

Ананьева И.Н., Чиндарева М.А., Шавейко И.В., Картыжова Л.Е., Алещенкова З.М.
Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь;
ananeva@mbio.bas-net.by.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ СОИ (*GLYCINE MAX* (L) MER.)

*Использование азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих эндофитных бактерий сои для обработки семян и проростков способствует их адаптации и выживаемости как в корневой системе, так в стеблях и листьях растений. Установлено, что совместная обработка сои клубеньковыми бактериями *Bradyrhizobium japonicum* и эндофитными азотфиксирующими и фосфатмобилизирующими бактериями *Rhizobium radiobacter* 27c и *Pseudomonas fluorescens* 11E обеспечивает увеличение нодулирующей способности, азотфиксирующей активности и стимулирует рост растений.*

*The use of nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing endophytic soybean bacteria for seed and seed-ling treatment contributes to their adaptation and survival in the root system, in the stems and leaves of plants. It was found that the joint treatment of soybeans with nodule bacteria *Bradyrhizobium japonicum* and endophytic nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing bacteria *Rhizobium radiobacter* 27c and *Pseudomonas fluorescens* 11E increases the nodulating ability, nitrogen-fixing activity as well as stimulates plant growth.*

Ключевые слова: эндофитные бактерии; инокуляция; азотфиксирующая активность; нодулирующая способность.

Keywords: endophytic bacteria; inoculation; nitrogen-fixing activity; nodulating ability.

Введение

Эндофитные бактерии способны синтезировать все растительные гормоны и увеличивать обеспеченность растений азотом и фосфором, что позволяет им оказывать рострегулирующий эффект и является особенно значимым на ранних стадиях онтогенеза растений [1]. Совместная обработка растений сои штаммом клубеньковых бактерий *Bradyrhizobium japonicum* 532С и эндофитными штаммами, выделенными из клубеньков – *Bacillus subtilis* и *B. thuringiensis*, положительно влияет на клубенькообразующую способность, рост растений и урожай семян по сравнению с обработкой только клубеньковыми бактериями как в вегетационных, так и полевых опытах [2]. Эндофитные микроорганизмы с хозяйственно ценными свойствами, выделенные из растений, могут использоваться вместе с ризобактериями для разработки новых микробных препаратов и являются перспективным биотехнологическим ресурсом [3].

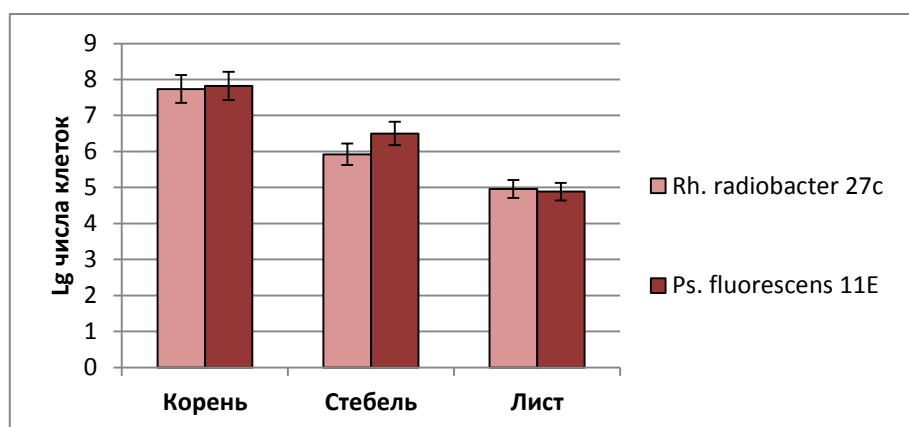
Методы исследования

В условиях лабораторной модели осуществляли обработку проростков и инокуляцию семян сои бактериальной суспензией антибиотикорезистентных штаммов эндофитных бактерий *Rhizobium radiobacter* 27c и *Pseudomonas fluorescens* 11E. Азотфиксирующую активность на корнях растений сои определяли ацетиленовым методом на газовом хроматографе, модернизированном аппаратно-программным комплексом UniChrom 4.x-5 [1].

Результаты и их обсуждение

Микробиологический посев растительных образцов (корень, стебель, лист) сои на среду с рифампицином, проведенный через две недели после обработки проростков рифампицинустойчивыми эндофитными бактериями, свидетельствовал о приживаемости

исследуемых эндофитов в тканях растений сои, а также об их миграции по всему растению. Наибольшее количество клеток эндофитных бактерий обнаруживается в корнях ($6,6 \cdot 10^7$ КОЕ/г), в стеблях титр микроорганизмов - на порядок ниже ($3,1 \cdot 10^6$ КОЕ/г), а в листьях число клеток антибиотикорезистентных штаммов составляет $1 \cdot 10^5$ КОЕ/г (рисунок).



Приживаемость интродуцированных эндофитных бактерий сои в разных частях растений

В условиях светокультуры были получены экспериментальные данные симбиотической активности микробно-растительной ассоциации *Bradyrhizobium japonicum* : *Glycine max*. Было установлено, что бинарная инокуляция (*Rh. radiobacter* 27C + *Ps. fluorescens* 11E) проростков сои на фоне применения клубеньковых бактерий оказала максимальный стимулирующий эффект на симбиотическую активность (таблица).

Качественные показатели симбиотической активности микробно-растительной ассоциации *Br.japonicum* : *Glycine max* в условиях светокультуры

Вариант обработки сои	Вирулентность, сутки	Нодулирующая способность, шт/1 раст. через 55 суток	Азотфиксирующая активность, нмоль C_2H_4 (1раст/ч)
<i>Br. japonicum</i> (контроль)	8	10	29,79
<i>Br. japonicum</i> <i>Rh. radiobacter</i> 27C	7	13	30,54
<i>Br. japonicum</i> <i>Ps. fluorescens</i> 11E	11	15	35,42
<i>Br. japonicum</i> <i>Rh. radiobacter</i> 27C <i>Ps. fluorescens</i> 11E	8	17	39,39

Азотфиксирующая активность, являясь показателем продуктивности бобовых культур, обеспечивается инокуляцией семян клубеньковыми бактериями, при этом данный показатель может увеличиваться при обработке эндофитными бактериями. При бинарной инокуляции клубеньковыми бактериями и эндофитными бактериями (*Rh. radiobacter* 27C + *Ps. fluorescens* 11E) проростков сои отмечается наибольшая симбиотическая активность микросимбионта. Азотфиксирующая активность в данном варианте составляет 39,39 нм C_2H_4 , что на 32 % превышает контрольные данные. Применение фосфатмобилизующего штамма *Ps. fluorescens* 11E способствует увеличению азотфиксирующей активности клубеньковых бактерий на 19 %, а штамма *Rh. radiobacter* 27C – на 3 %.

Совместная инокуляция семян сои клубеньковыми бактериями *Bradyrhizobium japonicum* и эндофитными бактериями *Rh. radiobacter* 27С, *Ps. fluorescens* 11Е обеспечивает увеличение нодулирующей способности, количество клубеньков, выявляемое у одного растения сои, превышает моноинокулированный клубеньковыми бактериями контроль на 70 %, а высота растений через 33-е суток увеличивается на 29 %.

Выводы

Установлено, что использование азотфиксирующих и фосфатмобилизующих эндофитных бактерий для обработки семян и проростков сои способствует их адаптации и выживаемости как в корневой системе, так в стеблях и листьях растений. Показано, что совместная обработка сои клубеньковыми бактериями *Bradyrhizobium japonicum* и эндофитными азотфиксирующими и фосфатмобилизующими бактериями *Rh. radiobacter* 27с и *Ps. fluorescens* 11Е обеспечивает увеличение нодулирующей способности, азотфиксирующей активности и стимулирует рост растений. Выделенные и изученные эндофиты перспективны для создания микробных препаратов, стимулирующих рост и развитие сои.

Библиографические ссылки

1. Гарипова, С.Р Роль эндофитных бактерий для поддержания адаптивности бобовых растений / С.Р. Гарипова // Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений: сборник материалов V Международной научно-методологической конференции: в 2 т. Москва, 15–19 апреля 2019 г. / отв. ред. М.С. Гинс. – Москва: РУДН, 2019. – Т.1. – С.43–46.
2. Bai, Y. Enhanced soybean plant growth due to coinoculation of *Bacillus* strains with *Bradyrhizobium japonicum* / Y. Bai, X. Zhou, D.L. Smith // Crop Sci. Society of America. D.L. – 2003. – V. 43. – P. 1774–1781.
3. Микробные препараты на основе эндофитных и ризобактерий, которые перспективны для повышения продуктивности и эффективности использования минеральных удобрений у ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) и овощных культур / В.К. Чеботарь [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51, № 3. – С. 335–342.
4. Умаров, М.М. Ацетиленовый метод изучения азотфиксации в почвенно-микробиологических исследованиях / М.М. Умаров // Почвоведение. – 1976. – № 11. – С. 119–123.