

DOI: 10.25205/978-5-4437-1843-9-89

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПОЧВЕННЫХ БАКТЕРИЙ
НА РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР*****ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF SOIL PLANT GROWTH PROMOTING BACTERIA
ON CROP DEVELOPMENT**Б. С. Кондрашов^{1,2}, Е. С. Трубников³, К. А. Донцова¹, М. И. Пчелинцев⁴, С. Е. Седых^{1,2}¹Новосибирский государственный университет²Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, Новосибирск³Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова⁴Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. СеченоваB. S. Kondrashov^{1,2}, E. S. Trubnikov³, K. A. Dontsova¹, M. I. Pchelintsev⁴, S. E. Sedykh^{1,2}¹Novosibirsk State University²Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk³Lomonosov Moscow State University⁴Sechenov First Moscow State Medical University

✉ boris.kondrashov.biology@gmail.com

Аннотация

Одним из перспективных способов повышения плодородия почв является использование бактерий, стимулирующих рост и развитие растений. Показано, что бактериальные культуры *Pseudomonas fluorescens*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus megaterium* благоприятно влияют на экспрессию генов, кодирующих важные для роста и развития кукурузы, подсолнечника и гороха белки: rbcS, PEPC1, ME.

Abstract

One of the promising ways to increase soil fertility is the use of plant growth promoting bacteria. It has been shown that bacterial cultures of *Pseudomonas fluorescens*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus megaterium* have a beneficial effect on the expression of key plant genes rbcS, PEPC1, ME important for growth and development of corn, sunflower and pea.

Минеральные удобрения традиционно используют для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, однако их несбалансированное внесение может приводить к нарушению физико-химических процессов, происходящих в почве [1]. Применение почвенных бактерий в качестве биоудобрений может стать альтернативой внесению неорганических удобрений и повысить эффективность сельского хозяйства.

Почвенные бактерии, стимулирующие рост растений, напрямую или косвенно увеличивают доступность питательных веществ и способствуют их достаточному поступлению к растениям-хозяевам. Такие бактерии усиливают рост растений и улучшают плодородие почвы в результате фиксации атмосферного азота, солибилизации нерастворимых соединений фосфора, изменения уровня фитогормонов или ингибирования патогенов растений [2]. Показано, что создание биоудобрений для внесения в почву требует подбора оптимальных штаммов, подходящих для конкретных культур [3].

В данной работе использовали бактериальные культуры *Pseudomonas fluorescens*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus megaterium* и растения гороха, подсолнечника и кукурузы. Способность к азотфиксации была обнаружена у бактерий *P. fluorescens*, *B. megaterium* и *S. maltophilia* при помощи культивирования на безазотной среде Эшби. Было показано, что бактерии *P. fluorescens*, *B. megaterium* способны переводить в растворимое состояние неорганический фосфат на Pi среде. Также у всех бактерий была обнаружена секреция сидерофоров на среде, содержащей хромазуrol S.

Бактерии были проанализированы методом ПЦР с детекцией в режиме реального времени на содержание генов, отвечающих за секрецию сидерофоров, нитрификацию (amoA), солибилизацию фосфатов (bpr, phy), секрецию ауксина (asdSF, ipdC), генов нитрогеназ. Ген, ответственный за секрецию сидерофоров, обнаружен

* Исследование выполнено в рамках соглашения № 075-15-2025-473.

Авторы благодарят команду школьников — участников проекта «Анализ влияния почвенных бактерий, стимулирующих рост растений, на развитие с/х культур» научно-технологической проектной образовательной программы «Большие вызовы» за творческий вклад в реализацию проекта.

© Б. С. Кондрашов, Е. С. Трубников, К. А. Донцова, М. И. Пчелинцев, С. Е. Седых, 2025

у *P. fluorescens* и *B. megaterium*. Ген AmoA, кодирующий аммиачную монооксигеназу, присутствует у *P. fluorescens* и *B. megaterium*. Все изученные бактерии имеют гены, ответственные за секрецию ауксинов. *P. fluorescens*, *S. maltophilia*, *B. megaterium* имеют гены, кодирующие нитрогеназу, и обладают способностью к азотфиксации. Все бактерии, за исключением *S. maltophilia*, имеют фосфато-солюбилизирующую активность (ген bpr — бета-пропеллер фитаза).

Для изучения влияния бактерий на рост и развитие сельскохозяйственных культур методом $\Delta\Delta\text{St}$ проводили анализ изменения уровня экспрессии генов *gbcS*, *PERC1*, *ME*, продукты которых принимают участие в основных метаболических путях растений, а также анализировали данные морфометрии растений. Выраженное положительное влияние на рост кукурузы оказала культура *P. fluorescens* с увеличением длины побега на 77,9 % по сравнению с контролем ($p < 0,01$). На уровень экспрессии генов *gbcS*, *PERC1* в листе кукурузы положительное влияние оказали *P. fluorescens* и *B. megaterium*. Статистически значимое положительное влияние на рост гороха оказала инокуляция культурой *B. megaterium* с увеличением длины побега в 3,3 раза ($p < 0,01$). В листьях проростков данного сорта на экспрессию гена *gbcS* положительное влияние оказывает внесение культуры *P. fluorescens*. Было показано, что все культуры бактерий оказывают положительное влияние на экспрессию генов *gbcS*, *PERC1* в листе подсолнечника. При этом в образцах, инокулированных *S. maltophilia*, изменение уровня экспрессии обоих генов значительно выше по сравнению с контролем.

Литература

1. Pahalvi H.N. et al. Chemical fertilizers and their impact on soil health // Microbiota and biofertilizers. Vol. 2: Ecofriendly tools for reclamation of degraded soil environs. Cham: Springer International Publishing, 2021. P. 1–20.
2. Mahanty T. et al. Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development // Environmental Science and Pollution Research. 2017. Vol. 24, No. 4. P. 3315–3335.
3. Kumar R., Kumawat N., Sahu Y.K. Role of biofertilizers in agriculture // Popular kheti. 2017. Vol. 5, No. 4. P. 63–66.