

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ШТАММОВ *PANTOEA BRENNERI* НА РОСТ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Л.В. Сокольникова, Е.С. Васильева, Р.Р. Исламов, А.Д. Сулейманова

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ) является серьезной экологической проблемой [1]. ТМ оказывают пагубное действие на физиологическое состояние растений. Кроме того, употребление в пищу сельскохозяйственных культур, выращенных в таких условиях, может быть опасным для здоровья человека. Пшеница является одной из важнейших зерновых культур, поэтому необходимо обеспечить ее продовольственную безопасность [2]. Одним из способов снижения стресса, вызванного ТМ, является использование микроорганизмов-биоремедиантов почв. Целью данной работы было оценить влияние штаммов *Pantoea brenneri* на рост растений пшеницы в условиях стресса, вызванного ТМ.

Семена пшеницы сорта «Экада 282» стерилизовали и обрабатывали суспензией штаммов *P. brenneri* 3.2 и *P. brenneri* 3.5.2 с концентрацией КОЕ/мл = 10^8 . В качестве контроля использовали стерильную водопроводную воду. Семена проращивали при следующих концентрациях солей тяжелых металлов: $ZnSO_4$ – 400 и 800 мг/л, $CuCl_2$ – 200 и 800 мг/л, $K_2Cr_2O_7$ – 40 и 100 мг/л. Измерение длины корней и побегов растений проводили на 10 сутки после обработки семян.

Одним из распространенных ТМ является цинк. В присутствии $ZnSO_4$ при концентрации 400 мг/л длина корней и побегов контрольных растений, не обработанных исследуемыми бактериями, уменьшилась на 63% и 19,2%, а при концентрации 800 мг/л – на 68,2% и 28,1%, соответственно, по сравнению с семенами, выращенными без условия воздействия ТМ. При этом длина корней и побегов семян, обработанных суспензией клеток штамма *P. brenneri* 3.2, увеличилась на 16% и 28%, соответственно, при обеих концентрациях ТМ по сравнению с контрольными растениями. Обработка семян штаммом *P. brenneri* 3.5.2 привела к увеличению длины корней на 27,5% и побегов на 13% при концентрации $ZnSO_4$ 400 мг/л. При этом концентрация 800 мг/л не повлияла на длину побегов, но увеличила длину корней на 29% по сравнению с контрольной обработкой.

Обработка семян хлоридом меди ингибировала рост корней на 87,3% и 96,8% при концентрациях ТМ 200 и 800 мг/л, соответственно, и рост побегов на 38,5% и 84,4%. Длина семян, инокулированных суспензией штамма *P. brenneri* 3.2, увеличилась на 87,5% при концентрации $CuCl_2$ 200 мг/л, при этом длина побегов достоверно не изменилась по сравнению с контролем. Обработка семян суспензией клеток штамма *P. brenneri* 3.5.2 повлияла на длину побегов при концентрации ТМ 800 мг/л, стимулируя их рост на 15,7%, при этом длина корней не увеличилась.

Также пагубное действие на растение оказывают ионы хрома. Было выявлено, что длина корней пшеницы ингибируется при концентрации $K_2Cr_2O_7$ 40 мг/л на 57% и на 68,3% при концентрации 100 мг/л. При этом длина побегов уменьшилась на 16,3% и на 19,3% при исследуемых концентрациях ТМ. Обработка семян суспензией штамма *P. brenneri* 3.2 привела к увеличению длины корней на 35% при концентрации $K_2Cr_2O_7$ 100 мг/л по сравнению с контролем, а штамм *P. brenneri* 3.5.2 стимулировал рост корней на 18,5% при концентрации ионов хрома 40 мг/л. На длину побегов обработка семян бактериями не повлияла.

Таким образом, штаммы *P. brenneri* могут способствовать преодолению растениями стресса, вызванного действием ТМ, и использоваться как перспективные агенты биоремедиации почв.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ №24-26-00289.

Литература

1. Han H., Wang Q., He L., Li C., Ma Q., Liu X. Heavy metal immobilizing bacteria combined with calcium polypeptides reduced the uptake of Cd in wheat and shifted the rhizosphere bacterial communities // Environ. Pollut. 2020. V. 267. P. 115432.
2. Gureeva M.V., Devyatova A.Yu., Pishchaeva K.M., Matveeva E.M., Kudoyarova G.R. Effect of Bacteria from the Genus *Azospirillum* on Oxidative Stress Levels in Wheat *Triticum aestivum* L. in the Presence of Copper, Nickel, and Lead // Microorganisms. 2025. V. 13. № 2. P. 334.