

УДК 579.64

К ТЕРМИНУ «ЭНДОФИТНЫЕ БАКТЕРИИ»

Р.М. Хайруллин, Е.Р. Сарварова

Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, Уфа, Россия, molgen@anrb.ru

На основе экспериментальных работ и теоретических исследований предлагается авторское определение термина «эндофитные бактерии».

Ключевые слова: эндофитные бактерии, механизмы проникновения, терминология.

Наличие множества высокоточных современных методов физико-химической и молекулярной биологии заставляет сомневаться многих исследователей в актуальности вопросов терминологии, относящейся к микроорганизмам. Однако выявление у них новых свойств или критический обзор уже известных с целью систематизации знаний, порой, ставят вопросы, ответы на которые, казалось

бы, известны всем специалистам. Это, на наш взгляд, относится к термину «эндофитные бактерии». В ряде работ, проведенных нами, а также коллегами лаборатории выявлено, что *in vitro* при нанесении бактерий рода *Bacillus* на неповрежденную поверхность листьев растений или на агаровую среду клетки одних штаммов или подвидов были способны проникать внутрь тканей, тогда как других

– не проявляли такое свойство. В дополнении искусственные или природные (насекомые) механические повреждения растений увеличивали концентрацию микробных клеток в растительных тканях, что было ожидаемо. Из тканей растений некоторых видов, выделяющих при поранении млечный сок, эндофиты не выделялись, или их количество было относительно небольшим. В связи с этим возникает несколько вопросов. 1) Если через повреждения во внутренние ткани растений могут проникнуть клетки любых видов бактерий, встречающихся в фитоценозах, то всех ли можно назвать эндофитами? 2) Как можно объяснить факт, что некоторые виды бактерий, например, *Lactobacillus* sp., редко выявляются внутри растительных тканей, несмотря на высокую частоту встречаемости в филлоплане отдельных видов растений. 3) Почему одни представители рода *Bacillus* могут проникать внутрь растений без механических повреждений тканей, тогда как другие не способны к этому.

Значительное число научных статей, опубликованных 2–3 года назад (например, цитируемых в обзорной работе Haridoim et al., [2015]) свидетельствует о не слабеющем интересе к вопросу: «Кто же такие – эндофиты?». В настоящее время существует, по крайней мере, не менее десяти определений термина «эндофит», относящихся к микроорганизмам [Hyde, Soyton, 2008; Gaiero et al., 2013], в том числе, например в России, в реестре стандартов (ГОСТ 21507-76). Мы считаем, что к эндофитам трудно отнести микроорганизмы, проникающие в растительные ткани через механические повреждения (вследствие обработки почвы различными орудиями или при повреждении насекомыми) и способные некоторое время жить внутри растения или переходить в некультивируемое состояние. Выделение млечного сока у некоторых видов растений приводит к моментальной закупорке ран и, как следствие, перекрывает доступ микроорганизмам во внутренние ткани, но бактерии, приспособившиеся в ходе эволюции к такому ответу растений и способные выживать внутри макроорганизма без нанесения ему вреда, можно отнести к эндофитам. Исходя из этого, согласно Hyde и Soyton

[2008], справедливо обсуждать эндофитность в аспекте эволюции взаимоотношений макро- и микроорганизма. Обсуждая генетический аспект эндофитности, и, мы добавим, вопросы выделения из растительных тканей некультивируемых форм бактерий, отдельные исследователи рассматривают эндофитов как набор микробных геномов, локализованных внутри органов растений («... microbial genomes located inside plant organs» [Bulgarelli et al., 2013], цитировано по Gaiero J.R. et al., 2013). Интересным в аспекте обсуждения свойств эндофитности является, на наш взгляд, способность бактерий проникать в растительные ткани через устьицы с помощью жгутиков. Так было показано, что мутация в генах флагеллинов *flaA* (*Listeria monocytogenes*) или *flaC* (*Escherichia coli* O157:H7) у патогенных для человека бактерий приводит к потере имевшейся у них способности проникать внутрь растений [Gorski, Duhe, Flaherty, 2009; Xicohtencatl-Cortes et al., 2009].

Кроме указанных вопросов в научной литературе обсуждаются свойства эндофитов стимулировать рост растений, для чего вводится термин PGPEB (Plant Growth Promoting Endophytic Bacteria, Tsuchiya Kenichi [2009]) или PGPE (Plant Growth Promoting Endophytes), [Егоршина, 2012].

На наш взгляд, определение «эндофитные бактерии» может быть следующим: эндофитные бактерии – бактерии, проникающие во внутренние растительные ткани без повреждений, вызванных воздействием других факторов, и способные жить внутри растений, не нанося им вреда». Свойство «проникать без повреждений» предполагает способность бактерий внедряться в ткани без механических повреждений, например, через устьица, или используя собственные ферментные системы, разрушающие покровные ткани органов растений, свойство «жить» – отсекает переход от способности размножаться вне растений к некультивируемой форме существования внутри растений и обусловленную этим бессимптомность (или не нанося вреда). Эти и другие аспекты экспериментальной работы и теоретических изысканий обсуждаются в докладе.

Библиографический список (References)

- ГОСТ 21507-76. Защита растений. Термины и определения.
Егоршина А.А. Биологическая активность эндофитных штаммов *Bacillus subtilis* Cohn, перспективных в качестве основы новых препаратов для растениеводства. Дисс. канд. биол. наук. Уфа, 2012. С.13.
Gaiero J.R., McCall C.A., Thompson K.A., Day N.J. et al. Inside the Root Microbiome: Bacterial Root Endophytes and Plant Growth Promotion // American Journal of Botany. 2013. V.100. N 9. P.1738–1750.
Gorski L., Duhe J.M., Flaherty D. The Use of Flagella and Motility for Plant Colonization and Fitness by Different Strains of the Foodborne Pathogen *Listeria monocytogenes* // PLOS 2009. V.4. N 4. e5142.
Haridoim P.R., van Overbeek L.S., Berg G., Pirttilä A.M. et al. The Hidden World within Plants: Ecological and Evolutionary Considerations for Plant Protection News, 2016, 3(89), p. 175–176
- Defining Functioning of Microbial Endophytes // Microbiology and Molecular Biology Reviews 2015. V. 79. N 3. P.293–320.
Hyde K. D., Soyton K. The Fungal Endophyte Dilemma. // Fungal Diversity. 2008. V. 33. P.163–173.
Kenichi Tsuchiya. Development of the Biological Control Method of the Difficulty Prevention Plant Blight using the Function of Plant Endophytic Bacteria. 2009. <http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/en/recordID/51769?hit=1&caller=xc-search> (15.02. 2016)
Xicohtencatl-Cortes J., Chaco E.S., Saldan Z., Freer E. et al. Interaction of *Escherichia coli* O157:H7 with Leafy Green Produce // Journal of Food Protection. 2009. V. 72. N 3. P.1531–1537.

TO THE TERM «ENDOPHYTIC BACTERIA»

R.M. Khairullin, E.R. Sarvarova

Institute of Biochemistry and Genetics Ufa Scientific Centre RAS, molgen@anrb.ru

On the basis of experimental work and theoretical studies the definition of the term «endophytic bacteria» is proposed.