

<sup>1</sup>А.А. Нуржанова, <sup>2</sup>С.Н. Калугин, <sup>2</sup>С. Турашева

<sup>1</sup>РГП «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МОН РК, г. Алматы, Казахстан, <sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

\*e-mail: gen\_asil@mail.ru

### Снижение концентрации хлорорганических пестицидов в почве, с помощью дикорастущих видов растений

Проведен скрининг 14 видов растений на способность к ремедиации почв, загрязненных хлорорганическими пестицидами. Установлено, что за счет фитостабилизации и фитоаккумуляции они снижают концентрацию хлорорганических пестицидов в исходной почве до 28% относительно контроля.

**Ключевые слова:** растение, пестициды, фитостабилизация, фитоэкстракция.

A.A. Nurzhanova, S.N. Kalugin, S. Turazheva

### Decrease of organochloride pesticides in soil by wild plants

We have spent screening of 14 plant species on the ability to remediation of soils contaminated with organochlorine pesticides. It was found that due phytostabilization and phytoextraction plants reduced the concentration of organochlorine pesticides in the original soil to 28% of control.

**Keywords:** plant, pesticides, phytostabilization, phytoextraction.

A.A. Нуржанова, С.Н. Калугин, С. Турашева

### Жабайы өсімдік түрлерімен топырақтың хлорорганикалық пестицидтердің концентрациясын төмендету

Хлорорганикалық пестицидтермен ластанған топырақты тазарту үшін өсімдіктің 14 түрімен скрининг жүргізілді. Топырақтағы хлорорганикалық пестицидтердің концентрациясын, оның мөлшерін 28% -ға дейін төмендету үшін, фитостабилизациялау және фитоаккумуляциялау жолымен бақылап отыру орнатылды.

**Түйін сөздер:** өсімдік, пестицидтер, фитостабилизациялау, фитоэкстракциялау.

Очистка почв от пестицидов является самым сложным процессом избавления от отходов из-за особенностей и разнообразия, как типов грунтов, так и пестицидов. На сегодняшний момент существует два основных направления очистки почв: отделение пестицида от почвы и прямая обработка почв (высокочастотное нагревание, электрокинетическая обработка, промывание почв, термическая десорбция). Эти технологии чрезвычайно энергоемки и требуют больших капиталовложений. Захоронение в могильниках также требует значительных финансовых затрат, кроме того, загрязнители за долгие годы нахождения под открытым небом в больших концентрациях впитались в почву и, следовательно, необходимо удалять не только собственно пестициды, но и огромные объемы грунта. Кроме того, они не безопасны для окружающей среды. Природные восстановительные процессы с помощью микробной деградации являются малоэффективными из-за медленной деградации их микроорганизмами почвы [1]. Все это вызывает

необходимость разработки дешевых и экологически безопасных технологий восстановления загрязненных почв. Как показывает мировая практика, одним из наиболее действенных приемов устранения пестицидов является фиторемедиационная технология. Фиторемедиация достаточно перспективна и привлекательна, в ее основе лежит естественный природный процесс биологического круговорота, составными частями которого являются: культивирование растений-аккумуляторов, улучшение свойств почв и защита их от эрозии. Растительную массу не составляет особого труда собрать и сжечь [2-4]. Для минимизации экологического риска на территориях бывших хранилищ пестицидов разработка и использование технологии фиторемедиации представляется целесообразной и своевременной. Применение растений, обладающих высоким фиторемедиационным потенциалом пестицидов, с одной стороны, позволит снизить уровень загрязнения, а с другой – повысить продуктивную ценность загрязненных почв.

### Материалы и методы

Объектом исследования были 14 видов дикорастущих и культурных растений: *Artemisia annua*, *Artemisia dracunculu*, *Ambrosia artemisifolia*, *Amaranthum retroflexus*, *Amaranthus tricola cult copm* Красноводопадская, *Barbarea vulgaris*, *Kochia scoparia*, *Solanum dulcamara*, *Medicago sativa*, *Ricinus communis*, *Helianthus annus*, *Cannabis sativa*, *Cucurbita pepo L. Pumpkin* и *Xanthium strumarium*. Гипераккумуляторы тяжелых металлов *Helianthus annus*, *Amaranthus tricola* и *Ricinus communis* [5]. Вид *Cucurbita pepo L. pumpkin* является гипераккумулятором, а *Medicago sativa* – аккумулятором хлороорганических пестицидов [6].

В качестве почвенной культуры использовали почву из территории бывших хранилищ пестицидов (пос. Кызыл-Кайрат Талгарский район Алматинская область). Средняя концентрация хлороорганических пестицидов в почве из загрязненной территории составляло  $1425 \text{ мкг кг}^{-1}$  ПДК метаболитов ДДТ и изомеров ГХЦГ в почве равен  $100 \text{ мкг кг}^{-1}$ .

В условиях оранжереи посев семян провели в течение одного и того же дня. Масса почвенной культуры в горшке 5000 г. В качестве контроля использовали загрязненную почву без растений.

Определение содержания пестицидов в почве до и после эксперимента, в вегетативных органах растений определяли в период цветения на хроматографе с использованием капиллярной колонки НР-5 и электронно-захватного детектора.

Все экспериментальные данные статистически были обработаны, с использованием компьютерной программы «Microsoft Excel».

### Результаты и их обсуждение

Особенность данного эксперимента заключается в том, что для оценки аккумуляционной способности растений использовали почву из загрязненных хлороорганическими пестицидами территорий, которая характеризовалась поликомпонентным загрязнением, т.е. высоким содержанием взаимодействующих друг с другом пестицидов разного класса и удобрений. Концентрация хлороорганических пестицидов (2,4 ДДД, 4,4 ДДТ; 4,4 ДДЕ,  $\alpha$ -ГХЦГ,  $\beta$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ) в

почве составило  $1425 \text{ мкг кг}^{-1}$ . ПДК их в почве равна  $100 \text{ мкг кг}^{-1}$ .

Результаты экспериментов по изучению аккумуляционной способности растений показали, что уровень загрязнения пестицидами почв, взятых из территорий бывших хранилищ химических средств защиты растений, оказывает значительное влияние на извлечение пестицидов надземными органами растений. Несмотря на то, что изученные дикорастущие виды являются толерантными к хлороорганическим пестицидам виды. Установлено, что виды отличались друг от друга по степени извлечения хлороорганических пестицидов из почвы. Некоторые виды (*X. strumarium*, *K.scoparia*, *K.Sieversiana*, *A.annua*, *A.artemisifolia*, *A. tricola cult*, *B.vulgaris*, *C.pumpkin*, *H.annus*, *M.sativa*) обладали высокой аккумуляционной способностью, концентрации хлороорганических пестицидов в их вегетативных органах превышали ПДК до 200 раз. ПДК для растений  $20 \text{ мкг кг}^{-1}$  (таблица 1).

Установлено, что степень экстракции пестицидов из почвы находится в прямой зависимости от массы растительного организма. Чем больше фитомасса, тем выше степень аккумуляции пестицидов из почвы в вегетативных органах. т.е. адсорбция вещества прямо пропорциональна массе адсорбента. Например, вид *A. annua* (масса 0,036 кг) из загрязненной почвы аккумулировал в вегетативных органах пестициды в сумме  $1435 \text{ мкг кг}^{-1}$ , а *S. dulcamara* (масса 0,58 кг) –  $902 \text{ мкг кг}^{-1}$  пестицидов. Экстракционный потенциал одного растительного организма *A annua* составил 8,8 мкг (0,6%) пестицидов, а *S.dulcamara* – 176,9 мкг (1,2%).

Для определения интенсивности миграции пестицидов в системе «почва-растение» использовали коэффициент транслокации (Кт) и коэффициент биологического поглощения (КБП). Кт ближе к 1, и КБП равен/больше 1 являются показателями ремедиационной способности растения. Среди изученных видов ремедиационной способностью обладали только 4 вида (*C. pumpkin*, *A.retroflexus*, *A. artemisifolia* и *X. strumarium*). Следует заметить, что растительные организмы адсорбировали хлороорганические пестициды в основном в корневой системе и незначительное количество транслоцировали в надземную часть. Известно, что многие виды растений обладают

аккумуляционной способностью хлордана, ДДТ, ГХЦГ, но они не обладают хлорорганических пестицидов, например, детоксикационной способностью [7].

**Таблица 1** – Остаточное количество пестицидов в вегетативных органах растений, произрастающих на загрязненной пестицидами почве, фитοэкстракция, коэффициент биологического поглощения и коэффициент транслокации пестицидов

Варианты опыта	Остаточное кол-во пестицидов, $\mu\text{г кг}^{-1}$	Биомасса, кг	Фитοэкстракция, мкг	КБП	Кт
<i>Xanthium strumarium</i>					
Надземная часть	1725	0,0133	22,9	2,9	0,6
Корень	2500	0,003	7,5		
<i>Kochia scoparia</i>					
Надземная часть	716	0,00947	6,7	2,0	0,32
Корень	2203	0,0038	8,3		
<i>Amaranthus retroflexus</i>					
Надземная часть	390	0,012	4,6	1	0,4
Корень	880	0,003	2,6		
<i>Artemisia annua</i>					
Надземная часть	153	0,033	5,0	1	0,1
Корень	1282	0,003	3,8		
<i>Ambrosia artemisifolia</i>					
Надземная часть	52	0,062	3,22	1,37	0,4
Корень	1911	0,00018	0,34		
<i>Amaranthus tricola cult</i>					
Надземная часть	2	0,013	0,03	1,0	0,001
Корень	1447	0,0010	1,45		
<i>Solanum dulcamara</i>					
Надземная часть	26	0,390	10,14	0,6	0,03
Корень	878	0,19	166,82		
<i>Barbarea vulgaris</i>					
Надземная часть	70	0,01033	0,72	1,8	0,03
Корень	2526	0,00133	3,36		
<i>Artemisia dracuncul</i>					
Надземная часть	157	0,0190	2,9	0,65	0,2
Корень	772	0,0018	1,4		
<i>Cannabis sativa</i>					
Надземная часть	142	0,0150	2,1	0,3	0,5
Корень	278	0,002	0,55		
<i>Cucurbita pepo L. pumpkin</i>					
Надземная часть	215	0,013	6,5	1,3	0,44
Корень	1575	0,0005	1,0		
<i>Helianthus annus</i>					
Надземная часть	90	0,0151	1,3	1,0	0,06
Корень	1415	0,0014	2,0		
<i>Ricinus communis</i>					
Надземная часть	94	0,034	3,2	0,6	0,13
Корень	710	0,005	3,5		
<i>Medicago sativa cult. Красноводопадская</i>					
Надземная часть	590	0,0088	0,17	1,6	0,34
Корень	1732	0,0017	1,24		

При определении содержания пестицидов в околокорневой зоне у некоторых видов ризосферной зоне установлено, что концентрация пестицидов возростала, а у

других – наоборот, снижалось относительно контроля (таблица 2).

В контрольных экспериментах общая сумма пестицидов в почве снизилась на 30%, что свидетельствует о детоксикации пестицидов в исходной почве естественным путем. Продолжительность эксперимента 6 месяцев. При оценке детоксикационного потенциала Отмечено, существенное снижение пестицидов в ризосферной зоне у многих изученных видов, при этом они обладали низким КБП и Кт. При

этом вид *X.strumarium* обладающий высоким фиоэкстракционным потенциалом, имел способность снижал концентрацию в ризосферной зоне относительно контроля до 17%, вид *C. pumpkin* – до 28%, *A. artemisifolia* – до 4%, а вид *A.retroflexus*, наоборот, повышал концентрацию пестицидов в ризосферной зоне до 13%. Данные виды обладали высокими фиоэкстракционными и детоксикационными потенциалами, они рекомендованы для ремедиации загрязненных почв.

**Таблица 2** – Снижение концентрации пестицидов в загрязненной почве с помощью растений

Виды	Снижение концентрации пестицидов в ризосферной зоне после эксперимента, %	Снижение концентрации пестицидов в исходной почве, %
Почва без растений	70	30
<i>X. strumarium</i>	53	46
<i>K. scoparia</i>	74	26
<i>A.retroflexus</i>	83	16
<i>A. annua</i>	76	24
<i>A.artemisifolia</i>	66	37
<i>A. tricola cult</i>	60	40
<i>S.dulcamara</i>	38	61
<i>B.vulgaris</i>	50	50
<i>A. dracunculu</i>	81	19
<i>C. sativa</i>	89	11
<i>C. pumpkin</i>	42	58
<i>H. annus</i>	77	23
<i>R.communis</i>	58	42
<i>M.sativa</i>	45	55

Таким образом, можно предположить, что в процессе адаптации к стрессовым ситуациям дикорастущие растения, произрастающие на территориях хранилищ пестицидов, приобрели один из физиологических механизмов полевой

устойчивости в виде выноса пестицидов из почвы надземными органами или в виде осадения их в ризосферной зоне для минимизации ксенобиотиков.

#### Литература

- 1 Lunney A.I., Zeeb B.A., Reimer K.J. Uptake of DDT weathered in vascular plants: potential for phytoremediation // Environ Sci Technol – 2004. – Vol.38. – P. 6147–6154.
- 2 Cunningham S.D., Ow D.W. Promises and Prospects of Phytoremediation // Plant Physiol. – 1996. – Vol. 110. – P. 715-719.
- 3 Frazar C. The Bioremediation and Phytoremediation of Pesticide-contaminated Sites // National Network of Environ. Studies. – 2000. <http://www.clu-in.org>.
- 4 Pascal-Lorber S., Laurent F. Phytoremediation Techniques for Pesticide Contaminations // Alternative Farming Systems, Biotechnology, Drought Stress and Ecological Fertilisation, Sustainable Agriculture Reviews 6. E. Lichtfouse (ed.). – Springer Science + Business Media, 2011. – P. 77-105.
- 5 Прасад М.Н. Практическое использование растений для восстановления почв загрязненных металлами // Физиология растений. – 2003. – Т.50. - № 5. – С. 764-777.
- 6 White J.C. Plant-facilitated mobilization and translocation of weathered 2,2-bis(p-hlorophenyl) 1,1-dichloroethylene (p,p 'DDE) from an agricultural soil // Environ Toxicol. Chem. – 2001. – №. 20 – P. 2047-2052.
- 7 Jones D.L. Organic acids in the rhizosphere – critical review // Plants soil. – 1998. – Vol. 205. – P. 25-44.