Intracellular transformations in bacteria as a response to external factors: molecular spectroscopic characterization

Kamnev A.A., Tugarova A.V.

Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

E-mail: aakamnev@ibppm.ru; a.a.kamnev@mail.ru

Key message. Examples are considered of using molecular spectroscopy techniques (Fourier transform infrared, Raman and Mössbauer spectroscopies) in monitoring the responses of bacteria to stresses.

Keywords: molecular spectroscopic analysis, Fourier transform infrared spectroscopy, Raman spectroscopy, Mössbauer spectroscopy, *Azospirillum*

The use of molecular spectroscopy techniques in the analysis of various structural features and composition of a wide variety of objects in recent decades has been steadily developing in line with the development of electronics and instrumentation in laboratories both in scientific institutions and in industrial enterprises. In the field of life sciences, molecular spectroscopy techniques are particularly useful as they allow one to study at the molecular level (often in the mode of non-destructive analysis) not only the structure and composition of biomaterials, but also various intermolecular interactions, the importance of which cannot be overestimated for the functioning of organisms. In this lecture, some examples will be considered of applications, primarily, of vibrational spectroscopy techniques (Fourier transform infrared spectroscopy in its various methodological variants, Raman spectroscopy) [1] for studying the responses of bacteria (using the examples of azospirilla) to external factors, as well as of Mössbauer (nuclear gamma-resonance) spectroscopy [2,3] which allows, in particular, the state of intracellular iron, one of the most important trace elements, and its changes to be monitored *in situ*. The possibilities of monitoring the accumulation and studying the intracellular properties of reserve biopolymers (poly-3-hydroxybutyrate in bacteria of the genus *Azospirillum*) and their changes during growth of bacteria under various stresses will be demonstrated. One of the interesting novel effects is the change in the state of intracellular iron found in azospirilla in the course of drying (lyophilization) of cellular biomass [2], which may be a natural strategy to avoid damage to cells in the dormant state (dried living biomass) as a result of redox transformations (e.g., the Fenton reaction) in the presence of cellular Fe(II).

This work was supported in part by The Russian Foundation for Basic Research (grants 17-08-01696-a, 19-13-50160).

Внутриклеточные превращения у бактерий как отклик на внешние воздействия: молекулярно-спектроскопическая характеристика

Камнев А.А., Тугарова А.В.

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов Российской академии наук, Саратов, Россия

Аннотация. Рассмотрены примеры использования методов молекулярной спектроскопии (инфракрасная фурье-спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния, мёссбауэровская спектроскопия) для изучения откликов бактерий на стрессы.

Ключевые слова: молекулярно-спектроскопический анализ, инфракрасная фурье-спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния, мёссбауэровская спектроскопия, *Azospirillum*

Использование методов молекулярной спектроскопии в анализе различных структурных особенностей и состава самых разнообразных объектов в последние десятилетия стабильно развивается благодаря развитию электроники и приборного оснащения лабораторий как в научных организациях, так и на промышленных предприятиях. В области наук о жизни методы молекулярной спектроскопии особенно полезны тем, что позволяют на молекулярном уровне (часто и в режиме неразрушающего анализа) не только изучать структуру и состав биоматериалов, но и отслеживать различные межмолекулярные взаимодействия, важность которых для функционирования организмов невозможно переоценить. В настоящей лекции будут рассмотрены некоторые примеры использования в первую очередь методов колебательной спектроскопии (инфракрасная фурье-спектроскопия в ее различных методологических вариантах, спектроскопия комбинационного рассеяния) [1] для исследования откликов бактерий (на примере азоспирилл) на внешние воздействия, а также метод мёссбауэровской (ядерной гамма-резонансной) спектроскопии [2,3], позволяющий, в частности, контролировать *in situ* состояние внутриклеточного железа, одного из важнейших микроэлементов, и его изменения. Будут продемонстрированы возможности мониторинга накопления и изучения внутриклеточных свойств резервных биополимеров (поли-3-гидроксibuтирата у азоспирилл) и их изменений в процессе роста бактерий под воздействием различных стрессов. Одним из интересных новых эффектов является обнаруженное у азоспирилл изменение состояния внутриклеточного железа в процессе высушивания (лиофилизации) клеточной биомассы [2], что может быть связано с необходимостью предотвращения повреждения клеток в dormantном состоянии (высушенная живая биомасса) в результате редокс-превращений типа реакции Фентона в присутствии клеточного Fe(II).

Работа выполнена при частичной поддержке грантами РФФИ 17-08-01696-a, 19-13-50160.

1. Kamnev A.A. *et al.* Spectrochim. Acta Part A: Mol. Biomol. Spectrosc. 193 (2018) 558-564.
2. Kamnev A.A. *et al.* Spectrochim. Acta Part A: Mol. Biomol. Spectrosc. 229 (2020) 117970.
3. Kamnev A.A., Tugarova A.V. Talanta 174 (2017) 819-837.