

Л.А. Чайковская¹, Н.А. Сологуб², М.И. Баранская¹

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЗАЦИИ НА РАЗВИТИЕ *SORGHUM SUDANENSE* (PIPER.) STAPF. И РИЗОСФЕРНУЮ МИКРОФЛОРУ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

сорго суданское, Фосфоэнтерин, тяжелые металлы, ризосфера

Введение

Как известно, многие свойства микроорганизмов и механизмы их воздействия на растения могут положительно влиять на защиту последних от неблагоприятных факторов окружающей среды, в том числе и тяжелых металлов (ТМ) [1, 2, 7, 9]. В последние десятилетия особую актуальность приобретают исследования, направленные на биологизацию земледелия, одним из аспектов которой является применение микробных препаратов на основе бактерий с комплексом полезных свойств [3, 5].

Цель

Учитывая вышесказанное, цель наших исследований заключалась в определении влияния предпосевной бактеризации на устойчивость растений сорго суданского – *Sorghum sudanense* (Piper.) Stapf. сорта Фиолета к стрессовому воздействию ТМ.

Методика исследований

В условиях лабораторных опытов определены показатели индекса толерантности (ИТ): отношение прироста массы проростков в присутствии ТМ к приросту массы проростков в контроле, умноженное на 100% [10] и корневого индекса (КИ): отношение длины корней проростков, выросших на растворе с ТМ, к приросту корней контрольных растений [8]. Вегетационные модельные опыты проведены в теплице, повторность опытов – пятикратная. Растения выращивали в полиэтиленовых сосудах (0,5 л) в течение восьми недель, почва – чернозем южный карбонатный. Агрохимическая характеристика почвы: содержание гумуса 2,5 %; подвижных форм N и P – по 5,3 и 2,6 мг/100г почвы, соответственно; рН водной вытяжки – 7,0–7,2. Для предпосевной инокуляции семян использован биопрепарат Фосфоэнтерин (контроль – без инокуляции). Перед посевом семян в почву внесена смесь солей ТМ (Cu, Pb, Cr) в соответствии с различными уровнями предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязнения: 5, 10 и 20 ПДК, (контроль – без ТМ). Отбор образцов ризосферной почвы для микробиологического анализа проведен по завершении опыта.

Вегетационные и лабораторные опыты, а также биометрические, микробиологические и статистические исследования проведены в соответствии с общепринятыми методиками [4, 6].

Результаты исследований и их обсуждение

Поскольку негативное воздействие стрессовых факторов (в том числе и ТМ) в наибольшей мере проявляется на ранних этапах онтогенеза растений, нами изучено влияние бактеризации на развитие проростков сорго по показателям ИТ и КИ. Проведенные исследования показали, что наиболее четкие результаты отмечены для показателей КИ, который был более информативен и чувствителен, чем ИТ. При сравнении токсического воздействия разных ТМ на проростки сорго выявлено, что Cr и Cu оказывают наиболее токсичное влияние: показатели КИ на уровне 5 ПДК составляли 0,33–0,40, 10 ПДК – 0,20–0,25, 20 ПДК – 0,07–0,14.

Анализ полученных результатов свидетельствует о положительном воздействии Фосфоэнтерина: бактеризация в значительной степени нивелировала токсичное влияние ТМ на разных уровнях ПДК. Так, на фоне 5 ПДК показатели КИ бактеризованных проростков превышали контрольные в 2,8 (Pb, Cr) и 6,3 раза (Cu); на фоне 10 ПДК – в 1,8 (Cu), 2,6 (Pb) и 3,5 (Cr) раза; на фоне 20 ПДК – в 2,6–2,9 (Cu, Pb) и 5,7 (Cr) раза. Выявлено также позитивное влияние бактеризации на показатели ИТ проростков к ТМ (Cu, Cr): они превышали контрольные результаты.

Однако, необходимо отметить отсутствие негативного влияния Pb на величину показателей ИТ, что, возможно, свидетельствует о более высокой устойчивости проростков сорго к воздействию этого металла.

Положительное влияние бактеризации на рост и развитие сорго в условиях интенсивного загрязнения почвы ТМ (10 ПДК и 20 ПДК) отмечено также в условиях вегетационного опыта: она существенно нивелировала влияние ТМ (табл. 1). Надземная масса бактеризованных растений превышала контрольные в 2–3 раза, масса корней – в 2–6 раз; отмечено также возрастание их высоты по сравнению с контролем, что свидетельствует о существенном увеличении устойчивости растений к ТМ в условиях вегетационного опыта.

Таблица 1. Рост и развитие сорго суданского сорта Фиолета при воздействии ТМ

Вариант	Масса растений, г/сосуд		Высота растений, см
	надземная (сырая)	корни (сухая)	
Без ТМ			
Контроль	10,1	1,7	15,1
Фосфоэнттерин	11,0	1,9	15,9
НСР ₀₅	0,79	0,16	0,81
5 ПДК ТМ			
Контроль	9,1	1,4	14,4
Фосфоэнттерин	10,1	1,8	14,9
НСР ₀₅	1,11	0,26	0,44
10 ПДК ТМ			
Контроль	6,0	0,8	12,5
Фосфоэнттерин	12,6	1,8	14,2
НСР ₀₅	0,69	0,16	0,49
20 ПДК ТМ			
Контроль	2,7	0,2	9,2
Фосфоэнттерин	8,9	1,3	12,1
НСР ₀₅	2,08	0,84	0,49

Примечание: НСР₀₅ – наименьшая существенная разница для 5% уровня значимости в абсолютных и относительных величинах [4].

Установлено также положительное воздействие бактеризации на численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов в ризосфере сорго (табл. 2). Так, численность аммонификаторов и бактерий, трансформирующих труднорастворимые соединения фосфора, возросла по сравнению с контролем в 3 и 2,5 раза, соответственно. Отмечена также тенденция к увеличению численности педотрофных бактерий и целлюлозолитических микроорганизмов в ризосфере бактеризованных растений.

В случае загрязнения почвы ТМ (последствие: 8 недель) также отмечено положительное влияние бактеризации на оптимизацию микробных группировок ризосферы. Особенного внимания заслуживает возрастание численности целлюлозолитических микроорганизмов, которые являются одним из микробиологических показателей плодородия почвы, в ризосфере бактеризованных растений их количество увеличилось по сравнению с контролем на фоне 5 ПДК, 10 ПДК и 20 ПДК ТМ в 3, 2 и 4 раза, соответственно.

Анализ результатов, полученных при определении содержания водорастворимых форм ТМ в почве ризосферы сорго, показал, что бактеризация способствует их снижению на высоких уровнях загрязнения почвы: Pb и Cr по фону 10 и 20 ПДК, Cu – по фону 20 ПДК (табл. 3). Так, содержание Pb в ризосферной почве бактеризованных растений снижается по сравнению с контролем на 45 % и 18 %, Cr – на 22 % и 4 % по фону 10 и 20 ПДК, соответственно; Cu – на 56 % по фону 20 ПДК.

Таблица 2. Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в ризосфере сорго суданского сорта Фиолета, млн* КОЕ/г сухой почвы (чернозем южный)

Вариант	Педотрофные бактерии*	Бактерии, утилизирующие органические соединения*		Целлюлозолитики, тыс. КОЕ/г
		азота	фосфора (РНК)	
Контроль (без ТМ)				
Контроль	12,2±0,15	5,0±0,24	8,0±0,38	1,3±0,09
Фосфоэнттерин	13,2±0,37	14,5±0,29	20,5±0,41	2,1±0,15
5 ПДК ТМ				
Контроль	8,4±0,48	6,9±0,32	10,8±0,26	0,4±0,06
Фосфоэнттерин	15,1±0,18	8,0±0,20	17,0±0,19	1,3±0,09
10 ПДК ТМ				
Контроль	8,7±0,29	5,5±0,15	9,6±0,09	0,5±0,15
Фосфоэнттерин	10,1±0,44	9,8±0,18	14,5±0,20	0,9±0,06
20 ПДК ТМ				
Контроль	7,0±0,21	6,8±0,23	9,3±0,27	0,4±0,03
Фосфоэнттерин	8,8±0,40	15,6±0,36	15,7±0,35	2,2±0,09

Таблица 3. Содержание подвижных форм ТМ в почве ризосферы сорго, мг/кг

Вариант	Содержание ТМ		
	Cu	Pb	Cr
Контроль (без ТМ)			
Без инокуляции	<0,2	<5,0	<2,0
Фосфоэнттерин	<0,2	<5,0	<2,0
5 ПДК ТМ			
Без инокуляции	<0,2	<5,0	4,5
Фосфоэнттерин	<0,2	<5,0	5,6
10 ПДК ТМ			
Без инокуляции	1,14	29,60	19,60
Фосфоэнттерин	1,34	16,50	15,20
20 ПДК ТМ			
Без инокуляции	5,43	51,70	48,70
Фосфоэнттерин	2,40	42,40	46,80

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что использование Фосфоэнттерина для предпосевной бактериализации семян способствует увеличению устойчивости сорго к стрессовому воздействию ТМ как на ранних этапах онтогенеза (проростки растений), так и при выращивании растений на загрязненной ТМ почве в условиях вегетационного опыта. Бактериализация также способствует увеличению численности основных эколого-трофических групп микроорганизмов и снижению содержания водорастворимых форм ТМ в почве ризосферы растений.

1. *Белимов А.А.* Микробиологические аспекты устойчивости и аккумуляции тяжелых металлов у растений / А.А. Белимов, И.А. Тихонович // Сельскохозяйственная биология, сер. Биология растений. – М., 2011. – № 3. – С. 10–15.
2. *Белимов А.А.* Использование ассоциативных бактерий для инокуляции ячменя в условиях загрязнения почвы свинцом и кадмием / А.А.Белимов, А.М. Кунакова, В.И. Сафронова // Микробиология. – М., 2004. – Вып. 73. – С. 118–125.

3. *Біологічний азот* / За ред. В.П.Патики. – К.: Світ, 2003. – 422 с.
4. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. *Мікробні препарати у землеробстві* / За ред. В.В. Волкогона. – К.: Аграрна наука, 2006. – 312 с.
6. *Теппер Е.З.* Практикум по микробиологии / Е.З.Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева / М.: Дрофа, 2005. – 256 с.
7. *Belimow A.A.* Effect of associative bacteria on element composition of barley seedlings grown in solution culture at toxic cadmium concentrations / A.A. Belimow, R.-E. Dietz // *Microb. Res.* – 2000. – Vol. 155. – P. 113–121.
8. *Lenka M.* Mercury-tolerance of *Chloe barbata* Sw. and *Cyperus rotundus* L. isolated from contamination sites / M. Lenka, B.L. Dos, K.K. Panda, B.B. Panda // *Biol. Plant.* – 1993. – Vol. 35, № 3. – P. 443–446.
9. *Stajner D.* Nitrogen and *Azotobacter chroococcum* enhance oxidative stress tolerance in sugar beet / D. Stajner, S. Kevreean, O. Gasaic // *Biol. Plant.* – 1997. – Vol. 39. – P. 441–445.
10. *Wilkins D.A.* The measurement of tolerance to edaphic factors by means root growth / D.A. Wilkins // *New Phytol.* – 1978. – Vol. 80, № 3. – P. 623–633.

¹Южная опытная станция Института сельскохозяйственной микробиологии
Национальной академии аграрных наук Украины

Получено 17.06.2011

²Республиканский комитет Автономной республики Крым
по охране окружающей природной среды

УДК 631.461

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЗАЦИИ НА РАЗВИТИЕ *SORGHUM SUDANENSE* (PIPER.) STAPF. И РИЗОСФЕРНУЮ МИКРОФЛОРУ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Л.А. Чайковская¹, Н.А. Сологуб², М.И. Баранская¹

¹Южная опытная станция Института сельскохозяйственной микробиологии
Национальной академии аграрных наук Украины

²Республиканский комитет Автономной республики Крым по охране окружающей природной среды

Изучено влияние бактеризации на устойчивость сорго суданского – *Sorghum sudanense* (Piper.) Stapf. сорта Фиолета к стрессовому воздействию ТМ (Cu, Pb, Cr). Показано, что использование биопрепарата Фосфоэнтерин повышает устойчивость растений к воздействию ТМ на всех этапах их развития. Кроме того, бактеризация способствует возрастанию численности микроорганизмов и снижению содержания водорастворимых форм ТМ в почве ризосферы растений.

UDC 631.461

THE INFLUENCE OF BACTERIZATION ON THE GROWTH OF *SORGHUM SUDANENSE* (PIPER.) STAPF. AND MICROFLORA OF RHIZOSPHERE UNDER THE ACTION OF HEAVY METALS

L.A. Chaikovska¹, N.A. Solohub², M.I. Baranska¹

¹South Experimental Station of Institute of Agricultural Microbiology NAAS, Simferopol, Ukraine

²Republican Committee of Autonomous Republic of Crimea by Protection of Environment

The influence of bacterization on resistance of *Sorghum sudanense* (Piper.) Stapf. of Fioleta cultivar to stress action of heavy metals (Cu, Pb, Cr) have been studied. It was showed that the use of biopreparation Phosphoenterin raised the resistance of plants to the action of HM on all stages of their development. Besides bacterization promoted to increase the numbers of microorganisms and reduced the content of water-soluble forms of HM in soil of plants rhizosphere.