

DOI: 10.25205/978-5-4437-1843-9-46

**БИОТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕПТИДНЫХ РОСТСТИМУЛЯТОРОВ
И ИММУНОМОДУЛЯТОРОВ РАСТЕНИЙ*****BIOTECHNOLOGY FOR PRODUCING PEPTIDE GROWTH STIMULATORS
AND IMMUNOMODULATORS FOR PLANTS**В. С. Агеева^{1,2}, Е. А. Рогожин¹⁻³¹Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Пушкин³Институт биоорганической химии им. акад. М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова РАН, МоскваV. S. Ageeva^{1,2}, E. A. Rogozhin¹⁻³¹Lomonosov Moscow State University, Moscow²All-Russian Institute of Plant Protection, Saint Petersburg, Pushkin³Shemyakin and Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry RAS, Moscow

✉ victorias.ageeva@gmail.com

Аннотация

Пептидные гормоны растений играют ключевую роль в регуляции роста и иммунного ответа. В работе проведен биоинформатический анализ и определена консенсусная последовательность регуляторных пептидов семейства RALF для порядка капустоцветные (*Brassicales*). Осуществлен синтез рекомбинантного пептида RALF путем гетерологической экспрессии в системе *E. coli*. Результаты открывают перспективы для создания новых препаратов для защиты растений.

Abstract

Plant peptide hormones play a key role in regulating growth and immune responses. In this work, we performed a bioinformatic analysis and determined the consensus sequence of RALF family peptides for the order *Brassicales*. A recombinant RALF peptide was synthesized via heterologous expression in an *E. coli* system. The results open up prospects for the creation of new plant protection products.

Ключевой задачей современных агробиотехнологий является создание высокоэффективных и экологически безопасных препаратов, способных стимулировать рост и повышать иммунитет растений. Пептидные регуляторы (гормоны) представляют собой идеальную основу для таких препаратов благодаря их высокой специфичности и активности для растительной клетки [1]. Однако их прямое выделение из природных источников нерентабельно. В связи с этим разработка биотехнологических методов получения пептидных ростстимуляторов и иммуномодуляторов является крайне актуальным направлением биоэкономики.

В данной работе в лабораторных условиях был реализован полный биотехнологический цикл: от биоинформатического дизайна целевой молекулы до ее получения в гетерологичной системе. В качестве основного объекта был выбран пептид семейства RALF (Rapid Alkalinization Factor), известный своим участием в регуляции роста и стрессовых реакций [2, 3]. С помощью биоинформатического анализа была определена консенсусная последовательность пептида RALF для таксономического порядка *Brassicales*, объединяющего множество сельскохозяйственных культур. Предсказание вторичной структуры выявило преобладание α -спиралей, что является благоприятным фактором для стабильного фолдинга и успешного биотехнологического производства. Кроме того, было проведено предсказание третичной структуры с использованием биоинформатических методов, таких как AlphaFold2, которое указало на возможный тип укладки — цистеин-стабилизированный α/β мотив. Этот тип укладки, характерный для цистеин-богатых пептидов, известен своей высокой устойчивостью к разнообразным физико-химическим факторам, что является крайне важным для дальнейшего практического применения полученного пептида.

Центральным этапом работы стало создание бактериального штамма-продуцента рекомбинантного пептида. Ген, кодирующий консенсусную последовательность пептида RALF, был клонирован и экспрессирован в клетках *Escherichia coli*. Сравнение различных экспрессионных штаммов (*SHuffle* и *BL21*) позволило оптимизировать протокол получения, выявив, что штамм *BL21* обеспечивает наивысшую чистоту продукта. Таким образом, была

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-76-30005-П).

© В. С. Агеева, Е. А. Рогожин, 2025

создана и апробирована биотехнологическая платформа для наработки растительного пептидного регулятора в микроорганизмах, что является ключевым шагом на пути к его практическому применению.

Проведенное исследование демонстрирует успешное применение методов генной инженерии и биоинформатики для разработки пептидных биопрепаратов. Созданная система получения рекомбинантного пептида RALF закладывает основу для дальнейшего изучения его агрономического потенциала в качестве ростстимулятора и иммуномодулятора нового поколения.

Литература

1. Ганчева М. С., Маловичко Ю. В., Полюшкевич Л. О. и др. Пептидные гормоны растений // Физиология растений. 2019. Т. 66. С. 83–103.
2. Murphy E., De Smet I. Understanding the RALF family: a tale of many species // Trends in Plant Science. 2014. Vol. 19 (10). P. 664–671.
3. Lu R. et al. From Roots to Reproduction: The Multifaceted Roles of RALF and EPF Peptides in Plants // Journal of Experimental Botany. 2024. Vol. 93 (12). P. 3465–3485.