**Катерина Савіцька**

**(Одеса, Україна)**

**ВЗАЄМОДІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ**

Протягом багатьох років бактерії розглядалися переважно як автономні одноклітинні організми з невеликим потенціалом для колективної поведінки. Проте, зараз зростає розуміння, що бактеріальні клітини насправді, дуже комунікабельні [13]. Тому виникає необхідність переходу від традиційного уявлення про бактерій як строго одноклітинних організмів до визначення мікробних спільнот як цілісних структур, що регулюють свої поведінкові реакції залежно від зміни умов існування [5].

Мікроорганізми рідко зустрічаються у вигляді популяцій окремих видів, проте спостерігаються у багатьох господарів/середовищах. Отже, існує велика різноманітність типів мікробних взаємодій. Взаємодії бактерія-бактерія, бактерія-гриб, гриб-рослина/тварина, бактерія-рослина/тварина і бактерія-гриб-рослина/тварина, в тому числі паразитична і мутуалістична взаємодії включають безліч механізмів, які активно досліджуються вже тривалий час, що дозволяє розробляти стратегії управління цими взаємодіями. [11, 7].

Так, дослідження в різних середовищах існування показали, що мікробні взаємодії є невід'ємною частиною адаптації популяцій в навколишніх середовищах, таких, як: ґрунт, тварини і рослини, в тому числі і гриби або найпростіші. Багато років ко-еволюція призводить до адаптації і спеціалізації різних видів і призводить до появи великої різноманітності взаємин, які можуть сприяти різним типам співіснування, таким як мутуалістичні і ендосимбіотичні взаємини, конкурентні, антагоністичні, патогенні і паразитичні взаємовідносини [9]

Великої уваги заслуговують дослідження з мікробних взаємодій в галузі охорони здоров'я людини. Мікробні взаємодії мають вирішальне значення для успішного встановлення і підтримання колонізації та інфекції. Крім того, істотну роль також відіграють протимікробні засоби захисту господаря і фактори навколишнього середовища. Комунікація між мікроорганізмами дозволяє популяції колективно регулювати експресію генів у відповідь на сигнали господаря і навколишнього середовища, які продукуються тим же видом або навіть різними видами мікроорганізмів, що дозволяє досягти «успішних» патогенних результатів, яких неможливо досягти окремим клітинам [14].

Отже, знання механізмів, що беруть участь в мікробних взаємодіях може бути мішенню для розробки специфічних агентів, які можуть запобігти або порушити зв'язок мікроорганізмів під час інфекції і, діятимуть на зменшення факторів патогенності збудника, для отримання принципово нових підходів лікування та діагностики інфекційних захворювань [14].

Дослідження в області міжвидових конкурентних стратегій показали, що існують різні механізми, за допомогою яких бактеріальні види можуть співіснувати або домінувати над іншими організмами, конкуруючи за той же пул ресурсів.

Більшість випадків взаємодії між двома мікроорганізмами відбувається за рахунок передачі певних сигналів. Звичайно такі сигнали поділяються на дві групи: відомі метаболіти (такі як пептидоглікан, антибіотики), які спричиняють несподівані відповідні реакції з боку інших видів мікроорганізмів, а також нові вторинні метаболіти. [9]

Екологічна роль сполук, які в даний час визначаються як протимікробні препарати, тривалий час була предметом суперечок. Після вивчення транскрипційної відповіді чутливих бактерій до субінгібуючих концентрацій антибактеріальних препаратів, деякі дослідники запропонували, що функцією цих молекул в природі є дія в якості сигнальних молекул усередині і між видами. Оскільки визначення сигналювання (обміну сигналами) є надто точним, щоб включити більшість протимікробних препаратів та інших вторинних метаболітів, то ці молекули можуть діяти як вектори або хімічні оператори, а також виконувати інші функції, такі як зміни центральних метаболічних шляхів, сприяння здобуванню поживних речовин або участь у регуляції різноманітних шляхів розвитку. Наприклад, різноманітні дрібні молекули, що викликають витік калію з клітини (деякі з яких є протимікробними), також стимулюють формування біоплівки *В. subtilis* шляхом активації компонентів позаклітинного матриксу. Аналогічним чином відбувається вплив редокс-активних протимікробних молекул, включаючи феназинове похідне – піоцианін, який виробляється клітинами *P. aeruginosa* [9].

Процес інформаційного обміну бактеріальних клітин між собою отримав назву «*quorum sensing*» (QS) – «почуття кворуму». Загальний термін «почуття кворуму» був прийнятий для опису механізмів зв’язку бактеріальних клітин, які координують експресію генів, зазвичай, при досягненні високої щільності клітин у популяції. Феномен регулювання був виявлений при вивченні біолюмінесценції у морської бактерії *Vibrio fischeri*. Довгий час вважалося, що QS використовується тільки цією бактерією і тільки для регуляції процесу біолюмінесценції. Однак з’ясувалося, що QS регулювання широко поширене серед різних грамнегативних і грампозитивних бактерій, і на даний час виявлено більш ніж у 50 видів бактерій [5].

Системи типу QS відіграють ключову роль у багатьох процесах бактеріальної клітини і функціонують як глобальні фактори регуляції. Прикладами процесів, що протікають лише при досить високій щільності клітинної популяції, служать наступні явища:

- споруляція у бацил і актиноміцетів;

- стимуляція росту у стрептококів і ряду інших мікроорганізмів;

- кон'югація з перенесенням плазмід у *Enterococcus faecalis* і споріднених видів, а також у бактерій роду *Agrobacterium*;

- синтез экзоферментів та інших факторів вірулентності у фітопатогенів (*Erwinia carotovora*, *E. hyacinthii* та ін.) та патогенів тварин (*Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*);

- утворення антибіотиків представниками роду *Streptomyces*;

- формування біоплівок *Р. aeruginosa* та іншими мікроорганізмами [5]

Мікроорганізми в біоплівці демонструють зміну фенотипу, що виражається зміною параметрів зростання та експресії специфічних генів [2] Можна також виявити, що бактеріальні клітини фізично взаємодіють один з одним і підтримують "близькі" відносини [4,10].

Але, навіть без фізичного контакту, бактерії, що живуть в одному суспільстві, швидше за все виділяють невеликі позаклітинні молекули для взаємодії один з одним [10].

Формування, ріст, міграція планктонних форм клітин для колонізації в біоплівках регулюються на рівні популяції за допомогою механізмів міжклітинної комунікації [1].

Дослідження виявили, що при переході бактерій від планктонного фенотипу до формування біоплівки, процеси їх біосинтезу радикально змінюються. Клітини починають синтезувати полімери, що захищають їх і пов’язують між собою та підлеглою поверхнею. Крім того, клітини (навіть різних видів) обмінюються між собою інформацією за допомогою феромонів і інших сигнальних молекул. Скоординована активність спільноти мікробів робить біоплівки майже не вразливими для факторів захисту макроорганізму, що підвищує інтерес дослідників у медичних напрямках та охороні здоров’я [3].

Крім взаємодії «прокаріот—прокаріот» існують різноманітні варіанти систем «мікроорганізм-еукаріот». Вони включають цілий спектр можливих зв’язків: бактерія-гриб, гриб-рослина/тварина(людина), бактерія-рослина/тварина(людина) і бактерія-гриб-рослина/тварина. Кожна із цих взаємодій заслуговує на окрему увагу і ґрунтовне дослідження. Найбільш відомим варіантом такого зв’язку є мікробіота людини, яке має велике значення для захисту господаря від багатьох захворювань, спричинених патогенними мікроорганізмами або фізіологічними порушеннями; моделює імунну систему, фізіологічні та морфологічні аспекти макроорганізму [7].

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Висока здатність бактеріальних популяцій координувати свою поведінку за допомогою клітинної спілкування наразі є чітко встановленим явищем. Існує значна кількість опублікованих робіт, що визначають молекулярні механізми, за допомогою яких бактеріальні клітини «спілкуються». Однак, більшість бактеріальних видів не живуть в ізоляції тому, не дивно, що сигнальні молекули Quorum sensing впливають як на інші мікроби так і вищі організми (рослини і тварини).

Активне вивчення усіх можливих форм, видів взаємодій мікроорганізмів (як між собою, так і з еукаріотами), дослідження механізмів цих зв’язків, їх поширеність та особливості, відкривають широкі можливості для пошуку принципово нових підходів (та вдосконалення вже існуючих методів) у діагностиці бактеріальних захворювань та їх лікуванні, створенні нових препаратів; для вирішення екологічних проблем, потреб промисловості та ін..

**Література:**

1. *Винник Ю. С., Серова Е. В., Андреев Р. И., Перьянова О. В., Рукосуева Т. В., Лейман А. В., Мичуров Е. И*. Особенности формирования микробных биоплёнок на различныхсубстратах. возможность изучения биоплёнок на желчних конкрементов // ВДХУ: Біологія. – 2014. – Т. 21, № 2. – С. 1–8.
2. *Воробєй Є. С., Воронкова О. С., Вінніков А. І.* Бактеріальні біоплівки. Quorum sensing – «відчуття кворуму» у бактерій в біоплівках // Вісник Дніпропетровського універси2тету. Біологія. Екологія. – 2012. – Т. 1, № 20. – С. 13–22.
3. *Сідашенко О. І., Воронкова О. С., Сірокваша О. А., Вінніков А. І.* Біоплівка як особлива форма організації бактерій та її роль в інфекційних процесах // Вісник проблем біології і медицини. – 2013. –Т. 2 (103), № 3. – С. 36 – 41.
4. *4. Хмель А. М., Белик А. С., Зайцева Ю. В., Данилова Н. Н*. *Quorum sensing* и коммуникация бактерий // Вестн. Моск. Ун-та. Сер.: Биология. – 2008. – № 1. – С. 33-39.
5. *Шуб Г. М*. Микробные сообщества // Саратовский науч.-мед. журн. – 2010. – Т. 6, № 2. – С. 245–247.
6. *Cugini C., Calfee M. W., Farrow J.M. 3rd, Morales D.K., Pesci E.C, Hogan D.A.* Farnesol, a common sesquiterpene, inhibits PQS production in *Pseudomonas aeruginosa* // Mol. Microbiol. – 2007. – Vol. 65. – Р. 896 – 906.
7. *DiGiulio D. B.* Diversity of microbes in amniotic fluid // Semin. Fetal. Neonatal. Med. – 2012. – Vol. 17. – Р. 2–11.
8. *E. H., Fuqua C., Parsek M. R.* Bacterial competition: surviving and thriving in the microbial jungle // Nat. Rev. Microbiol. – 2010. – Vol. 8, № 1. – Р. 15 – 25.
9. *Eliz A. S., Kolter R*. New developments in microbial interspecies signaling // Curr. Opin. Microbiol. – 2009. – Vol. 12, № 2. – P. 205–214.
10. *Evab B., Meehan C. J., Whidden C*. Interactions in the microbiome: communities of organisms and communities of genes // FEMS Microbiol. Rev. – 2014. – Vol. 38. – Р. 90 – 118
11. *Jimenez P.N., Koch G., Thompson J.A., Xavier K.B., Cool R.H., Quax W.J.* The multiple signaling systems regulating virulence in Pseudomonas aeruginosa // Microbiol Mol Biol Rev. – 2012. – № 76. – Р.46 – 65.
12. *Rickard A. H., Palmer R. J., Blehert D. S.* Autoinducer 2: a concentration-dependent signal for mutualistic bacterial biofilm growth // Mol. Microbiol. – 2006. – Vol. 60. – Р. 1446 – 1456.
13. *Williams, P.* Bacterial cell-to-cell communication [Текст] / P. Williams // Phil. Trans. R. Soc. B. – 2007. – № 362. – Р. 1119–1134.
14. *Yung H. Li, Tian X.* Quorum sensing and bacterial social interactions in biofilms // Sensors. – 2012 – Vol. 12. – Р. 2519 – 2538.

**Науковий керівник:**

**кандидат біологічних наук, доцент Русакова М. Ю.**