

УДК 632.938.2

Г. Л. Бурьгин^{1,2}, Ю. В. Красова¹, Ю. В. Горшков³,
О. В. Ткаченко², С. Ю. Щеголев¹

¹Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,
410049, Россия, г. Саратов, просп. Энтузиастов, 13,

²Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова,
410012, Россия, г. Саратов, Театральная пл., 1,
buryingl@gmail.com,

³Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН,
420111, Россия, г. Казань, ул. Лобачевского, 2/31,
gvy84@mail.ru

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ МАКРОМОЛЕКУЛЫ КАК АКТИВАТОРЫ ФИТОИММУНИТЕТА

Ключевые слова: фитоиммунитет, бактерии, рецепторы, флагеллин, липополисахарид.

Негативное влияние фитопатогенных бактерий на урожайность сельскохозяйственных культур огромно и широко распространено во всём мире. Перспективным направлением борьбы с бактериальными болезнями растений является применение рост-стимулирующих ризосферных микроорганизмов, являющихся антагонистами патогенов. Однако в большинстве случаев механизмы взаимодействия между бактериями разных видов остаются неизвестными. Одним из наиболее вероятных путей повышения устойчивости инокулированных растений к фитопатогеном является повышение уровня системной устойчивости под действие ризосферных бактерий [1].

Бактериальными активаторами, непосредственно воздействующими на фитоиммунитет растений, являются поверхностные макромолекулы, описанные для животных как О- и Н-антигены. В последние годы существенно расширилось наше понимание молекулярных механизмов взаимодействия бактериальных макромолекул с растительными организмами, за счёт установления функционирования несколько растительных рецепторов к бактериальным флагеллинам и липополисахариду [2, 3]. В частности, для флагеллин-связывающего рецептора FLS2 с помощью рентгеноструктурного анализа установлены параметры специфического узнавания бактериального лиганда [4], что позволяет сравнивать флагеллины бактерий по их активности связывания с рецептором.

В докладе будут обсуждены достижения мировой науки последних лет в области изучения рецепции растениями бактериальных макромолекул, являющихся активаторами реакций фитоиммунитета. На примере ризосферных рост-стимулирующих бактерий родов *Azospirillum* и *Ochrobactrum*, имеющих существенные различия в аминокислотных последовательностях в составе «узнаваемых» растениями фрагментов флагеллинов, установлена существенно более высокая активность флагеллина бактерий *Ochrobactrum* в активации ответных реакций растений. Также предполагается, что гликозилирование флагеллинов бактерий рода *Azospirillum* [5] является одним из важных аспектов снижения фитоиммунитета при колонизации этими бактериями растений.

Для бактериальных липополисахаридов некоторых ризосферных бактерий, в отличие от флагеллинов, показана стимулирующая активность по отношению к растениям [6] на фоне активации салицилатного пути фитоиммунитета. Несмотря на слабое изучение молекулярных механизмов активации ответных реакций растений на действие липополисахаридов, в 2018 году был описан первый растительный рецептор к липиду А этих макромолекул [3]. Однако многогранность эффектов, оказываемых липополисахаридами на растения, позволят предположить существования нескольких типов рецепторов, в том числе на специфический олигосахаридный компонент О-антигена.

В целом, накопленная информация об активации бактериальными макромолекулами реакций фитоиммунитета позволяет использовать флагеллины и липополисахариды для регуляции гормонального статуса растений и повышения их устойчивости к патогенам *in vitro*. Кратковременность оказываемых эффектов при действии препаратов флагеллинов и липополисахаридов ограничивает целесообразность их использования при культивировании растений в оранжереи или в полевых условиях. В связи с этим перспективным следует признать развитие методов по инокуляции растений ризосферными и эндофитными бактериальными штаммами, которые способны продуцировать макромолекулы, поддерживающие оптимальный уровень фитоиммунитета в течение всего вегетативного периода.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 16-04-01444 и 19-016-00116.

Список литературы

1. *Siddiqui Z. A.* PGPR: Prospective Biocontrol Agents of Plant Pathogens. PGPR: Biocontrol and Biofertilization / Ed. by Z. A. Siddiqui. Springer Netherlands, 2006. P. 111–142.
2. *Fliegmann J., Felix G.* // Nature Plants. 2016. Vol. 2. P. 1–2.
3. *Desaki Y., Kouzai Y., Ninomiya Y. et al.* // New Phytologist. 2018. Vol. 217. P. 1042–1049.
4. *Sun Y., Li L., Macho A. P. et al.* // Science. 2013. Vol. 342. P. 624–628.
5. *Shirokov A., Budanova A., Burygin G. et al.* // International Journal of Biological Macromolecules. 2020. Vol. 147. P. 1221–1227.
6. *Sigida E. N., Kargapolova K. Y., Shashkov A. S. et al.* // International Journal of Biological Macromolecules. 2020. Vol. 154. P. 1375–1381.