



# ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ

---

ВЫПУСК 3

## РАСТЕНИЯ-ПРОДУЦЕНТЫ РЕКОМБИНАНТНЫХ БЕЛКОВ

---

*Высокая цена препаратов на основе рекомбинантных белков делает их недоступными для большей части населения развивающихся стран мира. Использование растений в качестве продуцентов рекомбинантных белков позволит снизить стоимость лекарств в несколько раз.*

*Трансгенные растения могут использоваться в качестве биореакторов для производства рекомбинантных белков медицинского, ветеринарного, или технического назначения.*

Более детальную информацию о результатах исследования можно получить в Центре прогнозирования и мониторинга агробитехнологий ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева:  
[foresight@rgau-msha.ru](mailto:foresight@rgau-msha.ru),  
+7 (499) 977-72-01.

Над выпуском работали:  
к.б.н. Баженов М.С.,  
к.б.н. Дивашук М.Г.,  
д.б.н. Карлов Г.И.,  
к.б.н. Крупин П.Ю.  
д.т.н. Козлов Д.В.

### ДОСТОИНСТВА ТЕХНОЛОГИИ

Наработка белков в растении осуществляется за счет встраивания генно-инженерной конструкции в геном ядра или пластид. Также возможна транзientная экспрессия целевого белка за счет заражения растений агробактериями или фитовирусами, несущими в себе ген целевого белка.

Выращивание растений не требует больших затрат и может осуществляться с использованием технологий, традиционно применяемых в сельском хозяйстве (Рис. 1). Производство рекомбинантных белков в растениях легко масштабировать. Нарботка белков в запасующих органах растений – семенах или клубнях – позволяет легко хранить сырье для переработки в течение длительного времени. В растениях отсутствуют опасные для человека и животных вирусы, прионы и микробные токсины. Кроме того, в растениях можно получать белки, сходные по свойствам с белками млекопитающих [1].



Рисунок 1. Растения, используемые для наработки рекомбинантных белков, выращиваются в теплицах: *а* - трансгенный ячмень, компания ORF genetics Ltd., Исландия [2], *б* - табак, используемый для транзientной экспрессии, компания Medicago Inc., США [3].

## **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

В настоящее время за рубежом растения используются для наработки кандидатных рекомбинантных вакцин, моноклональных рекомбинантных антител, препаратов для заместительной терапии наследственных заболеваний [4, 5]. В растениях получают гормоны и другие регуляторные вещества белковой природы, применяемые для культивирования клеток млекопитающих, а также некоторые вещества, используемые в косметологии и пищевой промышленности [2, 6, 7]. Также растения привлекательны возможностью создания «съедобных вакцин», в том числе ветеринарного назначения. Съедобные вакцины – это растения или их части, вырабатывающие рекомбинантные иммуногенные белки, предназначенные для потребления без переработки, в сыром или высушенном виде [8].

## ЭФФЕКТЫ

По некоторым оценкам производство рекомбинантных белков в растениях может обходиться до 100 раз дешевле, чем в животных клетках [9]. Концепция «съедобных вакцин» позволит в еще большей степени снизить стоимость производимых препаратов такого типа.

## ТЕХНОЛОГИЯ В МИРЕ

В мире в настоящее время существуют не менее 12 компаний, производящих рекомбинантные белки в растениях. Большая часть из них ведет свою деятельность в США, Германии и Канаде. Также существуют подобные компании во Франции, Исландии, Южной Корее. Исследования в области производства рекомбинантных белков в растениях начались достаточно давно. Судя по динамике публикаций и цитирований, интерес ученых к данной теме сохраняется, в то время как финансирование исследований носит периодический характер и резко снижается в условиях экономического кризиса (Рис. 2).

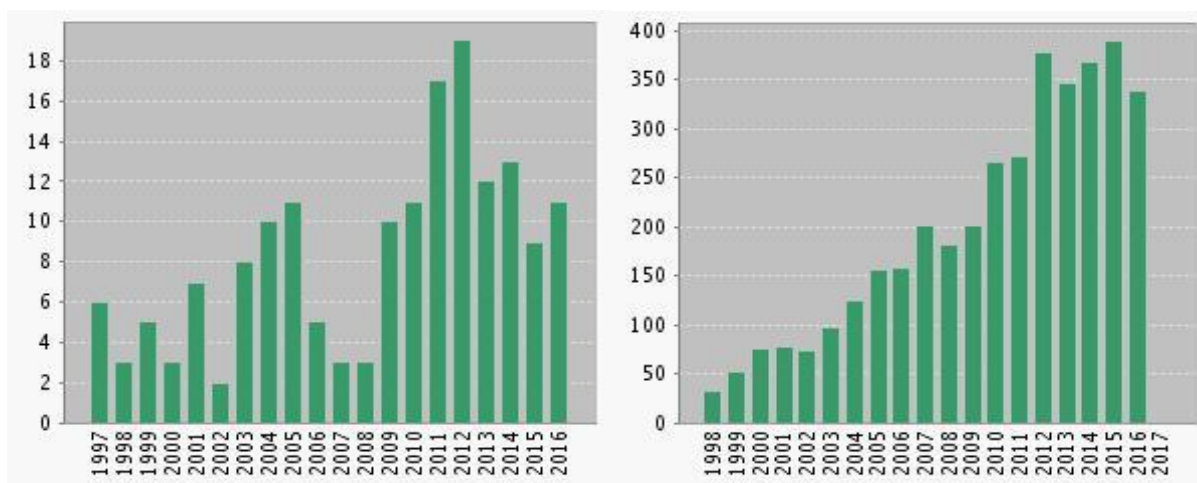


Рисунок 2. Динамика публикаций (а) и цитирований по годам (б) по теме наработки рекомбинантных белков в растениях по данным Web of Science [10].

## УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ В РОССИИ

Практически все российские разработки в области растительного биофарминга не выходят за рамки лабораторных исследований. В то же время, имеется достаточное число оригинальных разработок в этой области.

Ведущими российскими организациями в области наработки терапевтических белков в растениях являются ФИЦ "Фундаментальные основы биотехнологии" РАН, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, ФИЦ "Институт цитологии и генетики" СО РАН, Институт биоорганической химии имени акад. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова, Институт общей генетики имени Н.И. Вавилова РАН.

## **ДРАЙВЕРЫ И БАРЬЕРЫ**

- Государственное регулирование в области выращивания генно-модифицированных растений в коммерческих целях.
- Общественное мнение в отношении ГМО и «съедобных вакцин».

## **СЛАБЫЕ СТОРОНЫ**

- Возможность неконтролируемого распространения трансгенов в окружающей среде либо в сельскохозяйственном производстве при неудачном выборе биологического вида трансгенного растения, места и способа культивирования [11].
- Возможность выхода в окружающую среду искусственно синтезированных растительных вирусов, используемых для транзientной экспрессии белков в растениях [12].

### **Использованные источники**

1. Tak, H. et al. Molecular Farming: Prospects and Limitation // Banana: Genomics and Transgenic Approaches for Genetic Improvement / eds. S. Mohandas and K.V. Ravishankar. - Singapore, 2016. - P. 261–275.
2. ORF genetics Ltd. [Электронный ресурс]. - <http://www.orfgenerics.com/>.
3. Gibbens, R. Medicago expands its Quebec City operations [Электронный ресурс] // Montreal Gazette. - 2015. - Режим доступа: <http://montrealgazette.com/business/local-business/medicago-expands-its-quebec-city-operations/>.
4. Medicago Inc. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://medicago.com/>.
5. Protalix Ltd. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.protalix.com/>.
6. Ventry Bioscience [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ventria.com/>.
7. NEXGEN Biotechnologies, Inc. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.nexgenbiotech.com/>.
8. Lal, P. et al. Edible vaccines: current status and future / P. Lal et al. // Indian Journal of Medical Microbiology. - 2007. - Vol. 25, № 2. - P. 93–102.
9. Basaran, P. Plant molecular farming: opportunities and challenges / P. Basaran, E. Rodríguez-Cerezo // Critical Reviews in Biotechnology. - 2008. - Vol. 28, № 3. - P. 153–172.
10. Web of Science [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://login.webofknowledge.com>
11. Fox, J.L. Puzzling industry response to ProdiGene fiasco / J.L. Fox // Nature Biotechnology. - 2003. - Vol. 21, № 1. - P. 3–4.
12. Manske, U. & Schiemann, J. Development and assessment of a Potato virus X-based expression system with improved biosafety / U. Manske, J. Schiemann // Environmental Biosafety Research. - 2005. - Vol. 4, № 1. - P. 45–57.