

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF BIOLOGICAL AND MEDICAL

ISSN 2224-5308

Volume 5, Number 317 (2016), 154 – 161

S. N. Kalugin¹, A. A. Nurzhanova², N. S. Yelibayeva¹, S. A. Efremov¹, R. Aligulova²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

²Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: kalugin_sn_org@mail.ru

OPTIMIZATION OF PHYTOREMEDIATION OF ORGANOCHLORINE PESTICIDES CONTAMINATED SOIL USING TETRAHYDROPYRAN CONTAINING COMPOSITIONS

Abstract. The most important components of technology phytoremediation of organochlorine pesticides contaminated soil are phytoextraction and phytostabilization. Phytoextraction depends on the hydrophobicity of the pollutant. The degree of hydrophobicity ($\log K_{ow}$) predetermines the efficiency of absorption and movement of pollutant in plants. Therefore, in order to increase efficiency of phytoremediation technology, the favorable conditions of the environment should be selected.

This paper presents the results the influence of tetrahydropyran compositions (shungit 250 g and semicarbazone 3-heptyloxane-4-one in concentration 0.0001%) on the growth and development of wild species *Xanthium strumarium* and hyperaccumulator *Cucurbita pepo* L. *pumpkin*, on the process of organochloride pesticides migration – 4.4'DDT, 4.4'DDD, 4.4'DDE metabolites dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) in the system of "soil-root-aboveground". It is established that that the induction of phytoremediation of contaminated soil by compositions increases biomass plant to 1.2 times, phytoextraction to 6 times, the coefficient of biological absorption to 50%, and the migration of pesticide from the root to aboveground to 25 %. One plant of *C. pumpkin* extracts 8,8 mg of 4.4'DDE metabolite and 3.4 mg of 4.4'DDD metabolite 2.4'DDD from polluted soil and *X. strumarium* – 2,8 mg and 2.3 mg respectively.

Keywords: phytoremediation, metabolite of dichlorodiphenyltrichloroethane, growth stimulants, bioavailability.

УДК 581.13.:504.054

С. Н. Калугин¹, А. А. Нуржанова², Н. С. Елибаева¹, С. А. Ефремов¹, Р. Алигулова²

¹КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

²Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан

ОПТИМИЗАЦИЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ХЛОРОГАНИЧЕСКИМИ ПЕСТИЦИДАМИ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ ТЕТРАГИДРОПИРАНСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ

Аннотация. Важнейшими компонентами технологии восстановления загрязненной хлорорганическими пестицидами почвы при помощи растений являются фитоэкстракция и фитостабилизация. Фитоэкстракционный потенциал растительного организма зависит от гидрофобности загрязнителя. Степень гидрофобности ($\log K_{ow}$) во многом предопределяет эффективность поглощения и передвижения загрязнителя в растениях. Поэтому для повышения эффективности технологии фиторемедиации необходимо подбирать благоприятные условия среды.

В работе представлены результаты влияния тетрагидропирансодержащих композиций (шунгит 250 г и семикарбазон 3-гептилоксан-4-она в концентрации 0,0001%) на рост и развитие дикорастущего вида

Xanthium strumarium и гипераккумулятора *Cucurbita pepo* L. *pumpkin*, на миграционную способность хлорорганических пестицидов – 4,4' ДДТ, 4,4' ДДД, 4,4' ДДЕ метаболиты дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) в системе «почва – корневая система – надземная часть». Установлено, что индуцирование фиторемедиации загрязненных почв с помощью композиции повышает биомассу растительного организма до 1,2 раза, фитоэкстракционный потенциал до 6 раз, коэффициент биологического поглощения до 50%, а коэффициент миграции пестицидов из корневой системы в надземную часть до 25%. Одно растение *C. pumpkin* экстрагирует из загрязненной почвы 8,8 мкг метаболита 4,4' ДДЕ и 3,4 мкг метаболита 2,4' ДДД, а *X. strumarium* – 2,8 мкг и 2,3 мкг соответственно.

Ключевые слова: фиторемедиация, фитоэкстракция, метаболиты дихлордифенилтрихлорэтана, стимуляторы роста, биодоступность.

Введение. Одним из необходимых шагов на пути предотвращения токсического действия загрязнителей на окружающую среду и человека является ремедиация загрязненных почв. Традиционные технологии очистки загрязненных почв, чрезвычайно энергоемки и требуют больших капиталовложений. К примеру, высокотемпературная кремация в высокотехнологичных печах является весьма дорогой процедурой. Захоронение в могильниках также требует значительных финансовых затрат. Кроме того, загрязнители за долгие годы нахождения под открытым небом в больших концентрациях впитываются в почву и, следовательно, необходимо удалять не только собственно пестициды, но и огромные объемы грунта. Микроорганизмы не способны удалять из почвы и воды вредные для здоровья тяжелые металлы – например, мышьяк, кадмий, медь, ртуть, селен, свинец, а также стойкие пестициды и радионуклиды. Поэтому биотехнологические методы ремедиации являются малоэффективными для них из-за медленной деградации микроорганизмами [1]. Как показывает мировая практика, одним из наиболее действенных приемов защиты окружающей среды от химических загрязнителей среды является технология фиторемедиации. Фиторемедиационная технология – это восстановление загрязненной ксенобиотиками почвы с помощью растений и применяется непосредственно в районе загрязнения *in situ* [2-4]. Важнейшими компонентами технологии восстановления загрязненной хлорорганическими пестицидами почвы при помощи растений являются фитоэкстракция и фитостабилизация [5].

Несмотря на бурное развитие технологии восстановления загрязненных почв с помощью растений существуют трудности с коммерсализацией технологии, во-первых, из-за низкой биомассы растений, во-вторых, в связи с отсутствием технологии выращивания их в промышленных масштабах. Низкий процент фитоэкстракции связан с медленным ростом растений и ограниченной подвижностью загрязнителей в почве. Снижение биодоступности, растениями объясняется тем, они из-за высокой гидрофобности сорбируются в почве или на внешней поверхности корневой системы растений, а в почве они связываются с органическими или неорганическими соединениями (хелатируют), становятся изолированными в пределах естественных твердых частиц почвы [6]. Степень гидрофобности ($\log K_{ow}$) во многом предопределяет эффективность поглощения и передвижения загрязнителя в растениях. У хлорорганических пестицидов коэффициент $\log K_{ow}$ 3-8. Поэтому эффективность фиторемедиации почв зависит от продуктивности растений. С большей биомассой из почвы удаляется большее количество поллютантов, поступившее в растительный организм. В ряде исследований [7, 8] показана прямая зависимость продуктивности растений от их фотосинтетической активности. То есть, эффективность работы фотосинтетического аппарата растений является одним из важнейших показателей, определяющих эффективность фиторемедиации.

В этой связи, представляет научный и практический интерес использование в технологии фиторемедиации производных тетрагидропирана, стимулирующих рост растений и их композиций с углеродсодержащими продуктами. Установлено, что производные оксана обладают способностью увеличивать всхожесть, рост и биомассу растительного организма увеличивать миграционную способность метаболитов ДДТ в системе «почва–корневая система–надземная часть». Внесение в почву композиции шунгитового углеродминерального сырья (250 г) и производного тетрагидропирана (0,00001%) положительно сказывалось на динамике роста растений продуктивности растительного организма и всхожести [9].

Материалы и методы исследования. Для разработки фитотехнологии загрязненных хлорорганическими пестицидами почв вокруг территории бывших хранилищ пестицидов, расположенный в поселке Кызыл-Кайрат (Талгарский район Алматинской области) был заложен эксперимент

с общей площадью 100 м² (рисунок). Участки были обработаны и разделены на 10 мелких делянок. В качестве объектов исследования использовали следующие ремедианты: *Xanthium strumarium* L. (дурнишник обыкновенный) - фитоаккумулятор хлорорганических пестицидов и *Cucurbita pepo* L. *pumpkin* - гипераккумулятор метаболита 4.4 ДДЕ.



Xanthium strumarium L.
(Дурнишник обыкновенный)



Cucurbita pepo L. *pumpkin*
Тыква декоративная *Griff du Diable*

Экспериментальный участок на территории бывших хранилищ пестицидов
(пос. Кызыл Кайрат, Талгарский район Алматинская область)

Казахстан занимал одно из ведущих мест по применению химических средств защиты растений, в частности ДДТ. Несмотря на запрет применения указанных пестицидов в 1970 годах прошлого века на сегодняшний день приходится констатировать факт, что они все еще загрязняют окружающую среду. Хлорорганические пестициды, в частности ДДТ – стойкие органические загрязнители. Они обладают способностью сохраняться в окружающей среде в течение длительного времени, переносятся на большие расстояния, накапливаться в тканях всех живых организмов и вызывать токсические нарушения самого широкого спектра, канцерогенные и мутагенные эффекты [10].

Хроматографический анализ показал, что почва вокруг хранилищ пестицидов содержит метаболиты ДДТ (4.4ДДТ, 4.4ДДТ, 4.4ДДЕ) концентрации, которых превышали ПДК до 50 раз (таблица 1).

Таблица 1 – Остаточное количество хлорорганических пестицидов в почве вокруг территории хранилищ пестицидов
(Талгарский район пос. Кызыл-Кайрат)

Загрязнители	Остаточное количество пестицидов, мкг кг ⁻¹	ПДК
4.4' ДДЕ	2750±88	100
4.4. ДДД	933±48	<1
4.4' ДДТ	1334±45	100
Сумма	5017	

Высокая концентрация метаболитов ДДТ в почве вокруг хранилищ пестицидов свидетельствует о высоко уровне загрязнения почв. Рекультивация почв вокруг этих участков – важный шаг для решения экологических проблем в стране.

Для усиления доступности загрязнителей почвы и повышения продуктивности растений во время всхожести семян обрабатывали композицией (шунгит 250 г + семикарбазон 3-гептилоксан-

4-она в концентрации 0,0001%) [17]. В качестве контроля использовали загрязненные участки без растений, загрязненные участки с внесением композиции.

Синтез гетероциклического соединения осуществлен взаимодействием семикарбазида с 3-гептилтетрагидропиран-4-оном, полученным по реакции оксиметилирования децен-1 [11].

В процессе онтогенеза изучали рост и развитие растений: учитывали высоту растений через каждые 10 дней, фенологические фазы развития, а в период отбора проб (стадия цветения) учитывали массу надземной и корневой части, длину корневой системы и высоту надземной части.

Отбор образцов и определение содержания пестицидов в почве до и после эксперимента, в вегетативных органах растений проводили 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 НР-5 и электронно-захватного детектора [12].

В качестве оценочных критериев детоксикационной способности растений использовали процент снижения пестицидов в ризосферной зоне после эксперимента относительно исходной загрязненности. В качестве оценочных критериев аккумуляционной способности растений – остаточное количество пестицидов в почве до и после эксперимента, в надземной части и корневой системе.

Все экспериментальные данные статистически обрабатывали общепринятыми методами [13] построение графиков, диаграмм проводили после обработки данных с использованием компьютерной программы «Microsoft Excel».

Результаты исследования и их обсуждение

При изучении роста и развития установлено, что внесение композиции в загрязненную пестицидами почву существенно изменяли физиологические параметры растений. При внесении в загрязненную почву композиции общая биомасса *C. pumpkin* по сравнению с растениями, произрастающих на загрязненной почве возрастала от 1,3 до 1,5 кг/м², а корневой системы от 0,06 до 0,09 кг/м², *Xanthium strumarium* – от 1,8 до 1,9 кг/м², а корневой системы от 0,2 до 0,3 кг/м².

X.strumarium – высота растений в зависимости от условий среды варьировало от 75,2±0,7 до 83,1±0,8 см, длина корневой системы – 23,9±0,8 до 28,5±0,5 см, общая биомасса – 80,7±1,6 до 85,9 ±1,9 г. Период от посева до периода цветения – 45-60 дней. Количество растений на 1 м² – 25 растений.

C. pumpkin – высота растений в зависимости от условий среды варьировало от 65,4±1,9 до 73,4±1,7 см, длина корневой системы – 25,6±1,9 до 27,3±0,1 см, общая биомасса – 115,8±4,5 до 129,3±3,7 г. Период от посева до периода цветения – 60-85 дней. Количество растений на 1 м² – 12 растений.

Хроматографический анализ показал, что (таблица 2).

Концентрации метаболитов ДДТ в вегетативных органах растений, произрастающих на загрязненной почве превышали ПДК до 225 раз (ПДК для растений 20 мкг/кг). Так, содержание пестицидов в вегетативных органах гипераккумулятора *C.pumpkin* составило 4501 мкг кг⁻¹, а при внесении в загрязненную почву композиции возросло практически в 2 раза – 5884 мкг кг⁻¹, а дикорастущего вида *X. strumarium* – 2131 и 3795 мкг кг⁻¹ соответственно. Содержание пестицидов в вегетативных органах растений является количественным показателем. В связи с этим, с учетом биомассы и концентрации пестицидов в вегетативных органах, подсчитали, сколько пестицидов может экстрагировать из загрязненной почвы за вегетационный период одно растение (от начала всходов до стадии цветения). Внесение в загрязненную почву композиции в период всходов повысило экстракционный потенциал растений в 6 раз и биомассу растительного организма в 1,2 раза. Одно растение *C. pumpkin* экстрагировало из загрязненной почвы 8,8 мкг метаболита 4.4ДДЕ и 3,4 мкг метаболита 2.4 ДДД, а *X. strumarium* – 2,8 и 2,3 мкг соответственно. Исходя из этих данных, можно предположить, что накопительная способность растений является регулируемым процессом: увеличение растительной биомассы повышает накопление пестицидов в вегетативных органах растительного организма.

Таблица 2 – Концентрация пестицидов и масса растений с трех исследуемых участков; один участок без ростостимулятора, второй с ростостимулятором и третий с композицией

Вариант опыта	Вегетативные органы	Масса, кг	Остаточное количество пестицидов, $\mu\text{г кг}^{-1}$			Фито-экстракция, $\mu\text{г}$
			4.4' ДДЕ	4.4' ДДД	4.4' ДДТ	
Cucurbita pepo ssp. pumpkin						
Загр. почва	Надземная часть	0,111	760±74	250±12	210±14	135
	Подземная часть	0,005	1670±29	430±21	1181±53	16
Загр. почва + СК	Надземная часть	0,119	488±24	225±21	204±19	109
	Подземная часть	0.018	1780±22	390±16	1450±65	65
Загр. почва + композиция	Надземная часть	0,122	505±11	249±8	260±11	123
	Подземная часть	0,019	3100±45	170±20	1600±54	92
Xanthium strumarium						
Загр. почва	Надземная часть	0,071	391±9	0	0	28
	Подземная часть	0,009	670±5	230±4	840±17	16
Загр. почва + СК	Надземная часть	0,080	612±20	0	750±25	108
	Подземная часть	0,016	409±14	430±21	942±22	28
Загр. почва + композиция	Надземная часть	0,088	812±9	0	702±11	133
	Подземная часть	0,019	1250±31	300±8	731±16	43
Примечания: 1) Загр. почва – загрязненная почва. 2) СК – 2,2- семикарбазон диметилосан- 4-он. 3) Загр. почва + композиция (шунгит 250 г + СК с концентрацией 0,0001%).						

Для оценки степени извлечения загрязнителей из почвы растениями использовали коэффициент биологического поглощения, показывающий долю загрязнителя, перешедшего из загрязненной почвы в растение за вегетационный период и коэффициент транслокации, свидетельствующей о способности переносить загрязнители в системе «почва – корень – надземная часть». Значения коэффициента ближе к единице и выше показывают способность растений транслоцировать загрязнители в надземные органы. Значения ближе к единице и выше обычно используют для тяжелых металлов, а для метаболитов ДДТ используют значения ближе к 0,5 и выше [1]. Анализ экспериментальных и расчетных данных показывает, что в присутствии в загрязненной почве композиции с ростостимулирующим веществом повышается степень извлечения пестицидов всеми исследуемыми растениями. Коэффициент биологического поглощения пестицидов у вида *X.strumarium* в зависимости от условий среды варьировал от 1,8 до 2,2, а *C. pumpkin* – от 2 до 3. Это может быть связано как с анатомо-морфологическими особенностями, так и с физиолого-биохимическими свойствами, зависящими от индивидуальных особенностей метаболизма растения, скоростью протекания биохимических реакций, направленных на связывание токсикантов, например, с белками цитоплазмы. Основным органом накопления пестицидов у изученных видов была корневая система. Однако при дополнительном внесении в загрязненную почву композиции увеличилась миграция пестицидов в системе «почва – корень – побеги». Коэффициент транслокации метаболита 4.4ДДЕ повысилось у гипераккумулятора *C. pumpkin* от 0.4 до 0.5. Полученные результаты согласуются с литературными данными о том, что для усиления биодоступности хлорорганических пестицидов в системе «почва – растение» необходимо подбирать благоприятные условия среды [14-17].

Известно, что детоксикация пестицидов происходит за счет следующих факторов: адсорбции пестицидов растением; миграции пестицидов в структуре почвы; выноса пестицидов водой и испарения; фото - и химического разложения; транслокации пестицидов из корневой системы в надземную часть растений и биологического разложения. Основными процессами детоксикации пестицидов в почве являются аккумуляция и биологическое разложение [18]. Фитоэкстракционный потенциал подсчитывали для каждого вида растений. Учитывали биомассу, остаточное

количество хлорорганических пестицидов в надземной и корневой системе, остаточное количество пестицидов в почве до/после эксперимента. Процент фитоэкстракции пестицидов у 12 растений *C. pumpkin*, произрастающих на загрязненной почве, находится в пределах 0,36-0,51%, а у 25 растений *X. strumarium* – от 0,22 до 0,87% с площади м². Выявлено, то фитоэкстракционный потенциал находится в прямой зависимости от биомассы. Выявлено повышение биомассы за счет оптимизации условий среды с помощью композиции и ростостимулятора (таблица 3).

Таблица 3 – Фитоэкстракция, снижение пестицидов в ризосферной зоне и детоксикация пестицидов в исходной почве

Вариант опыта	Фитоэкстракция с 1 м ² , %	Снижение пестицидов в ризосферной зоне, %	Детоксикация пестицидов в исходной почве, %
Контроль без растений			
Загр. почва		66,22	33,78
Загр. почва + СК		52,45	47,55
Загр. почва +композиция		48,98	51,02
<i>Cucurbita pepo</i> ssp. <i>pumpkin</i>			
Загр. почва	0,36	59,13	40,51
Загр. почва + СК	0,42	40,34	59,24
Загр. почва +композиция	0,51	31,15	68,34
<i>Xanthium strumarium</i>			
Загр. почва	0,22	62,94	36,84
Загр. почва +СК	0,67	50,93	48,40
Загр. почва +композиция	0,87	41,51	57,62
Примечания: 1) Загр. почва – загрязненная почва. 2) СК – 2,2- семикарбазон диметиллоксан- 4-он. 3) Загр. почва + композиция (шунгит 250 г + СК с концентрацией 0,0001%).			

При определении содержания хлорорганических пестицидов в ризосферной зоне *C. pumpkin* и *X. strumarium* установлено снижение концентрации пестицидов по сравнению с опытом без растений. Так, в околоризосферной зоне *X.strumarium* концентрация пестицидов снизилась от 501 700 до 317 500 мкг (63%), *C. pumpkin* – от 501 700 до 246 500 мкг (59%). При оптимизации условий среды процесс детоксикации повышался за счет увеличения биомассы растительного организма. Так при внесении композиции в загрязненную почву концентрация пестицидов в ризосферной зоне *X. strumarium* снизился от 501 700 до 206 400 мкг (41%), *C. pumpkin* – от 501 700 до 156 300 мкг (31%).

Таким образом, синтезированные производные оксана влияют на эффективность фиторемедиации почв, загрязненных пестицидами, изменяя физиологические параметры растительного организма, в сторону повышения фитомассы, миграционной способности метаболитов ДДТ в системе «почва – корневая система – надземная часть». Повышение биомассы за счет синтезированных производных оксана способствует увеличению накопительной способности пестицидов из загрязненной почвы в вегетативных органах.

Обработка композицией (шунгит 250 г + СК в концентрации 0,0001%) всходов растений дикорастущего вида *X. Strumarium* и культурного вида *C. Pumpkin*, произрастающих на загрязненной пестицидами почве показала, что оптимизация условий среды усиливает фитоэкстракционный и детоксикационный потенциал ремедиантов почв.

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] Frazar C. The Bioremediation and Phytoremediation of Pesticide-contaminated Sites // National Network of Environmental Studies (NNEMS) Fellow. – 2000. – <http://www.clu-in.org>.

- [3] Karthikeyan R., Lawrence D.C., Erickson L.E., Khatib K., Kulakow P.A., Barnes P.L., Hutchinson S.L., Nurzhanova A.A. Potential of plant-based remediation of pesticide contaminated soil and water using non-target plants such as trees, shrubs, and grasses // *Critical Reviews in Plant Sciences*. – 2004. – Vol. 23, N 1. – P. 1-11.
- [4] Dowling D.N., Doty S.L. Improving phytoremediation through biotechnology // *J. Curr. Opin. Biotechnol.* – 2009. – Vol. 20. – P. 204-206.
- [5] Sophie Pascal-Lorber, François Laurent. Phytoremediation Techniques for Pesticide Contaminations // *Alternative Farming Systems, Biotechnology, Drought Stress and Ecological Fertilisation, Sustainable Agriculture Reviews* 6. E. Lichtfouse (ed.). – 2011. – Springer Science + Business Media. – P. 77-105.
- [6] Alexander M. Aging, bioavailability, and overestimation of risk from environmental pollutants // *Environ. Science Techn.* – 2000. – Vol. 34. – P. 4259-4265.
- [7] Вознесенский В.С., Зеленский О.В. Семихатова О.А. Методы исследования фотосинтеза и дыхания растений. – Л.: Наука, 1965. – 245 с.
- [8] Вяль Ю.А., Дюкова Г.Р., Леонова И.Н., Хрянин В.Н. Адаптация фотосинтетического аппарата подроста широколиственных деревьев в условиях города // *Физиология растений*. – 2007. – Т. 54, № 1. – С. 61-72.
- [9] Калугин С.Н., Нуржанова А.А., Байжуманова Р.А., Митрофанова А.А., Жумашева Ж.Е. Индуцированная фиторедемпация загрязненных пестицидами почв с помощью производных оксана // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2013. – Т. 15, № 3. – С. 1306-1310.
- [10] Persistent organic pollutants country strategy development: experiences and lessons learned under the Montreal protocol. With Updated Forward on POPs and the INC Process // Prepared by Montreal Protocol Operations Unit Global Environment Coordination Team Environment Department. – Information paper: World Bank. 1999. – 17 p.
- [11] Калугин С.Н., Кушечкова А.К., Абилов Ж.А., Жубанов К.А. Синтез производных 3-гептилтетрагидропирана на основе продуктов переработки нефти // *Вестник КазНУ. Сер. хим.* – 2005. – № 3. – С. 86-90.
- [12] Унифицированные правила отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов от 13.08.97. – Алматы: Мин-во с/х РК, 1997. – 18 с.
- [13] Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. – М.: Колос, 1973. – 327 с.
- [14] Huang Y., Zhao X., Luan S. Uptake and biodegradation of DDT by 4 ectomycorrhizal fungi // *Sci Total Environ.* – 2007. – Vol. 385. – P. 20-27.
- [15] Raina V., Suar M., Singh A. et al. Enhanced biodegradation of hexachlorocyclohexane (HCH) in contaminated soils via inoculation with *Sphingobium indicum* B90A // *Biodegradation*. – 2008. – Vol. 19. – P. 50-59.
- [16] Boersma L., Lindstrom F.T., McFarlane C., McCoy E.L. Uptake of organic chemicals by plants: A theoretical model // *Soil Sci.* – 1988. – Vol. 146. – P. 403-417.
- [17] Nurzhanova A., Kulakow P., Rubin R., Rahimbaev I., Sedlovskiy A., Zhambakin K., Kalugin S., Kolysheva E., Erickson L. Obsolete pesticides pollution and phytoremediation of contaminated soil in Kazakhstan // *Application of phytotechnologies for cleanup of industrial, agricultural and wastewater contamination* / Edited by P. Kulakow, V. Pidlisnyuk – London: Springer, 2010. – P. 87-106.
- [18] Галиулин Р.В. Динамика содержания хлоранилинов в почве и ее жидкой фазе // *Агрохимия*. – 1987. – № 2. – С. 90-96.

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] Frazar C. The Bioremediation and Phytoremediation of Pesticide-contaminated Sites // *National Network of Environmental Studies (NNEMS) Fellow*. 2000. <http://www.clu-in.org>.
- [3] Karthikeyan R., Lawrence D.C., Erickson L.E., Khatib K., Kulakow P.A., Barnes P.L., Hutchinson S.L., Nurzhanova A.A. Potential of plant-based remediation of pesticide contaminated soil and water using non-target plants such as trees, shrubs, and grasses // *Critical Reviews in Plant Sciences*. – 2004. – Vol. 23, N 1. P. 1-11.
- [4] Dowling D.N., Doty S.L. Improving phytoremediation through biotechnology // *J. Curr. Opin. Biotechnol.* 2009. Vol. 20. P. 204-206.
- [5] Sophie Pascal-Lorber, François Laurent. Phytoremediation Techniques for Pesticide Contaminations // *Alternative Farming Systems, Biotechnology, Drought Stress and Ecological Fertilisation, Sustainable Agriculture Reviews* 6. E. Lichtfouse (ed.). 2011. Springer Science + Business Media. P. 77-105.
- [6] Alexander M. Aging, bioavailability, and overestimation of risk from environmental pollutants // *Environ. Science Techn.* 2000. Vol. 34. P. 4259-4265.
- [7] Voznesensky V.S., Zelensky O.V., Semikhatova O.A. Methods of study of photosynthesis and respiration of plants. L.: Nauka, 1965. 245 p.
- [8] Vyal Y.A., Dyukova G.R., Leonova I.N., Hryanin V.N. The adaptation of the photosynthetic apparatus undergrowth of broad-leaved trees in a city // *Physiology of Plant*. 2007. Vol. 54, N 1. P. 61-72.
- [9] Kalugin S.N., Nurzhanova A.A., Baijumanova R.A., Mitrofanov A.A., Zhumasheva Zh.E. Induced phytoremediation of contaminated soils by pesticides using derivatives of oxane // *Bulletin of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2013. Vol. 15, N 3. P. 1306-1310.
- [10] Persistent organic pollutants country strategy development: experiences and lessons learned under the Montreal protocol. With Updated Forward on POPs and the INC Process // Prepared by Montreal Protocol Operations Unit Global Environment Coordination Team Environment Department. Information paper: World Bank. 1999. 17 p.

- [11] Kalugin S.N., Kusheikova A.K., Abilov Zh.A., Zhubanov K.A. Synthesis of 3-heptyltetrahydropyran based on refined petroleum products // Bulletin of KazNU. Ser. Chem. 2005. N 3. P. 86-90.
- [12] Unified rules selection of samples of agricultural products, foodstuffs and environmental objects for the determination of trace amounts of pesticides. Almaty: Ministry of agriculture RK, 1997. P. 18.
- [13] Rokitsky P.F. Biological Statistics. M.: Kolos, 1973. P. 327.
- [14] Huang Y., Zhao X., Luan S. Uptake and biodegradation of DDT by 4 ectomycorrhizal fungi // Sci Total Environ. 2007. Vol. 385. P. 20-27.
- [15] Raina V., Suar M., Singh A. et.al. Enhanced biodegradation of hexachlorocyclohexane (HCH) in contaminated soils via inoculation with *Sphingobium indicum* B90A // Biodegradation. 2008. Vol. 19. P. 50-59.
- [16] Boersma L., Lindstrom F.T., McFarlane C., McCoy E.L. Uptake of organic chemicals by plants: A theoretical model // Soil Sci. 1988. Vol. 146. P. 403-417.
- [17] Nurzhanova A., Kulakow P., Rubin R., Rahimbaev I., Sedlovskiy A., Zhambakin K., Kalugin S., Kolysheva E., Erickson L. Obsolete pesticides pollution and phytoremediation of contaminated soil in Kazakhstan // Application of phytotechnologies for cleanup of industrial, agricultural and wastewater contamination / Edited by P. Kulakow, V. Pidlisnyuk. London: Springer, 2010. P. 87-106.
- [18] Galiulin RV Dynamics of chloroaniline in soil and its liquid phase // Agrochemistry. 1987. N 2. P. 90-96.

С. Н. Калугин¹, А. А. Нуржанова², Н. С. Елибаева¹, С. А. Ефремов¹, Р. Алигулова²

¹Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан,

²Өсімдіктердің биологиясы және биотехнологиясы институты, Алматы, Қазақстан

**ХЛОРОГАНИКАЛЫҚ ПЕСТИЦИДТЕРМЕН ЛАСТАНҒАН
ТОПЫРАҚТЫ ҚҰРАМЫНДА ТЕТРАГИДРОПИРАН БАР КОМПОЗИЦИЯНЫҢ
КӨМЕГІМЕН ФИТОМЕРЕМЕДИАЦИЯСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ**

Аннотация. Жұмыста тетрагидропиран композициясының (шунгит 250 г және концентрациясы 0,0001% болатын семикарбазон 3-гептилоксан-4-она) *Xanthium strumarium* өсімдігінің жабайы түрі мен *Cucurbita pepo* *L. purpurea* өсімдігінің мәдени түрлерінің өсуі мен дамуына әсер ету нәтижелері ұсынылған, сондай-ақ хлорорганикалық пестицидтердің қозғалғыштық қасиеттерінің «топырақ – тамыр жүйесі – жер үсті бөлігі» жүйесіне әсері. Белгілі болғандай, тетрагидропиран композициясымен ластанған ортаның жағдайларын оңтайландыру өсімдік организмдерінің тамыр жүйесінің биомассасын жоғарылатады, пестицидтердің биоқолжетімділігін, топырақтың фитоэкстракцияны және детоксикацияны потенциалын күшейтеді.

Түйін сөздер: фиторемедиация, ДДТ метаболиттері, өсуді қарқындетушылар, биоқолжетімділік.