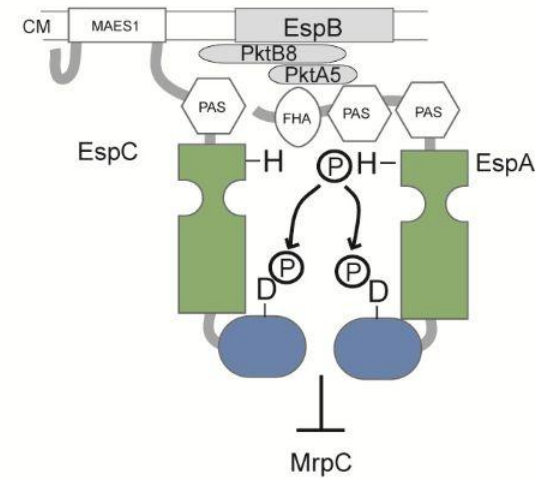
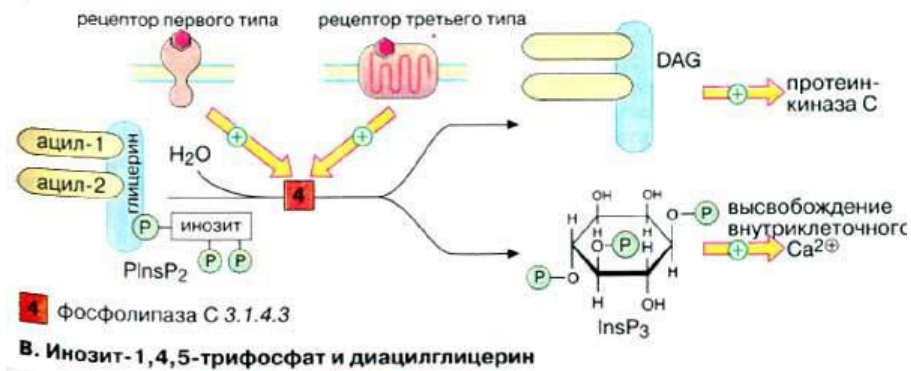
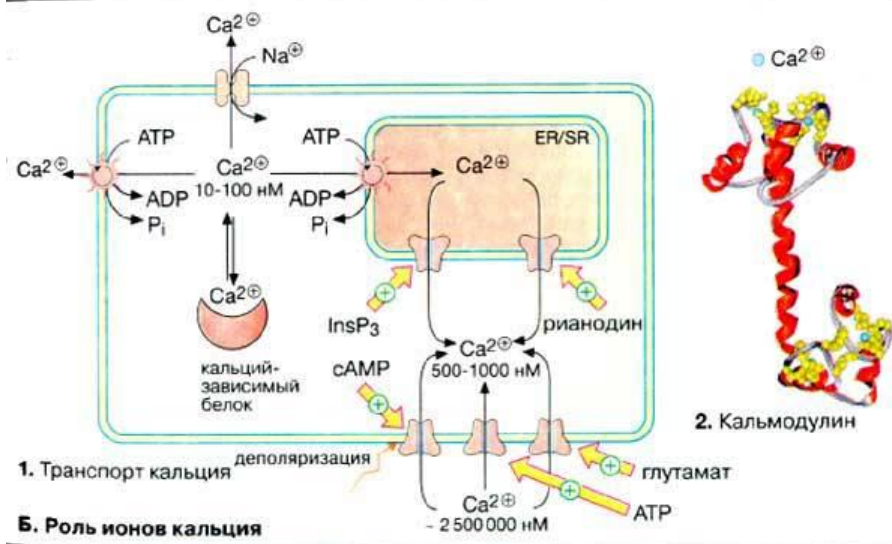
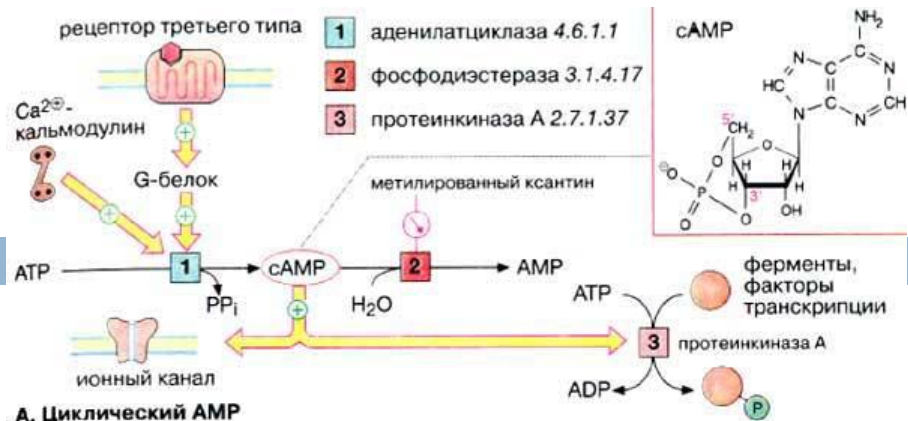
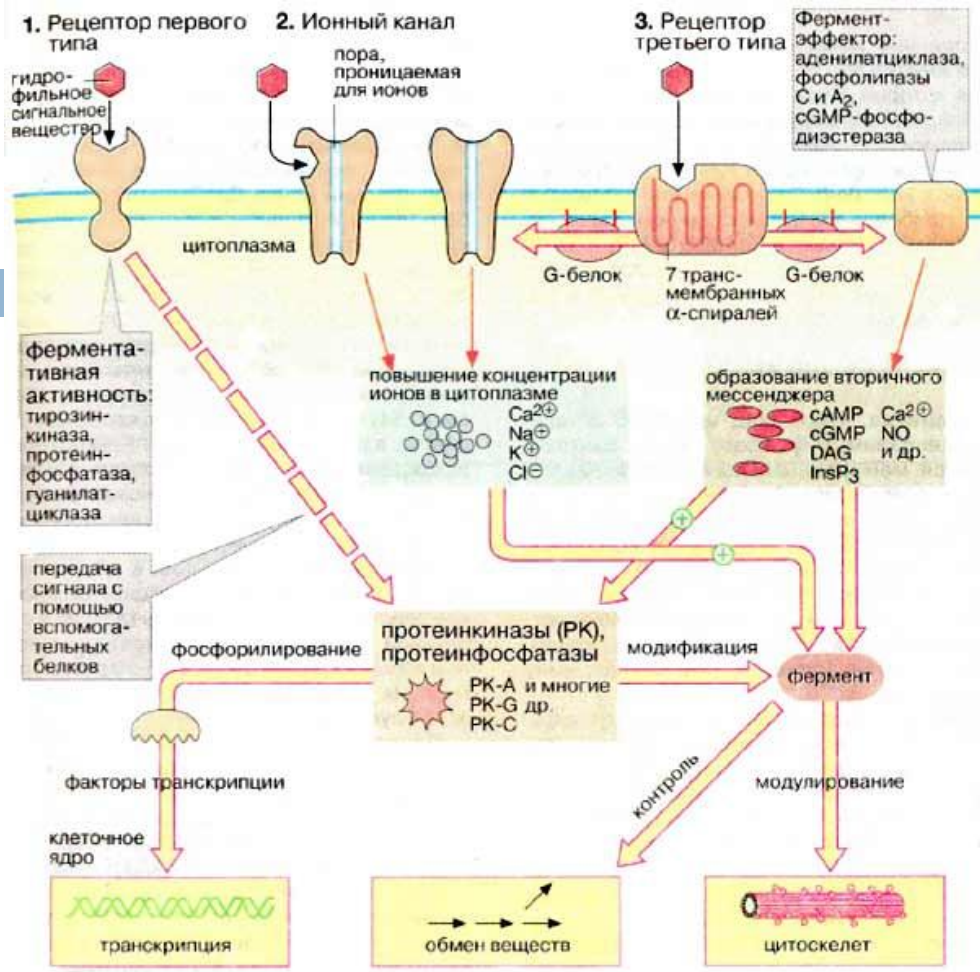


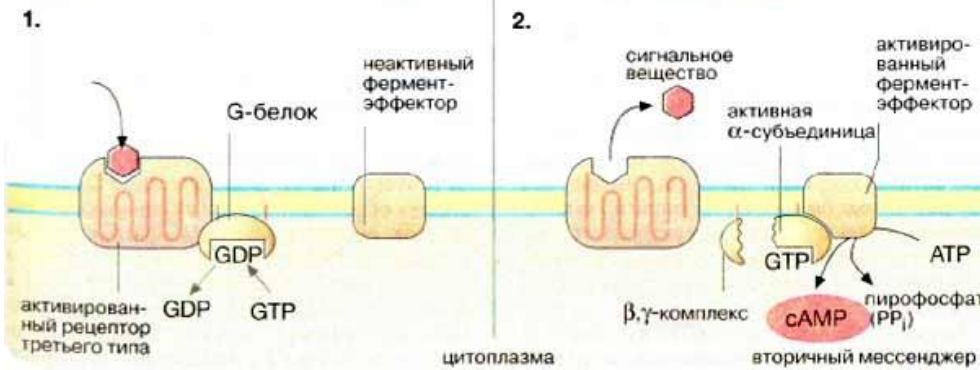
Fig. 3. Signal transduction signalling schemes. **A.** Canonical bacterial histidine aspartic acid phosphorelay signalling tem consisting of phosphotransfer between a sensor histidine protein kinase (HPK) and a response regulator (RR). **B.** The *M. xanthus* Red signalling tem consisting of an HPK (RedC), two RR proteins (RedD and RedF) and a phosphatase (RedE). RedC phosphorylates RedF to repress *M. xanthus* development. Repression is relieved when RedC instead phosphorylates RedD, RedD transfers the phosphoryl group to RedE, and RedE is activated to dephosphorylate RedF.

C. The *M. xanthus* EspAC signalling tem consisting of two histidine kinases (EspA and EspC) linked by inter-kinase phosphotransfer. The combined phosphorylation state of EspA and EspC controls accumulation of the MrpC regulatory protein





A. Механизм действия гидрофильных гормонов



B. Препараты, действующие на рецепторы