

УДК 579.64

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЕДЕСТРУКТОРА RHODOCOCOCCUS SP. ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ**Ю.А. Маркова¹, М.С. Третьякова¹, М.В. Иванова¹, Л.А. Беловежец²**¹ СИФИБР СО РАН² ИИХ им. А.Е. Фаворского СО РАН, г. Иркутск, Россия,

При попадании в почву микроорганизмы-нефтедеструкторы вступают в контакт с растениями, произрастающими на загрязненных территориях. Их взаимодействие может быть различным. С одной стороны, бактерии-нефтедеструкторы могут способствовать снижению воздействия нефти и нефтепродуктов на растение, стимулировать его рост за счет непосредственного выделения внеклеточных биологически активных веществ, таких как фитогормоны, ферменты и др. (Белимов, 2008). Опосредованное воздействие микроорганизмов проявляется при разрушении нефтяной пленки, обволакивающей корневую поверхность, что улучшает дыхание растений и доступность питательных веществ, заблокированной пленкой нефти. С другой стороны, не исключено подавление роста и развития растения за счет появления в непосредственной близости от корня токсичных низкомолекулярных продуктов распада нефти, образующихся вследствие деятельности бактерий-нефтедеструкторов (Запрометов, 1974).

Целью данного исследования было оценить протективное действие штаммов-нефтедеструкторов на разные виды растений и установить его механизм. В работе были использованы штаммы микроорганизмов-нефтедеструкторов, выделенные из эндо- и ризосферы пырея (*Elytrigia repens*) (Третьякова и др., 2015; Третьякова и др., 2017).

Оценивали защитное действие *Rhodococcus* sp. на однодольные и двудольные растения (кукуруза, райграс, горох, салат, редька). Предобработка семян исследуемым штаммом показала достоверное снижение токсического действия нефти на все исследуемые растения (рис. 1).

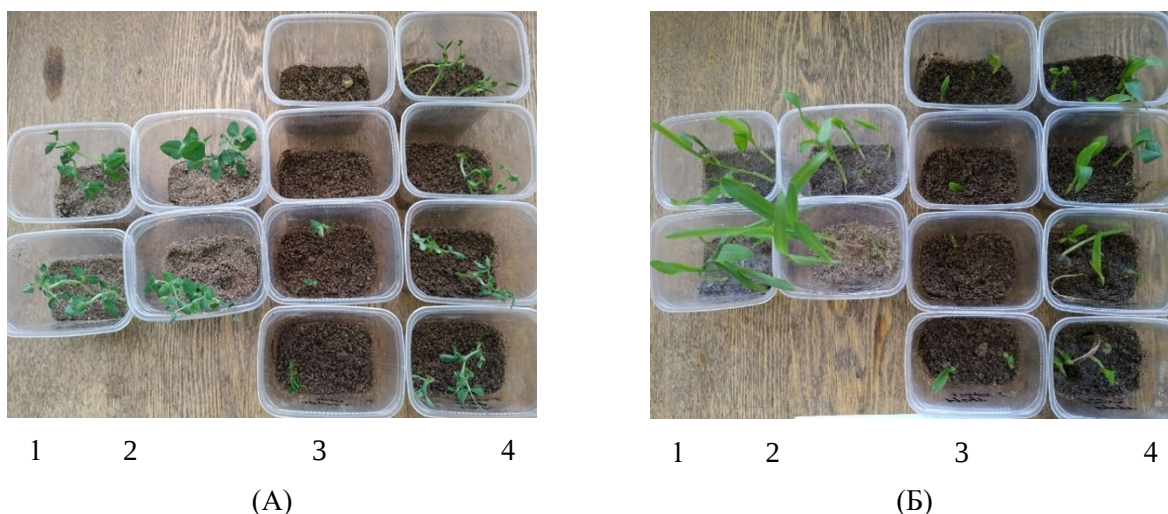


Рис. 1 Внешний вид исследуемых растений, выращенных в разных условиях: А) горох, Б) кукуруза. 1. Контрольные растения, выращиваемые в песке без добавления 2 % нефти; 2. Растения, выращенные из семян, обработанных взвесью клеток *Rhodococcus* sp. в песке без добавления нефти; 3. Растения, выращенные из необработанных семян в песке с 2 % нефти; 4. Растения, выращенные из обработанных *Rhodococcus* sp. семян в песке с 2 % нефти

Корни растений, выращенных в песке с добавлением нефти, отличались темным цветом, характерным для нефтяной пленки, и снижением количества боковых корешков. Предобработка семян взвесью микроорганизмов существенно улучшало развитие корневой системы.

Нефтезагрязнение снижает всхожесть семян всех исследуемых растений на 20 – 50 % в зависимости от вида растения. Проростки растений также страдают от действия нефти, их общая длина и масса, а также количество пигментов значительно снижаются. Это обусловлено недостаточным поступлением в прорастающее семя воды и кислорода, связанным с образованием нефтяной пленки на поверхности семени (табл. 1). Присутствие микроорганизмов нивелировало

негативный эффект нефти, восстанавливая всхожесть практически до уровня контроля (табл. 1). Морфологические признаки таких растений также были близки к контрольным. Количество пигментов восстанавливалось до исходного уровня, а в некоторых случаях превышало. Скорее всего это связано с синтезом микроорганизмами биологически активных веществ аналогичных цитокининам растений.

Таблица 1. Морфо-физиологические параметры растений, в зависимости от обработки семян взвесью клеток *Rhodococcus* sp. и внесения 2 % нефти в песок

Культура	Всхожесть, %	Длина надземной части растения, см	Длина корней, см	Масса, г	Хлорофилл а	Хлорофилл b	Каротиноиды
Кукуруза							
Контроль	77	14,13	11,76	7,9	1,11±0,1 ¹ /14,42±1,67 ²	0,28±0,03/ 3,70±0,4	0,74±0,1/9,64±1,3
Обработка	83,3	13,3	11,9	4,8	1,25±0,1/12,98±1,7	0,35±0,04/3,59±0,4	0,80±0,1/8,23±1,1
Нефть	60,4	5,4	7,8	5,5	0,55±0,01/5,87±0,1	0,07±0,007/0,71±0,07	0,40±0,1/4,30±0,1
Нефть + обработка	62,4	9,63	12,6	9,01	0,85±0,08/8,79±0,9	0,29±0,01/3,01±0,07	0,60±0,06/6,10±0,1
Горох							
Контроль	29,7	10,35	6,75	4,45	1,2±0,1/10,36±1,6	0,54±0,07/3,95±0,6	0,77±0,1/7,53±1,1
Обработка	33,3	11,75	6,5	6	1,2±0,1/12,43±0,9	0,46±0,02/3,88±0,2	0,84±0,05/8,96±0,5
Нефть	11,7	6,27	4,17	3,35	0,84±0,1/7,00±0,8	0,32±0,04/2,89±0,2	0,62±0,07/5,20±0,5
Нефть + обработка	35,3	11,2	5,05	4,8	0,96±0,1/9,26±0,8	0,35±0,05/3,38±0,57	0,71±0,1/6,88±0,5

Содержание пигментов в растениях, мг/г сырого веса; 2. Содержание пигментов в растениях, мг хл / 1г сухого веса

Интересно, что при выращивании обработанных микроорганизмами растений в незагрязненной почве также наблюдался небольшой ростостимулирующий эффект, проявляющийся в увеличении всхожести семян и количества пигментов, особенно каротиноидов. Это позволяет надеяться на перспективы использования родококка в качестве биоудобрения.

Возможным механизмом положительного воздействия *Rhodococcus* sp. может быть выделение внеклеточных биологически активных веществ, таких как фитогормоны. С целью проверки этих предположений был изучен микробный синтез фитогормонов и биологически-активных соединений у всех выделенных нами штаммов бактерий-нефтедеструкторов. При оценке внеклеточных фитогормонов использовали метод биотестирования. Установлено, что исследуемый штамм *Rhodococcus* sp. синтезирует ауксин подобные вещества с высокой биологической активностью (число корешков и высота образования корней фасоли достигало 110 и 246 процентов от контроля, соответственно).

Таким образом, исследуемый нами нефтедеструктор *Rhodococcus* sp., проявил наилучшие фитозащитные свойства. Это выражалось в увеличении длины корней и проростков, а также массы растения, выращиваемых в условиях искусственного загрязнения нефтью. У всех растений наблюдалось увеличение содержания пигментов. Высокая стимулирующая активность родококка была связана с его способностью продуцировать вещества аналогичные фитогормонам растений. Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что изученный нами штамм родококка является перспективным микроорганизмом для создания на его основе биоудобрения.

Работа проведена с использованием коллекций микроорганизмов, культур клеток, растений in vitro Центра коллективного пользования «Биоресурсный центр» СИФИБР СО РАН. Исследование поддержано грантом РФФИ и Правительства Иркутской области, проект № 17-45-388078 p_a.

ЛИТЕРАТУРА

- Белимов А.А. Взаимодействие ассоциативных бактерий и растений в зависимости от биотических и абиотических факторов: Дис... д-ра биол. наук: 03.00.07. – Санкт-Петербург, 2008. – 46 с.
- Запрометов М.Н. Основы биохимии фенольных соединений. – М.: Высшая школа, 1974. – 214 с.
- Третьякова М.С., Беловежец Л.А., Маркова Ю.А. Скрининг – бактерий, ассоциированных с растениями, по способности деструктировать компоненты нефти. Системы. Методы. Технологии, 2015, 4.: 138–142.
- Третьякова М.С., Беловежец Л.А., Маркова Ю.А., Макарова Л.Е. Исследование способности бактерий-нефтедеструкторов снижать токсическое действие нефти на растения // Агрохимия. 2017. № 12. С. 56–61. DOI: 10.7868/S0002188117120079