УДК 581.1

ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ НА СТРЕССОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ В АССОЦИАЦИИ С ЭНДОФИТНЫМИ БАКТЕРИЯМИ

НУКЕНОВА САУЛЕ АНУАРХАНОВНА
Сеньор-лектор, магистр технических наук кафедры «Прикладная биотехнология», АО «Алматинский технологический университет», Алматы.

БАТЫРБАЕВА АЙЖАН МАЛИКОВНА
Ассистент, магистр технических наук кафедры «Прикладная биотехнология», АО «Алматинский технологический университет», Алматы.

ҚАНАТҚЫЗЫ РУЗАНА
Студент 2 курса ОП « Биотехнология», АО «Алматинский технологический университет», Алматы.

ЕСПЕРГЕНОВ ЕРНҰР
Студент 2 курса ОП « Биотехнология», АО «Алматинский технологический университет», Алматы.

Научный руководитель-**УСМАНОВА А.Д.**
Ассистент-профессор, PhD, АО «Алматинский технологический университет»

Аннотация: *В работе рассмотрены особенности взаимодействия растений с микроорганизмами как важного фактора повышения устойчивости агроэкосистем. Особое внимание уделено роли эндофитных бактерий рода Bacillus, обладающих способностью стимулировать рост растений и повышать их устойчивость к абиотическим стрессам. Целью исследования являлось изучение характера и механизмов ответных реакций растений на воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды при инокуляции эндофитными штаммами Bacillus subtilis.*

В качестве объекта исследования использована яровая мягкая пшеница (Triticum aestivum L.). В экспериментах применяли два штамма B. subtilis. Оценка влияния бактерий проводилась в условиях воздействия стрессовых факторов, включая засуху, засоление и присутствие тяжелых металлов. Исследованы морфологические и физиологические реакции растений при обработке бактериальными суспензиями.

Установлено, что инокуляция семян эндофитными штаммами B. subtilis способствует повышению устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды, улучшает ростовые показатели и адаптационные механизмы. Полученные результаты подтверждают перспективность использования бактерий рода Bacillus в качестве биопрепаратов для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и снижения негативного воздействия агрохимикатов на окружающую среду.

Ключевые слова: *эндофиты, Bacillus subtilis, яровая пшеница, стрессовые факторы, биопрепараты, устойчивость растений, PGPB.*

Изучение взаимоотношений между растениями и микроорганизмами имеет важное значение как с точки зрения фундаментального научного познания, так и с позиции практического применения. Спектр таких взаимодействий является сложным и включает одновременное взаимодействие растений с различными видами микроорганизмов, которые могут функционировать как консорциум. Эти многокомпонентные микробные сообщества обладают высокой степенью динамичности и формируют функциональные группы,

обеспечивающие стабильность системы. Подобные системы могут включать трехсторонние взаимодействия между растениями, бактериями и грибами [1].

Открытие положительного влияния микроорганизмов на растения послужило основой для развития промышленного производства микробиологических препаратов, используемых в растениеводстве. Это направление является особенно актуальным в контексте решения проблемы загрязнения окружающей среды агрохимикатами [2]. К числу микроорганизмов, эффективно используемых в качестве бактерий, стимулирующих рост растений (PGPB – Plant Growth Promoting Bacteria), относятся представители рода Bacillus [3].

Цель и задачи работы

Цель работы – определить характер и механизмы ответных реакций растений на стрессовые факторы окружающей среды в условиях взаимодействия с эндофитными штаммами бактерий Bacillus subtilis.

Задачи:

– определить особенности ответной реакции различных видов культурных растений на инокуляцию эндофитными штаммами B. subtilis;

– исследовать характер и механизмы физиологических и морфологических ответных реакций растений в условиях воздействия тяжелых металлов, засухи и засоления почвы.

Род Bacillus Cohn (1872) (семейство Bacillaceae) представляет собой гетерогенную группу, широко распространенную в природе (Sicuia et al., 2015). Род был впервые описан Ф. Коном (F. Cohn) в 1872 году. Вид B. subtilis был определен М. Соулом (Soule M.) в 1932 году как типовой вид (Sella et al., 2014) и включает три подвида: Bacillus subtilis subsp. subtilis, subsp. spizizenii и subsp. inaquosorum (Rooney et al., 2009).

Кроме того, описаны близкородственные виды (B. amyloliquefaciens, B. atrophaeus, B. licheniformis, B. velezensis и др.), которые в настоящее время объединены в группу Bacillus subtilis (Jeyaram et al., 2011).

Несмотря на морфологические и физиолого-биохимические различия, бактерии рода Bacillus обладают рядом общих свойств: способностью к активному синтезу биологически активных метаболитов широкого спектра действия, высокой адаптивностью к условиям окружающей среды и устойчивостью к стрессовым факторам. Благодаря этим свойствам они способны стимулировать рост растений, защищать их от патогенов и повышать устойчивость к абиотическим стрессам (Xu et al., 2003; Rooney et al., 2009; Sicuia et al., 2015).

Бактерии рода Bacillus традиционно рассматриваются как почвенные микроорганизмы, однако многочисленные исследования подтверждают их широкое распространение: они обнаруживаются в почве, воде, на поверхности растений и в их внутренних тканях (Hirooka, 2014)

Особый интерес представляют эндофитные представители, которые колонизируют ткани растений, не вызывая заболеваний и не оказывая отрицательного влияния на развитие растений (Wilson, 1995; Хайруллин, Сарварова, 2016).

Объекты исследования

В качестве объекта исследования использовали сельскохозяйственную культуру – яровую мягкую пшеницу (Triticum aestivum L.).

Материал исследования

В экспериментах использовали два штамма бактерий Bacillus subtilis.

Методики исследования

Инокуляция семян

Использовали калиброванные семена с всхожестью более 90%. Семена промывали водопроводной и дистиллированной водой (Безрукова и др., 2011). Обработку проводили в ламинарном боксе. 20-часовую бактериальную культуру выращивали на МПБ при 37°С. Суспензию клеток доводили до необходимой концентрации с использованием 0,01 М раствора KCl (Недорезков, 2003).

Обработка в условиях стресса

Семена обрабатывали суспензией бактерий с концентрацией 10^6 кл./мл (20 мкл на 1 г семян). Контрольные образцы обрабатывали дистиллированной водой.

Выращивание в чашках Петри

Чашки и фильтровальную бумагу стерилизовали при 120°C в течение 45 минут. Растения выращивали при температуре 18–20°C в темноте.

Вегетационные опыты в почве

Использовали выщелоченный чернозем. Влажность почвы доводили до 70% ППВ (ГОСТ 53764-2009). Растения выращивали при 16-часовом фотопериоде и освещенности 12 кЛк

Таблица 1 – Влияние обработки семян клетками эндофитов на рост сельскохозяйственных культур в почвенных условиях

Культура	Бақылау өсімдіктерімен салыстырғандағы көрсеткіштің артуы, % бойынша ұзындығы			
	B. subtilis 26Д		*B. subtilis* 11BM	
	Надземная часть	Корень	Надземная часть	Корень
Пшеница	-10,5	8,7	8,6	10,2
Кукуруза	51,3	51,9	102,6	90,3
Подсолнечник	6,0	8,9	17,0	10,3
Горчица	12,1	19,0	8,9	16,5

Стимулирующее действие роста растений более выраженно проявлялось при использовании штамма 11BM на всех исследованных культурах: средние значения для побегов всех культур составили 35,3%, а для корней — 31,5%. Для штамма 26Д эти показатели составили соответственно 13,0% и 22,4%. Полученные результаты, вероятно, связаны с тем, что, согласно данным А.А. Егоршиной (2012), фитогормоноподобная активность штамма 11BM выше по сравнению со штаммом 26Д.

Таким образом, исследуемые бактерии *Bacillus subtilis* 26Д и 11BM способны оказывать влияние на рост различных видов растений. Видовые различия в отзывчивости растений на инокуляцию, вероятно, связаны со специфической реакцией культур на внедрение эндофитов. Известно, что эндофитная колонизация зависит от физиологического состояния растений и может ограничиваться или замедляться их защитными механизмами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sicuia O.A., Cornea C.P., Israel-Roming F. et al. Plant growth promoting effects of *Bacillus* spp. strains on different agricultural crops // Romanian Biotechnological Letters. – 2015. – Vol. 20. – P. 11137–11146.
2. Xu H., Ahn J., Kim S. et al. Effects of *Bacillus* spp. on plant growth and disease resistance // Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2003. – Vol. 13. – P. 123–130.
3. Sella S.R.B.R., Vandenberghe L.P.S., Soccol C.R. Life cycle and spore resistance of *Bacillus subtilis* // Critical Reviews in Microbiology. – 2014. – Vol. 40(4). – P. 323–336.
4. Rooney A.P., Price N.P.J., Ehrhardt C. et al. Phylogeny and molecular taxonomy of the *Bacillus subtilis* species complex // Applied and Environmental Microbiology. – 2009. – Vol. 75(9). – P. 2639–2648.
5. Jeyaram K., Romi W., Singh T.A. et al. Distinct differentiation of closely related species of the genus *Bacillus* // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2011. – Vol. 90. – P. 1275–1286.
6. Hirooka K., Yamamoto H. Distribution and ecological roles of *Bacillus* species in natural environments // Microbes and Environments. – 2014. – Vol. 29(1). – P. 1–8.
7. Wilson D. Endophyte: The evolution of a term, and clarification of its use and definition // Oikos. – 1995. – Vol. 73. – P. 274–276.
8. Хайруллин Р.М., Сарварова Е.Р. Эндофитные микроорганизмы растений и их биологическая роль // Вестник биотехнологии. – 2016. – №2. – С. 45–52.