

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЦИАНОБАКТЕРИЙ В РЕМЕДИАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЧВ

Почва является ключевым ресурсом для сельского хозяйства, однако ее устойчивость в значительной степени зависит от антропогенной нагрузки. Одной из ведущих причин деградации почвенного покрова в Беларуси выступает его интенсивная эксплуатация в агроценозах. Практика масштабного увеличения сельскохозяйственных земель с середины XX века, направленная на обеспечение продовольственной безопасности, способствовала развитию процессов эрозии, деградации гумусового горизонта и, как следствие, снижению природного потенциала почв [1].

Существенный вклад в деградацию сельскохозяйственных земель вносит избыточное поступление химических веществ, что сопровождается снижением разнообразия почвенной биоты, изменением структуры и функций почв. Особую угрозу в этом контексте представляют гербициды, которые, помимо целевого воздействия на сорную растительность, оказывают угнетающее влияние на широкий спектр нецелевых организмов. Накопление их остаточных количеств приводит к подавлению почвенной микрофлоры, нарушению естественных биохимических процессов и в итоге к снижению плодородия почв [2].

Установлено, что уровень плодородия и способность почв к самоочищению тесно связаны с активностью микробиологических процессов. Однако, при высокой степени химического загрязнения наблюдается угнетение аутохтонной микрофлоры, вследствие чего разработка комплексных подходов, направленных на восстановление ключевых функций почв, включая плодородие, представляет существенный научный и практический интерес. В настоящее время среди методов очистки загрязненных почвенных экосистем первоочередное внимание уделяется технологиям биоремедиации [3, 4]. В частности, биодеструкция рассматривается как наиболее перспективное направление рекультивации почвенных систем, зараженных органическими поллютантами, включая гербициды.

Необходимость реабилитации почвенных экосистем, возникшая в связи с возрастающим химическим загрязнением, актуализирует создание биопрепаратов на основе специализированных штаммов-деструкторов ксенобиотиков, выделенных из аборигенных микробных сообществ [5]. В рамках разработки таких биопрепаратов проведены исследования, в которых изучалась способность штаммов-деструкторов *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* и *Rhodococcus erythropolis* разлагать стойкие пестициды – прометрин (триазиновый гербицид) и партион-метил (фосфорорганический инсектицид). Эти соединения обладают высокой токсичностью и длительно сохраняются в почве, нарушая микробиологическое равновесие. Выбранные штаммы демонстрировали выраженную ферментативную активность, продуцируя гидролазы, пероксидазы и другие ферменты, разрушающие ароматические кольца и фосфорорганические связи в структуре пестицидов [6].

На основе штаммов бактерий *Rhodococcus erythropolis*, *Rahnella aquatilis* и *Bacillus subtilis* разработан микробный препарат «Агроревитол», предназначенный для деградации остаточных количеств гербицидов классов сульфенилмочевины и имидазолинонов [7].

Наряду с гетеротрофными бактериями, значительным потенциалом в качестве агентов биоремедиации обладают фотоавтотрофные микроорганизмы – цианобактерии, применение которых представляется перспективным, так как они не только участвуют в деструкции ксенобиотиков, но способствуют восстановлению плодородия деградированных почв. В наземных биогеоценозах цианобактерии продуцируют органические вещества, участвуют в фиксации атмосферного азота, способствуют улучшению структуры почвы, механически оплетая почвенные частицы нитчатыми талломами и склеивая их слизью, могут изменять рН почвенного раствора, повышать доступность фосфора и других элементов, а также

водоудерживающую способность почвы, выделяют ряд биологически активных веществ, активизирующих почвенную микрофлору и ускоряющих рост растений [8].

Некоторые цианобактерии демонстрируют высокую эффективность в детоксикации загрязнителей благодаря ферментативному расщеплению токсичных соединений специфическими ферментами, сорбции и иммобилизации поллютантов слизистыми полисахаридными чехлами. Важную роль играет и кометаболическое разложение гербицидов, происходящее как побочный процесс метаболизма микроорганизмов [9].

Изучение почвенных цианобактерий в качестве основного объекта биоремедиации почв является инновационным и перспективным направлением, так как несмотря на ключевую роль этих фотоавтотрофных организмов в поддержании почвенного плодородия, биохимических циклах и устойчивости агроценозов, их потенциал для снижения фитотоксического действия гербицидов в настоящее время остается практически неизученным и обуславливает проведение подобных исследований.

Список использованных источников

1. Дыдышко, С. В. Трансформация гумусного состояния дерново-палево-подзолистых суглинистых почв, развивающихся на мощных лессовидных легких суглинках под влиянием агрогенных воздействий / С. В. Дыдышко, Т. Н. Азаренок // Почвы и земельные ресурсы: совр. сост., проблемы рац-го исп. : мат-лы междунар. науч.-практ. конф., посв. 85-летию кафедры почвовед. БГУ и 80-летию со дня рожд. д-ра геогр. наук, проф. В. С. Аношко / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Д. М. Курлович (отв. ред.) – Минск : БГУ, 2018. – С. 45–48.

2. Хитров, Н. Б. Деградация почвы и почвенного покрова: понятия и подходы к получению оценок / Н. Б. Хитров // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения : тезисы док-в конф., 16–18 июня 1998 г. : Т. 1. – М., 1998. – С. 20–26.

3. Тихомирова, Е. И. Разработка методических подходов к использованию комбинированной сорбционно-биологической технологии ремедиации почв, загрязненных пестицидами / Е. И. Тихомирова, С. Э. Третьякова, В. В. Олискевич [и др.] // В сб. мат-лов I Кавказского экол. форума. – Грозный, 2013. – С. 112–114.

4. Третьякова, С. Э. Использование комбинированной сорбционно-биологической технологии для ремедиации почв, загрязненных пестицидами / С. Э. Третьякова, В. В. Олискевич [и др.] // Актуальные проблемы экологии промышленных городов: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. – Саратов, 2013. – Т. 2. – С. 167–171.

5. Бабкина, Э. И. Полигоны захоронения пестицидов как источник загрязнения окружающей среды / Э. И. Бабкина, В. А. Сурин, Д. П. Самсонов [и др.] // Природные ресурсы. Использование и охрана природных ресурсов России. – 2003. – Бюл. № 11–12. – С. 115–122.

6. Третьякова, С. Э. Создание биопрепаратов на основе штаммов-деструкторов пестицидов прометрина и паратион-метила и испытание технологии ремедиации загрязненных почв в лабораторных и полевых условиях: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.00 / С. Э. Третьякова. – Саратов, 2013. – 24 с.

7. Степанова, Т. Л. Использование комплексного микробного препарата «Агроревитол» для очистки почвы от остаточных количеств гербицидов классов сульфонилмочевины и имидазолинонов / Т. Л. Степанова, Э. И. Коломиец [и др.] // Инновац. биот. для охраны окруж. среды: от теории к практике : мат-лы I Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–25 апр. 2024 г. / орг. ком. конф.: А. А. Шепшелев (пред.) [и др.]. – Минск : ИнМи, 2024. – С. 160–161.

8. Бачура, Ю. М. Почвенные водоросли и цианобактерии антропогенно-преобразованных почв (на примере Гомельского региона) / Ю. М. Бачура. – Чернигов : Десна Полиграф, 2016. – 148 с.

9. Баширова, М. Н. Развитие нитчатых цианобактерий в условиях загрязнения тяжелыми металлами / М. Н. Баширова, А. Р. Гальперина // Научно-метод. электр. журнал «Концепт». – 2017. – Т. 39. – С. 2086–2090. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/970744.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2017-970744. (Дата обращения: 19.09.2025).