

УДК 573.6.086:633.16

¹А.А. Нуржанова, ²С.Н. Калугин, ²З.Г. Айташева, ¹Ж. Жумашева, ¹К. Кашкеев, ¹С. Ораз,
¹Ж. Кусаинова, ²С. Турашева

¹РГП «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МОН РК, г. Алматы, Казахстан,

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби КН МОН РК, г. Алматы, Казахстан

*e-mail: gen_asil@mail.ru

Особенности адаптивных процессов у растений семейства *Cucurbitaceae*, произрастающих в условиях пестицидного загрязнения

Установлено, что условия загрязнения почвы метаболитами ДДТ у представителей семейства *Cucurbitaceae* увеличивают содержание хлорофилла *b* и каротиноидов, интенсивность процесса транспирации и водоудерживающую способность, изменяют соотношение пигментов в листьях, повышают активность ферментов пероксидазы в корневой системе.

Ключевые слова: *Cucurbitaceae*, метаболиты ДДТ, хлорофилл, пероксидаза.

A.A. Nurzhanova, S.N. Kalugin, S.A. Aytasheva, Z. Zhumacheva, K. Kachkeev, S. Oraz, Z. Kusainova, S. Turacheva

Features of adaptive processes of plants from family *Cucurbitaceae*, growing on soil polluted pesticides

It was established that the conditions of soil pollution by metabolites of DDT in species of the family *Cucurbitaceae* increases chlorophyll *b* and carotenoids, the intensity of transpiration and water-holding capacity and change the ratio of pigments in leaves, and increase the activity enzyme of peroxides in the root system.

Keywords: *Cucurbitaceae*, metabolites of DDT, chlorophyll, peroxides.

А.А. Нуржанова, С.Н. Калугин, З.Г. Айташева, Ж. Жумашева, К. Кашкеев, С. Ораз, Ж. Кусаинова, С. Турашева

Өсімдіктер ішіндегі *Cucurbitaceae* тұқымдасының пестицидтермен ластану жағдайына бейімделуінің ерекшеліктері

Топырақтың ластану жағдайында ДДТ метаболиттерін таныстырушы *Cucurbitaceae* тұқымдасы тамыр жүйедегі пероксидаза ферментінің белсенділігін көтереді, жапырақтағы пигменттің қатынасын өзгертеді, суды ұстап тұру қабілеттілігін және транспирация барысын қарқынды жүргізеді, құрамындағы каротиноидтар мен хлорофилл *b*-ның мөлшерін ұлғайту енгізілген.

Түйін сөздер: *Cucurbitaceae*, ДДТ метаболиттері, хлорофилл, пероксидаза.

Растения, как известно, представляют собой уязвимый компонент биоты, так как они являются первичным звеном в трофической цепи, выполняют основную роль в поглощении разнообразных загрязнителей и постоянно подвергаются действию загрязнителей вследствие прикрепленности к субстрату. С другой стороны естественное заселение растений приводит к образованию разнообразных растительных сообществ, растущих на почвах, загрязненных техногенным факторам. Существование в популяции устойчивых организмов дает возможность их использовать в фиторемедиационных технологиях и определить физиологические и биохимические основы устойчивости их к загрязнителям среды [1].

Один из ключевых моментов фиторемедиации – оптимальный состав толерантных видов растений, способных не только

выжить в условиях загрязнений, но также трансформировать и обезвредить их [2, 3].

Наши исследования направлены на изучение механизма поглощения гидрофобных загрязнителей гипераккумуляторами *Cucurbita Pepo* ssp. *pepo*, с целью развития фиторемедиации почв. Выбор *Cucurbita pepo* L. *pumpkin*, как объекта исследований, связан с тем, что тыква является гипераккумулятором хлорорганических пестицидов [4, 5]. В связи с этим, на первом этапе работы нами изучено влияние метаболитов ДДТ на физиологические и биохимические параметры, определяющие эффективность фиторемедиации загрязненных почв.

Материалы и методы

Объектом исследования служили представители семейства *Cucurbitaceae* местной и международной селекции (Сухая, Серая,

Griffe du Diable, *Zquetta ornamentale*, Пищевая тыква и дыня *Cucumis melo*).

В качестве почвенной культуры использовали искусственно-загрязненную почву и чистую почву. В качестве пестицидов использовали метаболиты 4.4'ДДТ и 4.4'ДДЭ, как основных загрязнителей почвы вокруг территории бывших хранилищ химических средств защиты растений [6].

Для этого чистую почву искусственно загрязняли 30%-ным водно-спиртовым раствором 4.4'ДДЭ и 4.4'ДДТ, таким образом, чтобы раствор покрывал почву. Продолжительность испарения водно-спиртового раствора пестицидов в почве 1 месяц. Конечная концентрация 4.4'ДДЭ равнялась 878 мкг/кг на 1 кг почвы, а 4.4'ДДТ – 547±24 мкг/кг на 1 кг почвы.

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.

В процессе онтогенеза изучили основные закономерности роста и развития растений. Через каждые 5 дней, от начала всходов растений, измеряли высоту растений, отмечали вегетативные и генеративные фазы развития растений и учитывали их продолжительность. В период стадии цветения учитывали массу надземной и корневой части, длину корневой системы и высоту надземной части. Содержание различных форм хлорофиллов и каротиноидов в листьях растений, интенсивность транспирации, водоудерживающую способность и активность пероксидазы в вегетативных органах в процессе цветения определяли по общепринятым методам [7].

Все экспериментальные данные статистически были обработаны общепринятыми методами [8], построение диаграмм проводили с использованием компьютерной программы «Microsoft Excel».

Результаты и их обсуждение

При изучении влияния 4.4'ДДЭ (878 мкг/кг) и 4.4'ДДТ (547±24 мкг/кг) на рост и развитие представителей *Cucurbitaceae* (Сухая, Серая, *Griffe du Diable*, *Zquetta ornamentale*, Пищевая тыква и *Cucumis melo*) в процессе онтогенеза установлено, что фазы бутонизации и цветения более чувствительны к пестицидам. Хлорорганические пестициды сокращали сроки

наступления генеративных фаз на 3-10 дней относительно контроля. Так, фаза настоящих листьев у пищевой тыквы наступила через 14 дней (контроль 16 дней), фаза бутонизации через 37 дней (контроль 42 дня), а фаза цветения через 55 дней (контроль 64 дня). Показано, что метаболиты ДДТ удлиняют корневую систему у изученных видов относительно контроля (за исключением *Cucumis melo*), повышают биомассу надземной части, но при этом оказывают незначительное влияние на высоту организма. Следует отметить, что ростовые показатели зависели от типа метаболита. Например, высота *Gufte Diable*, произрастающей на 4.4'ДДТ-загрязненной почве достигала 43,4±1,5 см, а на 4.4'ДДЕ – 49,6±1,7 см (контроль 47,1±1,9 см), длина корневой системы данного сорта возрастала на 7-12% относительно контроля. Биомасса растительного организма, произрастающего на 4.4'ДДТ-загрязненной почве возросла на 53%, а на 4.4'ДДЕ загрязненной почве на 120% относительно контроля.

В связи с тем, что эффективность работы фотосинтетического аппарата растений является одним из важнейших показателей, определяющих эффективность фиторемедиации [9, 10]. В связи с этим, нами изучены содержания пигментов в листьях растений в период цветения (таблице 1).

В результате проведенных исследований выявлено, что пестициды влияют на содержание пигментов, на соотношение a/v хлорофиллов и $(a+v)/\text{каротиноиды}$ в листьях растений. Метаболиты ДДТ уменьшали содержание хлорофилла a в листьях и увеличивали долю вспомогательных пигментов – хлорофилла b и каротиноидов по сравнению с контролем, что свидетельствует об адаптивности ассимиляционного аппарата к условиям загрязненной среды.

Далее нами изучена интенсивность транспирации (показатель адаптивного ответа растительного организма, позволяющего регулировать водный обмен при действии стресс факторов) и водоудерживающая способность растений

(показатель водообмена и устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды). Известно, что чем выше водоудерживающая способность растений, тем оно устойчивее. Отмечено, что высокая

водоудерживающая способность (96-98%) характерна для всех представителей семейства *Cucurbitaceae*, произрастающие на 4.4ДДТ загрязненной почве, за исключением *Cucumis melo*, что свидетельствует об их толерантности к данному метаболиту. Однако, при произрастании на 4.4ДДЕ загрязненной почве

водоудерживающая способность снижалось (от 96 до 71%), а интенсивность транспирации, наоборот, повышалось (от 2,8 до 6,9 мг/г сырого веса в мин) относительно контроля у трех представителей семейства *Cucurbitaceae* (Серая, *Gufte Diable* и *Cucumis melo*).

Таблица 1 – Содержание пигментов в листьях растений, произрастающих на искусственно-загрязненной почве в период цветения

Вариант опыта	Хлорофилл (а+в)	Хлорофилл а	Хлорофилл в	Каротиноиды	а/в	(а+в)/каротиноиды
Тыква сорт Серая						
Контроль	12,7±0,2	8,9±1,3	3,7±1,0	3,5±1,0	2,4	3,6
4.4' ДДТ	12,0±0,5	5,2±0,4	7,8±0,7	3,2±0,2	0,7	3,7
4.4' ДДЕ	17,1±1,0	8,4±0,9	8,7±0,5	5,3±0,7	0,9	3,2
Тыква сорт Сухая						
Контроль	9,6±0,4	7,4±0,3	2,1±0,2	2,7±0,2	3,5	3,5
4.4' ДДТ	12,3±1,2	9,3±0,9	3,0±0,2	3,2±0,6	3,1	3,8
Тыква <i>Griffe du Diable</i>						
Контроль	5,7±0,2	4,1±0,2	1,6±0,1	1,1±0,1	2,6	5,1
4.4' ДДТ	8,3±0,1	1,7±0,2	6,0±0,3	1,3±0,4	0,28	6,3
4.4' ДДЕ	11,9±0,4	6,2±0,2	5,4±0,1	3,1±0,2	1,1	1,1
Тыква <i>Zquetta ornamentale</i>						
Контроль	12,5±0,4	9,6±0,3	2,9±0,1	5,9±0,3	4,1	2,1
4.4' ДДТ	11,3±2,4	3,3±1,5	7,9±0,9	2,8±0,1	0,4	4,0
4.4' ДДЕ	12,3±3,5	4,9±1,1	7,3±0,4	3,5±1,1	0,6	3,5
Пищевая тыква						
Контроль	9,3±0,3	6,3±0,1	2,9±0,5	1,9±0,1	2,1	4,9
4.4' ДДТ	10,1±0,7	4,6±0,6	5,4±0,1	3,0±0,2	0,8	3,4
4.4' ДДЕ	12,3±5,2	3,6±0,9	3,6±0,9	7,2±2,4	1	1,7
Дыня <i>Cucumis melo</i>						
Контроль	9,3±0,3	8,0±0,4	1,2±0,6	2,4±0,1	6,6	3,9
4.4' ДДТ	12,3±0,2	6,3±0,2	5,9±0,5	4,0±0,3	1	3,0
4.4' ДДЕ	10,6±0,6	5,9±0,7	4,7±0,6	3,4±0,8	1	3,1

Пероксидаза – широко распространенный фермент в живых организмах. Будучи по своей природе полифункциональным, этот фермент участвует во многих процессах жизнедеятельности растений: физиологических и детоксикационных процессах [11]. Установлено, что активность пероксидазы в вегетативных органах растений зависит от концентрации пестицидов (рисунок 1).

Чем выше доза пестицидов в почве, тем больше активность пероксидазы в корневой системе. Так, у сорта Серая, произрастающего на 4.4' ДДЕ-загрязненной почве, активность пероксидазы в корневой системе составляла 833,1 ед.актив/г сырой массы, а в листьях – 312,4 ед.актив/г сырой массы.

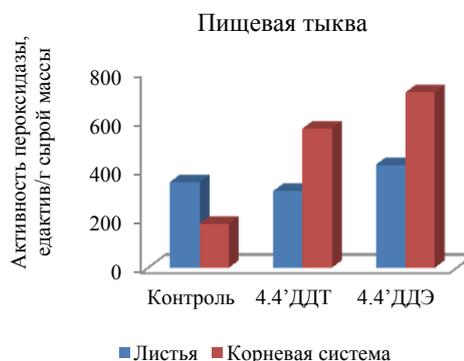


Рисунок 1 – Активность пероксидазы в вегетативных органах растений, произрастающие на загрязненной метаболитами ДДТ почве

У данного сорта, произрастающего на 4.4' ДДТ-загрязненной почве активность фермента в корневой системе составляла 614,7 ед. актив/г сырой массы, а в листьях – 228,2 ед. актив/г сырой массы. Предполагаем, что повышение активности пероксидазы в корневой системе является одним из механизмов, обеспечивающих биохимическую адаптацию видов к пестицидам, связанных с детоксикационным потенциалом растений. Таким образом, представители семейства *Cucurbitaceae* (Сухая, Серая, *Griffe du Diable*, *Zquetta ornamentale*, Пищевая тыква),

за исключением *Cucumis melo* обладают адаптивными свойствами к метаболитам ДДТ. Основными биоиндикаторными показателями толерантности растительного организма к метаболитам ДДТ являются увеличение содержания хлорофилла *b* и каротиноидов, изменение соотношения хлорофиллов в листьях и повышение водоудерживающей способности. В связи с тем, представители семейства *Cucurbitaceae* толерантны к хлороорганическим пестицидам они могут успешно использоваться в фиторемедиационных технологиях загрязненных почв.

Литература

- 1 Cunningham S.D., Ow D.W. Promises and Prospects of Phytoremediation // *Plant Physiol.* – 1996. – Vol. 110. – P. 715-719.
- 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 Гончарова Н.В. Фиторемедиация новая стратегия использования растений для очистки почвенного покрова // *Экологический вестник: научно-практический журнал.* – 2010. – № 4 (14). – С. 5-14.
- 4 White J.C. Different bioavailability of field-weathered p,p-DDE to plants of the *Cucurbita* and *Cucumis* genera // *Chemosphere.* – 2002. – Vol. 49. – P. 143-152.
- 5 White J.C., Mattina M.J.I., Lee W.Y., Eitzer B.D., Iannucci-Berder W. Role of organic acids in enhancing the desorption and uptake of weathered p,p'-DDE by *Cucurbita pepo* // *Envir. Pol.* – 2003. – № 124. – P. 71-80.
- 6 Нуржанова А., Седловский А., Калмыков Е. Анализ содержания хлороорганических пестицидов в почвах некоторых объектов Алматинской и Акмолинской областей // *Биотехнология. Теория и практика.* – 2004. – № 3. – С. 99-105.
- 7 Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. – М.: Высшая школа, 1975. – С. 392.
- 8 Рокицкий П.П. Биологическая статистика. – Минск: Высшая школа, 1976. – 250 с.
- 9 Вяль Ю.А., Дюкова Г.Р., Леонова И.Н., Хрянин В.Н. Адаптация фотосинтетического аппарата подроста широколиственных деревьев в условиях города // *Физиология растений.* – 2007. – № 1. – С. 61-72.
- 10 Bauer I., Grill D. Zur Problematik der Pigmentanalyse als Rauchschadensdiagnose // *Angew. Bot.* – 1977. – № 51. – P. 241-250.
- 11 Schnalbelrauch L.C., Kieliszewski M., Upham B., Alizedeh H., Lamport D.T. Isolation of hI 4.6 extension peroxidase from tomato cell suspension site // *Plant* – 1996. – Vol. 9. – № 3. – P. 477-489.