

УДК 577.2.08:681.3

СОВМЕСТНАЯ МЕТАБОЛИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТЛИ *Acyrtosiphon pisum* И СИМБИОТИЧЕСКОЙ БАКТЕРИИ *Buchnera aphidicola* STR. APS

© 2009 г. Д. И. Ракитин¹, М. С. Гельфанд^{2,3*}

¹ Биологический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, 119899

² Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук, Москва, 127994

³ Факультет биоинженерии и биоинформатики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, 119992

Поступила в редакцию 18.04.2009 г.

Принята к печати 21.05.2009 г.

Ключевые слова: эндоцитобиоз, синтез аминокислот.

CO-METABOLIC ACTIVITY OF APHID ACYRTHOSIPHON PISUM AND SYMBIOTIC BACTERIUM BUCHNERA APHIDICOLA STR. APS, by D. I. Rakitin¹, M. S. Gelfand^{2,3*} (¹Department of Biology, Moscow State University, Moscow, 119899 Russia; ²Kharkevich Institute for Information Transmission Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, 127994 Russia; ³Department of Bioengineering and Bioinformatics, Moscow State University, Moscow, 119992 Russia; *e-mail: gelfand@iitp.ru).

Key words: endocytobiosis, syntheses of amino acid.

Явление симбиоза широко распространено в природе и присуще многим группам растений и животных. Частным его случаем является эндоцитобиоз, при котором симбионт живет непосредственно в клетках хозяина. В результате эндоцитобиоза возрастает биоразнообразие, возникают организмы с новыми свойствами, обеспечивающими их существование в экстремальных условиях [1].

Многие тли (Hemiptera: Aphididae), как и прочие насекомые отряда Homoptera, питаются флоэмным соком растений [2]. В связи с тем, что этот сок содержит лишь 20% незаменимых аминокислот, необходимых для нормального развития и жизнедеятельности тлей [3], последние “вынуждены вступать” в симбиотические отношения с эндоцитобиотическими бактериями рода *Buchnera*, которые восполняют недостающие питательные вещества. Эти бактерии располагаются в организме тли в клетках, называемых бактериоцитами [4].

За исключением синтеза метионина, бактерия *B. aphidicola* APS – симбионт тли *Acyrtosiphon pisum* – биосинтезирует все незаменимые для насекомого аминокислоты такие, как аргинин, валин, лейцин, изолейцин, лизин, треонин, гистидин, фенилаланин и триптофан [5].

Мы провели поиск генов, отвечающих за функционирование указанных метаболических путей в

геноме *B. aphidicola* APS, используя программу GenomeExplorer [6] и сравнивая эти гены с генами тех же метаболических путей кишечной палочки (*Escherichia coli*); последняя принадлежит, как и *Buchnera*, к семейству Enterobacteriaceae.

Производили поиск ортологов каждого из этих генов в рассматриваемом геноме при помощи процедуры выделения “наилучшего двустороннего совпадения”. При этом обнаружили, что в геноме *B. aphidicola* APS отсутствуют гены *ilvE*, *ilvA*, *aspC*, кодирующие белки для нескольких реакций путей синтеза валина, лейцина, изолейцина и аспартата, хотя данные из литературных источников [6], свидетельствуют о том, что конечный химический продукт этих метаболических путей имеется в организме тли.

Одно из возможных объяснений этого парадокса – то, что недостающие гены находятся в геноме насекомого-хозяина, а процесс синтеза аминокислот распределен между симбиотическим и хозяйским организмами. Сравнительный геномный анализ показал, что к ферментам путей синтеза валина, лейцина и изолейцина и аспартата, гены которых отсутствуют в геноме *B. aphidicola* APS, относятся ферменты конечных стадий синтеза валина, лейцина и изолейцина, за которые ответствен ген *ilvE*, а также ферменты первой реакции на пути синтеза аспартата (ген *aspC*) и первой реакции синтеза изолейцина из треонина (ген *ilvA*) (рисунок).

* Эл. почта: gelfand@iitp.ru

2. Pollard D.G. 1973. Plant penetration by feeding aphids (Hemiptera: Aphidoidea): a review. *Bull. Ent. Res.* **62**, 631–714.
3. Sandström J., Telang A., Moran N.A. 2000. Nutritional enhancement of host plants by aphids – a comparison of three aphid species on grasses. *Insect. Physiol.* **46**, 33–40.
4. Moran N.A., Russell J.A., Koga R., Fukatsu T. 2005. Evolutionary relationships of three new species of Enterobacteriaceae living as symbionts of aphids and other insects. *Appl. Environ. Microbiol.* **71**, 3302–3310.
5. Zientz E., Dandekar T., Gross R. 2004. Metabolic interdependence of obligate intracellular bacteria and their insect hosts. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* **68**, 745–770.
6. Миронов А.А., Виокурова Н.П., Гельфанд М.С. 2000. Программное обеспечение анализа бактериальных геномов. *Молекуляр. биология.* **34**, 253–262.
7. Altschul S.F., Madden T.L., Schäffer A.A., Zhang J., Zhang Z., Miller W., Lipman D.J. 1997. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Res.* **25**, 3389–3402.
8. Kovaleva G.Y., Bazykin G.A., Brudno M., Gelfand M.S. 2006. Comparative genomics of transcriptional regulation in yeasts and its application to identification of a candidate alpha-isopropylmalate transporter. *J. Bioinform. Comput. Biol.* **4**, 981–998.