

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF BIOLOGICAL AND MEDICAL

ISSN 2224-5308

Volume 65, Number 312 (2015), 91 – 97

ECOLOGICAL AND FUNCTIONAL REACTION OF ASSOCIATED WITH PLANTS RHIZOSPHERE MICROBIAL COMMUNITY ON THE CONTAMINATION OF SOIL WITH ORGANOCHLORINE PESTICIDES**T. D. Mukasheva¹, R. Zh. Berzhanova¹, A. S. Nurzhanova², S. N. Kalugin¹, R. K. Sydykbekova¹, L. V. Ignatova¹, N. K. Bektileuova¹, A. A. Omirbekova¹**¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,²«Institute of Biology and Biotechnology of Plants» (IBBP), Almaty, Kazakhstan.

E-mail: ramza.berzhanova@kaznu.kz

Keywords: pesticides, phytostabilizers, rhizosphere of plants, phytoremediation, microbial society.

Abstract. Study of rhizosphere microorganisms is dictated by the need to solve both theoretical and some practical problems associated with phytoremediation, searching of valuable strains and construction of plant-microbe symbiotic systems to improve the bioavailability of organochlorine pesticides. During the experiment, the reducing of the concentration of a pesticide was found in rhizosphere zone of studied species of plants, which says about their high accumulative capacity. Thus the number of ecological and physiological groups of microorganisms in the rhizosphere of phytostabilizing plants *Amaranthum retroflexus* and *Artemisia annua* was determined. Assess the number of microorganisms in the rhizosphere of *Amaranthum retroflexus* and *Artemisia annua* plants showed that their content was two - three orders of magnitude higher than that of contaminated soil that may be related to discharge back into the environment of various amino and carboxylic acids, which are a source of food and energy for rhizosphere microorganisms. The study of bacterial diversity in the rhizosphere of plants showed that the dominant genera were presented by *Pseudomonas* and *Bacillus*.

УДК 581.13:500.54

ЭКОЛОГО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ АССОЦИИРОВАННЫХ С РАСТЕНИЯМИ РИЗОСФЕРНЫХ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИМИ ПЕСТИЦИДАМИ**Т. Д. Мукашева¹, Р. Ж. Бержанова¹, А. С. Нуржанова², С. Н. Калугин¹, Р. К. Сыдыкбекова¹, Л. В. Игнатова¹, Н. К. Бектилеуова¹, А. А. Омирбекова¹**¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби,²РГП «Институт биологии и биотехнологии растений» (ИББР)**Ключевые слова:** пестициды, фитостабилизаторы, ризосфера растений, фиторемедиация, микробные сообщества.

Аннотация. Изучение микроорганизмов ризосферы продиктовано необходимостью решения как теоретических, так и ряда практических задач, связанных с фиторемедиацией, поиском ценных штаммов-продуцентов и конструирование растительно-микробных симбиотических систем для повышения биодоступности хлорорганических пестицидов. В процессе эксперимента установлено снижение концентрации пестицида в ризосферной зоне изучаемых видов растений, что предполагает об их высокой аккумуляционной способности. Так, была определена численность эколого-физиологических групп микроорганизмов в ризосфере растений фитостабилизаторов: *Amaranthum retroflexus* и *Artemisia annua*. При оценке численности микро-

организмов в ризосфере растений *Amaranthum retroflexus* и *Artemisia annua* содержание было на два – три порядка выше по сравнению с загрязненной почвой, что может быть связано с выделениями корнями в окружающую среду различных amino- и карбоновых кислот, которые являются источником питания и энергии для ризосферных микроорганизмов. Изучение бактериального разнообразия ризосферы растений показало, что доминирующие были представили родов *Pseudomonas* и *Bacillus*.

Пестициды в настоящее время следует рассматривать как серьезные стрессоры, которые могут быть причиной крупных инцидентов, опасных как для человека, так и для окружающей среды. По разным оценкам, в последние годы в мире используется более 1000 соединений, на основе которых выпускаются десятки тысяч препаративных форм пестицидов. Применение пестицидов привело во многих случаях к нарушению биологического равновесия и остро поставило вопрос об охране окружающей среды. По данным ФАО, ежегодные потери во всем мире от сорняков и вредителей составляют 23,9-46,4 % от потенциально возможной продукции и оцениваются в 75 и более млрд. долларов. Применение ядохимикатов сохраняет значительную часть урожая, поэтому они интенсивно внедряются в сельское хозяйство, что, к сожалению, влечет за собой многочисленные отрицательные последствия. Некоторые ядохимикаты постепенно накапливаются по трофическим цепям и, поступая с продуктами питания в организм человека, вызывают опасные заболевания. Имеются сведения о том, что некоторые биоциды воздействуют на генетический аппарат сильнее, чем радиация. Длительность нахождения пестицидов в почве зависит от их состава. Стойкие соединения сохраняются до 10 лет и более [1].

В последние годы особую актуальность приобретают современные и перспективные методы очистки и восстановления загрязненных почв, а именно фиторемедиация, которая предполагает удаление токсичных соединений из почвы, грунтовых вод и водоемов на основе использования совместного метаболического потенциала микроорганизмов и растений [2-4].

Микробно-растительные взаимодействия широко изучены, однако эти исследования в большинстве случаев направлены на установление взаимоотношений между растением и патогеном, а также повышения продуктивности сельскохозяйственных растений и их устойчивости к различным биотическим и абиотическим стрессовым факторам внешней среды. Только в последние годы экология микроорганизмов ризосферы сфокусировалась на процессах доочистки и восстановления почв, загрязненных ксенобиотическими веществами. Эффективность использования растений для очистки почв от нефтяных углеводородов показана многими исследователями, при этом эффективность выбора и использования конкретного вида растения зависит от способа фиторемедиации.

Особенно эффективными следует считать фиторемедиационные технологии при оздоровлении почв на больших площадях. Из почвы происходит постепенное удаление токсичных соединений путем их усвоения, как растениями, так и микроорганизмами и при этом не нарушается структура почвы, и даже состав ризосферных микроорганизмов остается неизменным [5].

Микроорганизмы, населяющие любую почву, очень разнообразны и часто обладают не совместимыми для одной среды обитания свойствами. Обычно в любой почвенной микронеде оказываются микроорганизмы, способные использовать любой питательный субстрат. Это достигается благодаря наличию в почве колоссального запаса разнообразных почвенных микроорганизмов. Так, при оценке состава микробного ценоза корневой системы растения с окружающей его почвой в первую очередь встает вопрос об общем количественном анализе микроорганизмов и влиянии пестицид загрязненной почвы на численность эколого-физиологических групп микроорганизмов ризосферы растений. Целью работы явилось изучение численности эколого-физиологических групп микроорганизмов растений загрязненных почв.

Материалы и методика исследования

Объекты исследования: фитостабилизаторы *Amaranthus retroflexus* и *Artemisia annua*.

Отбор образцов и определение содержания пестицидов в почве до и после эксперимента, в вегетативных органах растений проводили в период в период цветения. При отборе проб проводили измерение ростовых показателей: биомассу, высоту и длину корневой системы. Остаточное содержание пестицидов определяли с помощью стандартных методов, применяемых в

Казахстане на хроматографе на Shimadzu GC 2010 с использованием капиллярной колонки HP-5 и электронно-захватного детектора [6].

В качестве оценочных критериев детоксикационной способности растений использовали процент снижения пестицидов в ризосферной зоне после эксперимента относительно исходной загрязненности.

Выделение микроорганизмов из ризосферы растений. Растения подкапывают лопатой и после извлечения их из почвы стряхивают с корней непрочно удерживающуюся на них почву и оставляют почву, прочно связанную с корнями. Навеску корней с почвой (10 г) помещают в колбу с 100 мл стерильной воды. Посев проводят обычным способом, путем разведений $1:10^3$, $1:10^4$. После посева корни вынимают из колбы, слегка подсушивают между листами фильтровальной бумаги и взвешивают. По разности массы корней с почвой и отмытых корней узнают массу ризосферной почвы, взятой для анализа. Расчет количества микроорганизмов ведут на 1 г почвы.

Для выделения микроорганизмов ризопланы, корни, стерильно отделенные от растения, в течение 30 мин отмывают от ризосферной почвы в колбе со 100 мл стерильной воды путем перемещения ее на качалке (180 об/мин). Затем отмытые корни крючком вынимают из колбы, помещают в стерильную чашку Петри, разрезают на куски в 5 ~10 мл длиной и после перемешивания отбирают среднюю навеску в 0,5~1 г. Берут не менее трех навесок. Каждую навеску помещают в 100 мл стерильной воды и обрабатывают на микроизмельчителе тканей в течение 5 мин. После минутного отстаивания суспензии готовят разведения и производят посев на плотные питательные среды. Для обнаружения и определения численности аммонофикаторов использовали среду МПА, а на среде Сабуро – учитывали численность дрожжей и грибов, и на среде МПА/Сабуро – численность, спорообразующих микроорганизмов, среда Чапека позволяла определить численность бактерий и актинобактерий, использующих неорганические соединения азота, и микроорганизмов, участвующих в переработке растительных остатков учитывали на глюкозо-пептонно-дрожжевой среде (ГПДС) [7-8].

Результаты и их обсуждение

Растительность и связанные с нею микроорганизмы играют важную роль в поведении загрязнителей почвы. Одним из наиболее важных элементов является корневой экссудат, так как это может повлиять на подвижность и, следовательно, на биодоступность загрязнителя почвы. Показано, что ризосферная почва многих видов растений имеет потенциал к поддержанию деградации различных пестицидов, через стимуляцию активности микроорганизмов с помощью экссудатов. Экссудаты не только стимулируют микробный рост, но также изменяют pH почвы, выступая в качестве хелирующих агентов. Некоторые авторы отмечают, что секретируемые ферменты в экссудатах, выделяемые корневой системой и почвенными микроорганизмами, наоборот, могут ухудшать подвижность пестицидов в почве. Благодаря корневым экссудатам микробные популяции и их активность в 5-100 раз выше в ризосфере по сравнению с основной массой почвы. Такое индуцированное растениями увеличение численности микроорганизмов и их активности называется «ризосферным эффектом». И поэтому вначале было проведено определение остаточного количества пестицидов в почве, растительных организмах и ризосфере тепличных условиях. [9-13].

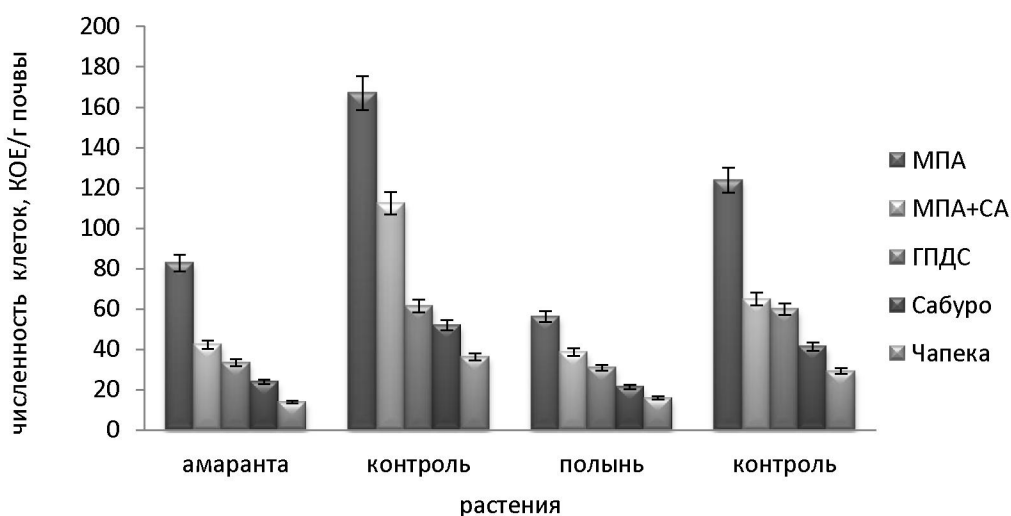
Для оценки детоксикационного потенциала изучаемых видов растений провели статистический расчет процента фитоэкстракции пестицидов и снижения концентрации их в ризосферной зоне (таблица 1). В процессе эксперимента (продолжительностью 5-6 месяцев) было установлено, что часть пестицидов в сосуде деградировала. Остаточное количество пестицидов в почве после эксперимента была ниже, чем до эксперимента. В условиях без растений в почве после окончания эксперимента снизилось на 25%, что свидетельствует о детоксикации пестицидов в исходной почве естественным путем. Количество пестицидов в горшке относительно их сырой массы составляло до эксперимента 20420 мкг (сумма 4.4ДДЕ и 4.4ДДТ), а после эксперимента осталось 15315 мкг. Полученные результаты согласуются с данными литературы о том, что способность почвенных микроорганизмов метаболизировать ксенобиотики в почве играет основную роль в уменьшении нагрузки пестицидов на окружающую среду [14].

Таблица 1 – Остаточное количество хлорорганических пестицидов в вегетативных органах фитостабилизаторов

Виды	Образцы	Масса, кг	Концентрация пестицидов ($\mu\text{г кг}^{-1}$)	Фитоэкстракция, $\mu\text{г}$	Снижение концентрации пестицидов относительно исходного загрязнения, %
4.4'ДДЕ					
<i>Amaranthum retroflexus</i>	Почва	5	2750±87	13750	100
	Надземная часть	0.036	85±3	3,1	0,06
	Корень	0.003	1860±15	5,6	
	Ризосфера	5	2280±62	11400	83
<i>Artemisia annua</i>	Почва	5	2750±87	13750	100
	Надземная часть	0.039	76±9	2,9	0,13
	Корень	0.003	1641±45	14,7	
	Ризосфера	5	2350±24	11750	85
4.4'ДДТ					
<i>Amaranthum retroflexus</i>	Почва	5	1334±45	6670	100
	Надземная часть	0.040	100±7	4,0	0,10
	Корень	0.003	920±11	2,8	
	Ризосфера	5	1027±80	5135	77
<i>Artemisia annua</i>	Почва	5	1334±45	6670	100
	Надземная часть	0.053	66±12	2,6	0,10
	Корень	0.003	1541±32	4,6	
	Ризосфера	5	1100±65	5500	82

Анализ остаточного количества метаболитов 4.4'ДДТ и 4.4'ДДЕ в вегетативных органах растений (*Amaranthu retroflexus* и *Artemisia annua*) подтвердил, что растения накапливают в вегетативных органах больше метаболита 4.4'ДДТ, чем 4.4'ДДЕ (таблица 1, рисунок). Изученные виды обладают высокой аккумуляционной способностью 4.4'ДДЕ до 82 ПДК, а 4.4'ДДТ до 99 ПДК (ПДК для растений 20 мкг/кг).

Учет численности микроорганизмов в контрольных образцах почвы показал, что содержание всех эколого-физиологических групп микроорганизмов в ризосфере амаранта и полыни было на



Численность эколого-физиологических групп микроорганизмов в ризосфере растений фитостабилизаторов

два – три порядка выше по сравнению с загрязненной почвой. В контрольной почве под растениями созданы благоприятные условия для размножения всех групп почвенных микроорганизмов и содержания микроорганизмов в почве под амарантом зависит от выделения корнями в окружающую среду различных аминокислот и карбоновых кислот, которые являются источником питания и энергии для ризосферных микроорганизмов (рисунок) [15].

При определении численности микроорганизмов в ризосфере растений фитостабилизаторов: *Amaranthum retroflexus* и *Artemisia annua*, выращенной на загрязненной почве, установлено, что количество бактерий, участвующих в круговороте азота (учитываемые на питательной среде МПА) было выше по сравнению с остальными эколого-физиологическими группами микроорганизмов. Так, их количество в корневой системе растений *Amaranthum retroflexus* и *Artemisia annua* составило от $56,1 \pm 4,1 \times 10^3$ до $82,6 \pm 4,4 \times 10^3$ КОЕ/г почвы соответственно. Наблюдения показали, что обильный и бурный рост аммонификаторов происходит в период цветения растений. Численность спорообразующих микроорганизмов, определяемые на среде МПА/Сабуро было в пределах от $38,4 \pm 2,3 \times 10^3$ до $42,1 \pm 3,5 \times 10^3$ КОЕ/г почвы. Среди других почвенных микробов, не относящихся к истинным бактериям, комплекс ризосферных актинобактерий был обнаружен в небольшом количестве. Их содержание в ризосфере растений фитостабилизаторов в среднем равнялось следующим значениям $13,8 \pm 1,3 \times 10^3$ и $15,7 \pm 1,8 \times 10^3$ КОЕ/г почвы соответственно. В небольшом количестве из ризосферы растений были выделены и дрожжевые организмы, что составило $21,3 \pm 0,9 \times 10^3$ и $23,8 \pm 1,1 \times 10^3$ КОЕ/г почвы соответственно.

Для изучения бактериального разнообразия в ризосфере растений был выбран комплекс факультативно-аэробных сапротрофных бактерий (ФАСК), растущих на глюкозо-пептонно-дрожжевой среде (ГПДС) и участвующих в переработке растительных остатков [16]. Так, численность микроорганизмов, участвующих в переработке растительных остатков варьировала от $33,3 \pm 4,5 \times 10^3$ до $61,4 \pm 1,1 \times 10^3$ КОЕ/г почвы.

Изучение бактериального разнообразия ризосферы растений проводили, анализируя морфологические и культуральные признаки сообщества бактерий, выращенных на на глюкозо-пептонно-дрожжевой среде (ГПДС). Сообщества бактерий в ризосфере растений в присутствии углеводов оценивали по частоте встречаемости представителей различных родов. Частота встречаемости (%) определялась как доля образцов, в которых обнаружен данный род, от общего числа проанализированных образцов. По частоте встречаемости в образцах бактерий были ранжированы по 3 группам: доминирующие (частота встречаемости составляет более 60%), типичные (от 30 до 60%) и редкие (менее 30%).

Из данных таблицы 2 видно, что для бактериального сообщества независимо от растений и места выделения характерно доминирование бактерий родов *Pseudomonas* и *Bacillus*.

Таблица 2 – Структура бактериального сообщества по частоте встречаемости в ризосфере растений

Место выделения	Доминанты	Типичные	Редкие
Почва			
<i>Amaranthum retroflexus</i>	<i>Bacillus</i> <i>Mycobacterium</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>Arthrobacter</i> <i>Rhodococcus</i> <i>Streptomyces</i> <i>Koguria (Micrococcus)</i>	<i>Agrobacter</i> <i>Nocardia</i>
<i>Artemisia annua</i>	<i>Bacillus</i> <i>Mycobacterium</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>Arthrobacter</i> <i>Rhodococcus</i> <i>Streptomyces</i>	<i>Agrobacter</i> <i>Koguria (Micrococcus)</i>
Ризосфера			
<i>Amaranthum retroflexus</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>Bacillus</i>	<i>Arthrobacter</i> <i>Rhodococcus</i>	<i>Mycobacterium</i>
<i>Artemisia annu</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>Bacillus</i>	<i>Arthrobacter</i> <i>Rhodococcus</i>	<i>Mycobacterium</i>
Ризосфера загрязненной почвы			
<i>Amaranthum retroflexus</i>	<i>Bacillus</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>Rhodococcus</i>	<i>Pedobacter</i> <i>Sphingopyxis</i>
<i>Artemisia annu</i>	<i>Bacillus</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>Rhodococcus</i>	<i>Sphingopyxis</i>

Частота встречаемости этих родов бактерий была высокой и поэтому данные роды отнесены к доминирующим или типичным родам в почве и ризосфере у исследуемых растений. Приведенные в таблице 2 данные показывают, что наиболее богато (доминантные) в ризосфере у растений представлены роды грамположительных бактерий. По частоте встречаемости доминировали роды *Arthrobacter* и *Rhodococcus*. На долю этих родов приходилось от 35 до 58%. Представители родов *Agrobacter* и *Koguria (Micrococcus)* являются редкими в почве, частота их встречаемости составляла от 5 до 20%.

Родовое разнообразие бактерий практически не отличалось от образцов ризосферы растений, выращенных на загрязненной почве (таблица 2). Однако загрязнение меняло соотношения встречаемости различных родов бактерий в ризосфере растений. Так, популяция бактерий рода *Bacillus* также получали преимущество в ризосфере растений настолько, что более половины из выделенных бактерий этих родов обладали деструктивной активностью [17]. Кроме того, в ризосфере доминантными и наиболее типичными представителями бактерий стали представители рода *Rhodococcus*. На долю этих бактерий приходилось от 32 до 42%.

Таким образом, проведенные наблюдения за изменением численности микроорганизмов в ризосфере растений произрастающих в почве, содержащей пестициды, позволило сделать вывод об их избирательном влиянии на различные эколого-физиологические группы микроорганизмов. Более того, загрязнение почвы пестицидами стимулировало размножение некоторых групп микробов, что свидетельствует об использовании ими в качестве источников питания и энергии пестицидов, и, следовательно, разрушении их.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Lunney A.I., Zeeb B.A., Reimer K.J. Uptake of DDT weathered in vascular plants: potential for phytoremediation // Environmental Science Technology – 2004. – Vol.38. – P.6147-6154.
- [2] Gerhardt, K. E., Huang, X. D., Glick, B. R., and Greenberg, B. M. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: Potential and challenges // Plant Sci. – 2009. – Vol. 176. – P. 20–30.
- [3] Liu, J. C., Cui, Y. S., Zhang, Y. P., and Zou, S. Z.: Effect of Plants and Microorganisms on Remediation of Petroleum Contaminated Soil // J. Ecol. Rural Environ. – 2009. – Vol. 25. – P.80–83.
- [4] Siciliano S.D., Germida J. J. Mechanisms of phytoremediation: biochemical and ecological interactions between plants and bacteria // Environ. Rev. – 1998. – Vol. 6. – P. 65-79
- [5] Trapp S., Karlson U Aspects of phytoremediation of organic pollutants // *Journal of Soils and Sediments*. – 2001. – Vol 1. – P. 37-43.
- [6] Chacko C.J., Lokwood J.K. Accumulation of DDT by microorganisms // Microbiology. – 1987. – V. 13, № 8. – P. 515-516.
- [7] Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: МГУ, 1991. –С. 59-75.
- [8] Нетрусов А.Н. Практикум по микробиологии - М.: Academia, 2005. – 608 с.
- [9] Anderson T.A., Kruger E.L., Coats J.R. Biological degradation of pesticide wastes in the root zone of soils collected at an agrochemical dealership // In Bioremediation Through Rhizosphere Technology, Chapter 16, P.199–209.
- [10] Tong Y, Kneer R., Zhu Y. Vacuolar compartmentalization: a second-generation approach to engineering plants for phytoremediation // Trends in Plant Science. –2004. – Vol.9, № 1. – P. 7-9.
- [11] Kruger E.L., Anhalt J.C., Sorenson D., Nelson B., Chouhy A.L., Anderson T.A., Coats J.R. Atrazine degradation in pesticide-contaminated soils: phytoremediation potential // In Phytoremediation of Soil and Water Contaminants. ACS symposium series. 563. – Washington. DC, 1997. – P. 54-64.
- [12] Siciliano S.D., Goldie H Germida J.J. Enzymatic activity in root exudates of Dahurian wild rye (*Elymus dauricus*) that degrades 2-chlorobenzoic acid // Agricultural and Food Chemistry. – 1998. – Vol. 46. – P. 5-7.
- [13] Wenzel W.W., Lombi E., Adriano D.C. Biogeochemical processes in the rhizo shere: Role in phytoremediation of metal polluted soils // Heavy metal stress in plants - From molecules to ecosystems – Berlin: Springer, 1999. – P. 271-303.
- [14] Anderson T.A., Coats J.R. Screening rhizosphere soil samples for the ability to mineralize elevated concentrations of atrazine and metolachlor // Environmental Science and Health (Part B). – 1995. – Vol. 30. – P. 473-484.
- [15] Либерштейн М. Взаимодействие пестицидов с микроорганизмами. – Кишинев: Штиинца, 1984. – С. 60 – 68.
- [16] Добровольская Т.Г., Головченко А.В., Лысак Л.В., Зенова Г.М. Физикохимия и биология торфа методы оценки численности и разнообразия бактериальных и актиномицетных комплексов торфяных почв. – Томск, 2010 – 100 с.
- [17] Dimpka C, Weinand T, Asch F.Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stresses conditions // Plant Cell Environ – 2009. – Vol. 32. – P. 1682-1694.

REFERENCES

- [1] Lunney A.I., Zeeb B.A., Reimer K.J. Uptake of DDT weathered in vascular plants: potential for phytoremediation // Environmental Science Technology – 2004. – Vol.38. – P.6147-6154.
- [2] Gerhardt, K. E., Huang, X. D., Glick, B. R., and Greenberg, B. M. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: Potential and challenges // Plant Sci. – 2009. – Vol. 176. – P. 20–30.

- [3] Liu, J. C., Cui, Y. S., Zhang, Y. P., and Zou, S. Z.: Effect of Plants and Microorganisms on Remediation of Petroleum Contaminated Soil // J. Ecol. Rural Environ. - 2009. - Vol. 25. - P.80-83.
- [4] Siciliano S.D., Germida J. J. Mechanisms of phytoremediation: biochemical and ecological interactions between plants and bacteria // Environ. Rev. - 1998. - Vol. 6. - P. 65-79
- [5] Trapp S, Karlson U Aspects of phytoremediation of organic pollutants // *Journal of Soils and Sediments*. - 2001. - Vol 1. - P. 37-43.
- [6] Chacko C.J., Lokwood J.K. Accumulation of DDT by microorganisms // *Microbiology*. - 1987. - V. 13, № 8. - P. 515-516.
- [7] Zvyagintsev D.G. Methods of soil microbiology and biochemistry. - M.: MGU, 1991. -С. 59-75.
- [8] Netrusov A.N. Workshop on microbiology - M.: Academia, 2005. - 608 p
- [9] Anderson T.A., Kruger E.L., Coats J.R. Biological degradation of pesticide wastes in the root zone of soils collected at an agrochemical dealership // In *Bioremediation Through Rhizosphere Technology*, Chapter 16, P.199-209.
- [10] Tong Y, Kneer R., Zhu Y. Vacuolar compartmentalization: a second-generation approach to engineering plants for phytoremediation // *Trends in Plant Science*. -2004. - Vol.9, № 1. - P. 7-9.
- [11] Kruger E.L., Anhalt J.C., Sorenson D., Nelson B., Chouhy A.L., Anderson T.A., Coats J.R. Atrazine degradation in pesticide-contaminated soils: phytoremediation potential // In *Phytoremediation of Soil and Water Contaminants*. ACS symposium series. 563. - Washington, DC, 1997. - P. 54-64.
- [12] Siciliano S.D., Goldie H Germida J.J. Enzymatic activity in root exudates of Dahurian wild rye (*Elymus dauricus*) that degrades 2-chlorobenzoic acid // *Agricultural and Food Chemistry*. - 1998. - Vol. 46. - P. 5-7.
- [13] Wenzel W.W., Lombi E., Adriano D.C. Biogeochemical processes in the rhizo shere: Role in phytoremediation of metal polluted soils // *Heavy metal stress in plants - From molecules to ecosystems* - Berlin: Springer, 1999. - P. 271-303.
- [14] Anderson T.A., Coats J.R. Screening rhizosphere soil samples for the ability to mineralize elevated concentrations of atrazine and metolachlor // *Environmental Science and Health (Part B)*. - 1995. - Vol. 30. - P. 473-484.
- [15] Libershteyn M. Interaction of pesticides with microorganisms. - Chisinau: Shtiintsa, 1984. - S. 60 - 68.
- [16] Dobrovolskaya T.G., Holovchenko A.V., Lisak L.V., Zenova G.M. Physical chemistry and biology peat methods for estimating abundance and diversity of bacterial and actinomycete complexes of peat soils. - Tomsk, 2010 - 100 p.
- [17] Dimpka C, Weinand T, Asch F. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stresses conditions // *Plant Cell Environ* - 2009. - Vol. 32. - P. 1682-1694.

ӨСІМДІКТЕР МЕН РИЗОСФЕРАЛЫҚ МИКРОБТАР БІРЛЕСТІГІНІҢ ҚАУЫМДАСТЫҚТАРЫНЫҢ ХЛОРООРГАНИКАЛЫҚ ПЕСТИЦИДТТЕРМЕН ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҚТАРҒА ЭКОЛОГИЯЛЫҚ-ФУНКЦИОНАЛЬДІ ӘСЕРІ

Т. Д. Мұқашева¹, Р. Ж. Бержанова¹, А. С. Нұржанова², С. Н. Калугин¹,
Р. К. Сыдықбекова¹, Л. В. Игнатова¹, Н. К. Бектілеуова¹, А. А. Өмірбекова¹

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

²«Өсімдіктердің биологиясы және биотехнологиясы институты» (ӨББИ), Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: пестицидтер, фитотұрақтандырғыштар, өсімдік ризосферасы, фиторемедиация, микробты қауымдастық.

Аннотация. Ризосфера микроорганизмдерін зерттеу фиторемедиацияға байланысты бағалы продуцент-штамдарды іздеуде және хлороорганикалық пестицидтердің биожетімділігін жоғарылату үшін өсімдік-микробты селбестік жүйелерін құрауға теориялық және бірқатар практикалық мәселердің шешімін табуға бағытталған. Эксперимент барысында зерттелген өсімдіктің ризосфера аймағында пестицидтердің мөлшері төмендегені байқалған, бұл олардың аккумуляциялық қабілеттерінің жоғары екендігін көрсетеді. Сонымен қатар фитотұрақтандырғыш өсімдіктер *Amaranthum retroflexus* және *Artemisia annua* ризосферасында микроорганизмдердің экологиялық-физиологиялық топтарының саны анықталды. *Amaranthum retroflexus* және *Artemisia annua* өсімдіктерінің ризосферасындағы микроорганизмдердің санын анықтау барысында, ластанған топырақпен салыстырғанда олардың екі-үш есе ұлғайғандығы байқалды. Бұл тамырдан қоршаған ортаға ризосфералық микроорганизмдерінің қоректену және энергия көзі болып табылатын түрлі амин- және карбон қышқылдарының бөлінуімен байланысты. Өсімдіктер ризосферасының бактериялық алуантүрлілігін зерттеу кезінде *Pseudomonas* және *Bacillus* туысының өкілдері басым екендігі анықталды.

Поступила 05.11.2015 г.