

## Эволюция бактериального генома в системе симбиоза

Проворов Н.А.<sup>1,\*</sup>, Тихонович И.А.<sup>1,2</sup>, Андронов Е.Е.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, С.-Петербург, Пушкин, 196608, ш. Подбельского, д. 3.

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, С.-Петербург, 199034, Университетская наб., д. 7/9.

<sup>3</sup> Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, 109017, Пыжевский пер., 7, стр. 2.  
e-mail: provorovnik@yandex.ru

**doi:** 10.21519/0234-2758-2018-S-42-42

Вступление в симбиоз с эукариотами – одна из основных стратегий эволюции бактерий, связанная с глубокими изменениями их геномов. Возникновение факультативных симбиозов обычно сопровождается увеличением бактериальных геномов и их преобразованием в многокомпонентные формы – разделением на несколько репликонов (кольцевые и линейные хромосомы, мегаплазмиды, хромиды). При этом возрастает генетическая пластичность бактерий, связанная с накоплением инсерционных и повторяющихся последовательностей ДНК, а также с расширением акцессорной части генома, основанном на интенсификации горизонтального переноса генов. Образование строго облигатных, не способных к автономному существованию симбионтов, напротив, сопровождается резким уменьшением размеров генома, которые у некоторых эндоцитобионтов насекомых составляют лишь 140-160 т.п.н. Наиболее глубокая редукция генома произошла при трансформации симбиотических бактерий в клеточные органеллы: некоторые из них (митосомы, многие гидрогеносомы, некоторые пластиды) лишены геномов, хотя частично сохраняют протеомную идентичность предковых бактерий.

Выявленные у симбиотических бактерий преобразования геномов сопровождаются формированием партнерами целостных систем наследственности – хологеномов и симбиогеномов. На примере N<sub>2</sub>-фиксирующего бобово-ризобияльного симбиоза показано, что целостность симбиогенома основана на сигнально-рецепторных отношениях, которые определяют развитие клеточных структур и выполнение биохимических функций симбиоза. С использованием уникальной модели “*Vavilovia formosa* – *Rhizobium leguminosarum*” мы показали, что у ризобий эволюция систем симбиоза основана на стратегии “утраты и приобретения генов”, определяемой высокой мобильностью *sym*-генов в ассоциированных с растениями микробных сообществах. На поздних стадиях симбиогенеза эволюция хологенома основана на массивном переносе информационных макромолекул – продуктов действия генов (РНК, белков), а также на эндосимбиотическом переносе генов между органеллами и ядром. Происходящая при этом утрата генетической индивидуальности бактерий может быть описана с помощью моделей межвидового (симбионт→хозяин) альтруизма, определяющего преобразование холобионта в единый организм.

Характеристика симбиогенных преобразований генома позволила приступить к разработке методов симбиотической инженерии бактерий, основанной на усилении активности позитивных регуляторов симбиоза, на репрессии его негативных регуляторов, а также на введении новой наследственной информации, стимулирующей развитие макроорганизмов-хозяев.

*Работа поддержана РФФ, грант 14-26-00094П.*