

К.С. САГЫНДЫК, С.С. АЙДОСОВА

EUPHORBIA MICROCARPA PROKH. КАК БИОИНДИКАТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

(Казахский Национальный университет им. аль-Фараби)

Приведены результаты исследований *Euphorbia microcarpa* Prokh., произрастающего на производственных территориях г.Усть-Каменогорск Восточно-Казахстанской области. Были установлены биоиндикаторные признаки *Euphorbia microcarpa* Prokh. Данный вид растения может быть использован в качестве экспресс-индикатора при проведении мониторинга состояния окружающей среды.

Последствия антропогенной деятельности проявляются в истощении природных ресурсов, загрязнения биосферы отходами производства, разрушении природных экосистем, изменении структуры поверхности Земли, изменении климата. Антропогенные воздействия приводят к нарушению практически всех природных биогеохимических циклов.

Растения – чуткие индикаторы состояния их местообитания. Следовательно, они могут использоваться в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды. Индикационные признаки могут быть обнаружены на разных уровнях организации от колебаний на уровне растительных сообществ до изменений на уровне отдельных генов.

Изменения во внутренней структуре растений также могут использоваться как индикаторные признаки. Например, виды полыни (*Artemisia terrae-albae*, *A. sieversiana*), ковыль (*Stipa capillata*) и овсяница (*Festuca valesiaca*) благодаря возникающим анатомическим изменениям могут быть использованы, как биоиндикаторы радиоактивного загрязнения и загрязнения НДМГ при мониторинге окружающей среды /1-8/.

Действие тяжелых металлов может также спровоцировать изменение анатомических параметров вегетативных органов растений. К примеру, кадмий влияет на анатомическую структуру листовой пластинки *Phaseolus vulgaris* L., *Pisum sativum* L., *Sajanus sajan* Linn. При высоких концентрациях кадмия в почве уменьшаются плотность и размеры устьичных клеток, густота волосков на верхнем и нижнем эпидермисах, толщина палисадного мезофилла /9-11/. Структурные изменения возникали как в листьях, так и в стеблях (появление дополнительных клеточных слоев в камбии) и корнях (увеличение числа корневых волосков) редьки (*Raphanus sativus* L.) /12/.

Угнетающее действие цинка на структуру листа *Brassica juncea* (уменьшение и разрушение клеток палисадного и губчатого мезофиллов) также было отмечено учеными /13/. Повышенное содержание свинца явилось причиной увеличения числа устьиц как на верхней, так и на нижней сторонах листовой пластинки *Plantago major* L., а также уменьшения размеров проводящих пучков стебля вследствие уменьшения ксилемных сосудов /14/. Высокие концентрации меди вызывают складчатость стенок коры и разрушение эпидермиса в анатомической структуре корня *Origanum vulgare* /15/.

Однако данные по использованию анатомических изменений в качестве индикаторных признаков при неблагоприятном воздействии тяжелых металлов по Восточному Казахстану отсутствуют.

Материалы и методика

Объектом исследований был выбран молодой мелкоплодный (*Euphorbia microcarpa Prokh.*), произрастающий на производственных территориях г. Усть-Каменогорска. Растения были собраны с 4 точек, 3 из которых являются загрязненными участками:

1. Промышленный переезд AES Усть-Каменогорская ТЭЦ
2. УМЗ (Ульбинский металлургический завод), ОАО КазЦинк (перекресток ул. Мызы и ул. Абая)
3. СЦК (свинцово-цинковый комбинат), автозавод «АзияАвто» (перекресток ул. Бажова и ул. Гоголя)
4. контрольный участок в 60 км от города, с учетом климатических и почвенных условий.

Содержание тяжелых металлов в почвенных и растительных образцах определялось при длине волны – Pb-283,3 нм, Cd-228,8 нм, Cu-324,7 нм и Zn-213,8 нм в атомно-абсорбционном режиме с использованием спектральных ламп на атомно-абсорбционном спектрофотометре AAS-1N (Carl Zeise, Jena), по методике Прайса /16/. Сопоставление и сравнение предельно-допустимых концентраций тяжелых металлов (свинца, цинка, меди и кадмия) в почве устанавливалось согласно нормативам предельно-допустимых концентраций вредных веществ РК /17/ (Табл. 1). Коэффициент биологической абсорбции определяли по формуле:

$K_{\text{ба}} = \frac{\text{содержание ТМ в растении}}{\text{содержание ТМ в почве}}$ /18/.

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в отобранных точках исследования

	Pb		Zn		Cu		Cd	
	содержание (мг/кг)	превышение ПДК	содержание (мг/кг)	превышение ПДК	содержание (мг/кг)	превышение ПДК	содержание (мг/кг)	превышение ПДК
1	199,21	6,2	730,71	31,8	52,36	1,8	5,71	11,4
2	671,73	21	2315,81	100,7	87,42	3	14,87	30
3	294,14	9,2	1192,73	51,9	65,05	2,2	3,07	6
4(контроль)	17,05	0,5	12,62	0,5	19,04	0,7	0,17	0,3

Для анатомических исследований были собраны на исследуемых участках и зафиксированы надземные и подземные вегетативные органы *Euphorbia microcarpa* Prokh. Фиксацию проводили по общепринятым методикам М.Л.Прозиной (1960), А.И.Пермякова (1988), Р.П.Барыкиной и др. (2001, 2004). /19-21/. Анатомические препараты готовили от руки и с помощью микротомы с замораживающим устройством ТОС-2. Толщина анатомических срезов 10-15 мкм. Для количественного анализа проведено измерение анатомических параметров с помощью программы А. Черниговского PhotoM 1.31. Статистическая обработка морфометрических показателей проводилась по методике Лакина Г.Ф. (1990) /22/ и с помощью программы MS Excel. Микрофотографии сделаны на микроскопе Leica (увеличение x50, x100).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Молочай мелкоплодный (*Euphorbia microcarpa* Prokh.)- Сем. Молочайные

Многолетник. 15-80 см выс.; корень тонкий, извилистый, реже прямой; стебли одиночные или в числе нескольких, прямостоячие, тонкие, у поверхности почвы красноватые; стеблевые листья на коротких черешках, с клиновидным основанием, верхушечные цветоносы в числе 4-12, бокальчик колокольчатый, плод - трехрешник реповидный, глубоко трехбороздчатый. Растет на суходольных лугах, в долинах рек, в степных понижениях и по степным склонам холмов, чаще у подножия.

При изучении содержания тяжелых металлов в надземной и подземной частях данных растений, выявлено, что молочай мелкоплодный не аккумулирует свинец, цинк, кадмий и медь (табл. 2).

Таблица 2. Содержание и коэффициенты биологической абсорбции тяжелых металлов в *Euphorbia microcarpa*

Виды растений	Участок	Часть растения	Pb (мг/кг)		Zn (мг/кг)		Cd (мг/кг)		Cu (мг/кг)	
			содержание	K _{6a}	Содержание	K _{6a}	содержание	K _{6a}	содержание	K _{6a}
<i>Euphorbia microcarpa</i> Prokh.	1	надземная	26,86	0,13	579,59	0,79	0,39	0,07	24,04	0,46
		подземная	176,32	0,89	604,06	0,83	2,04	0,36	65,19	1,25
	2	надземная	25,90	0,04	600,69	0,26	0,69	0,05	158,53	1,81
		подземная	72,41	0,11	444,42	0,19	1,62	0,11	103,37	1,18
	3	надземная	32,44	0,11	697,64	0,58	0,39	0,13	30,86	0,47
		подземная	528,12	1,79	397,01	0,33	0,05	0,02	27,92	0,43
	4	надземная	0,31	0,02	15,50	1,23	0,03	0,18	19,59	1,03
		подземная	2,19	0,13	18,36	1,45	0,02	0,12	13,53	0,71

Анатомические особенности

Листовая пластинка покрыта эпидермисом. Лист изолатеральный, с двухрядным плотно сомкнутым палисадным мезофиллом, расположенным на верхней и на нижней сторонах листовой пластинки. Проводящие пучки - закрытые коллатеральные пучки, имеют слабо выраженную паренхимную обкладку (Рис. 1).

Анатомическая структура молочая проявляет особую чувствительность к тяжелым металлам. К примеру, на 1-ом слабо загрязненном участке в анатомической структуре листа происходит угнетение роста и как следствие уменьшение всех параметров. По мере адаптации, наблюдается стимуляция роста и увеличение анатомических параметров (Табл.3).

Стебель покрыт эпидермой, под которой располагается первичная кора. Под эпидермой расположена хлоренхимная ткань.

Проводящие пучки располагаются строго по кругу, коллатеральные открытые, между флоэмой и ксилемой располагается слой камбиальных клеток. Над проводящими пучками располагаются склеренхимные тяжи, состоящие из лубяных волокон. В центре стебля расположена сердцевинная паренхима, которая со временем разрушается (Рис. 2).

На загрязненных участках во внутренней структуре стебля уменьшаются толщина первичной коры, площадь паренхимных клеток и ксилемных сосудов (Табл. 4).

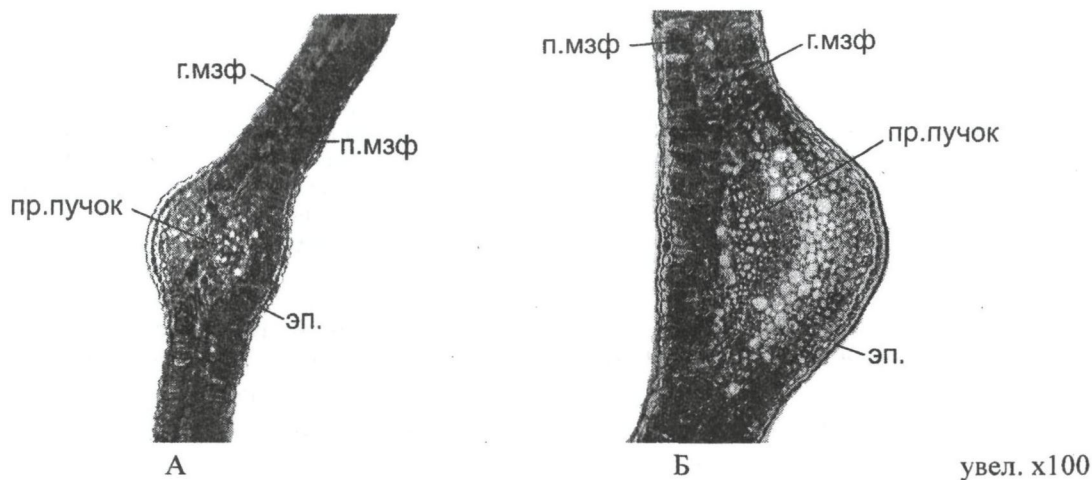


Рис. 1. Поперечный срез листовой пластинки А – контроль, Б – загрязненный участок
 обозначения: эп. – эпидермис, п.мзф – палисадный мезофилл, г.мзф – губчатый мезофилл, пр. пучок – проводящий пучок.

Таблица 3. Анатомические особенности листовой пластинки

Участок	толщина эпидермиса, мкм		столбчатый мезофилл, мкм	губчатый мезофилл, мкм	площадь проводящего пучка, $\times 10^{-3} \text{мм}^2$	площадь ксилемных сосудов, $\times 10^{-3} \text{мм}^2$
	верхний эпидермис	нижний эпидермис				
1	$52,24 \pm 0,16$	$50,81 \pm 0,41$	$87,48 \pm 1,53$	$77,72 \pm 0,87$	$29,37 \pm 0,06$	$0,62 \pm 1,03$
2	$69,64 \pm 0,57$	$69,38 \pm 0,11$	$192,32 \pm 1,12$	$215,33 \pm 1,05$	$193,42 \pm 0,32$	$1,01 \pm 1,26$
3	$57,39 \pm 0,27$	$55,56 \pm 2,02$	$143,17 \pm 0,37$	$140,87 \pm 0,07$	$137,04 \pm 0,25$	$1,19 \pm 0,01$
4 (контроль)	$54,63 \pm 0,08$	$52,06 \pm 0,59$	$159,27 \pm 0,03$	$122,69 \pm 0,65$	$64,49 \pm 1,72$	$2,87 \pm 5,56$

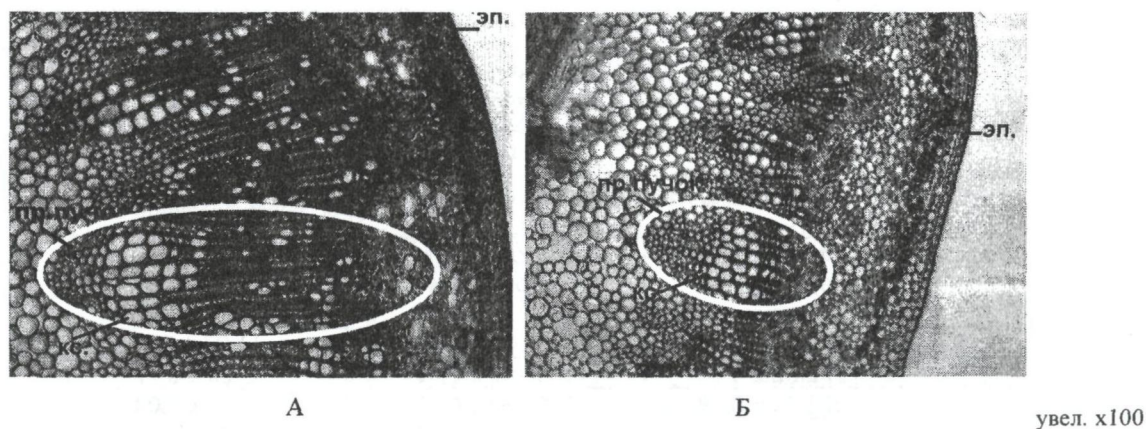


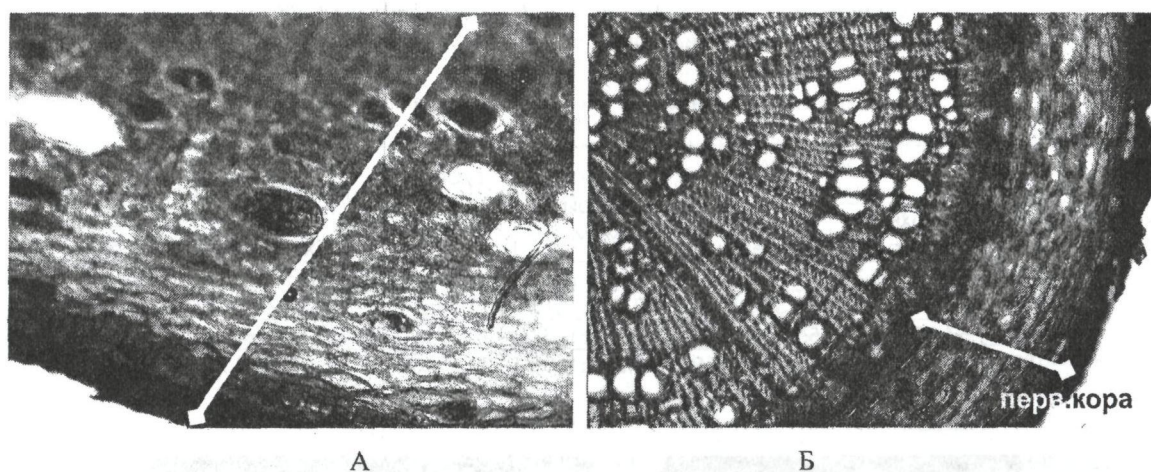
Рис. 2. Поперечный срез стебля
 А – контроль, Б – загрязненный участок
 обозначения: эп. – эпидермис, пр. пучок – проводящий пучок, кс. – ксилема.

Таблица 4. Анатомические особенности стебля

участок	толщина эпидермиса, мкм	толщина первичной коры, мкм	площадь паренхимных клеток, $\times 10^{-3} \text{мм}^2$	площадь ксилемных сосудов, $\times 10^{-3} \text{мм}^2$
1	$71,62 \pm 0,39$	$748,25 \pm 3,26$	$10,49 \pm 0,43$	$4,02 \pm 0,25$
2	$75,36 \pm 0,18$	$693,22 \pm 0,43$	$6,31 \pm 0,11$	$4,35 \pm 0,28$
3	$45,56 \pm 2,67$	$653,36 \pm 1,28$	$7,68 \pm 0,41$	$5,05 \pm 0,72$
4 (контроль)	$68,63 \pm 0,29$	$746,29 \pm 1,04$	$13,28 \pm 0,02$	$7,91 \pm 0,39$

Корень *Euphorbia* вторичного строения, снаружи покрыт перидермой. Перидермальные клетки уплощенные. Расположенные вдоль перидермы паренхимные клетки первичной коры содержат многочисленные крахмальные зерна. В цен-

тральном цилиндре ксилемные сосуды расположены радиально (Рис.3). В анатомической структуре корня на загрязненных участках было выявлено уменьшение всех параметров (Табл. 5).



А

Б

увел. $\times 100$

Рис. 3. Поперечный срез корня
А – контроль, Б – загрязненный участок
обозначения: перв. кора – первичная кора

Таблица 5. Анатомические особенности корня

Участок	толщина перидермы, мкм	толщина первичной коры, мкм	площадь ксилемных сосудов, $\times 10^{-3} \text{мм}^2$
1	$252,22 \pm 0,48$	$1168,32 \pm 1,94$	$11,27 \pm 0,95$
2	$272,62 \pm 0,62$	$1388,52 \pm 0,42$	$8,29 \pm 0,99$
3	$293,54 \pm 0,28$	$1251,83 \pm 0,39$	$7,17 \pm 1,04$
4	$415,52 \pm 0,34$	$3133,64 \pm 2,63$	$14,99 \pm 0,85$

Таким образом, в результате исследований было установлено, что Молочай мелкоплодный (*Euphorbia microcarpa*) отличается повышенной чувствительностью к действию ТМ и его структурные изменения могут быть использованы как индикаторные признаки при проведении клеточного биомониторинга окружающей

среды, а само растение предлагается в качестве биоиндикатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айдосова С.С. Анатомическая структура растений в условиях техногенного загрязнения // Доклады НАН РК. №1. 2004. с.95-105.
2. Айдосова С.С., Ахметова А.Б. Анатомическая структура стебля *Stipa capillata* L. и *Agropyron cristatum* (L.)

Gaertn. в условиях загрязнения несимметричным диметил-гидразином НДМГ // Вестник КарГУ. Серия биология, медицина, география № 3 (35). 2004 г. с. 7-13.

3. *Айдосова С.С., Ахметова А.Б.* Изучение внутренней структуры *Festuca valesiaca* Gaud., произрастающей в местах падения отделяющихся частей ракеты-носителя «Протон» // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования в Казахстане и сопредельных территориях», Павлодар, 2006. – Т.2., С. 16-19

4. *Savinkov A., Semioshkina N., B.J. Howard, G. Voigt.* Radiostrontium uptake by plants from different soil types in Kazakhstan // Science of The Total Environment Volume 373, Issue 1, 1 February 2007, Pages 324-33

5. *Айдосова С.С., Сағындық К.С.* Ұзаққа созылған иондаушы сәулелену жағдайындағы *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn өсімдігінің жерүсті мүшелерінің морфологиялық-анатомиялық ерекшеліктері // Байтеновские чтения-2: Труды III Международной конференции, посвященной памяти выдающихся ботаников Казахстана, Алматы, 2006 г., - С.128-130

6. *Айдосова С.С., Сағындық К.С.* Возможности применения биологических показателей семян *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn. и *Festuca valesiaca* Gaudin. в качестве биоиндикационных признаков ионизирующей радиации. Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде. Материалы IV-международной научно-практической конференции. Семипалатинский государственный педагогический институт, 19-21 октября, 2006 г. Т2, - с.414-417

7. *Айдосова С.С., Ахтаева Н.З.* Морфо-анатомическая структура и адаптационные признаки растений в условиях техногенного загрязнения. Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде. Материалы IV-международной научно-практической конференции. Семипалатинский государственный педагогический институт, 19-21 октября, 2006г. Т2, - с.108-113

8. *Мухитдинов Н.М., Айдосова С.С.* Морфо-анатомическая структура и индикаторные признаки растений в условиях техногенного загрязнения // Вестник КазНУ, Серия биологическая. – 2007. - №1 (31). – С. 105-111.

9. *Khudsar T., Mahmooduzzafar, M.Iqbal.* Cadmium-induced changes in leaf epidermis, photosynthetic rate and pigment concentration in *Cajanus cajan* // *Biologia plantarum* 44 (1): 59-64, 2001

10. *J. Barcelo; M. D. Vazquez; Ch. Poschenrieder.* Structural and Ultrastructural Disorders in Cadmium-Treated Bush Bean Plants (*Phaseolus vulgaris* L.) // *New Phytologist*, Vol. 108, No. 1. (Jan., 1988), pp. 37-49.

11. *Sandalio L.M., Dalurzo H.C., Gomez M., Romero-Puertas M.C., del Rio L.A.* Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants // *Journal of Experimental botany*, Vol. 52, No 364, pp 2115-2126, November 2001.

12. *Vitoria A.P., Rodriguez A.P.M., Cunha M., Lea P.J., Azevedo R.A.* Structural changes in radish seedlings exposed to cadmium // *Biologia plantarum* 47 (4): 561-568, 2003/4

13. *Maruthi Sridhar B.B., Diehl S.V, Han F.X., Monts D.L., Su Y.* Anatomical changes due to uptake and accumulation of Zn and Cd in Indian mustard (*Brassica juncea*) // *Environmental and Experimental Botany* 54 (2005) 131–141

14. *Kosobrukhov A., Knyazeva I., Mudrik V.* Plantago major plants responses to increase content of lead in soil: Growth and photosynthesis // *Plant Growth Regulation* 42: 145–151, 2004.

15. *Helen Panou-Filotheou, Artemios M. Bosabalidis.* Root structural aspects associated with copper toxicity in oregano (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*). *Plant Science* 166 (2004) 1497–1504

16. *Прайс В.* Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия. Москва: Мир, 1976. – 235 с.

17. Совместный приказ Министра здравоохранения РК от 30 января 2004 года №99 и Министра охраны окружающей среды РК от 27 января 2004 года №21-п Об утверждении Нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ, вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих почву.

18. *Prasad M.N.V., Kenneth S Sajwan, Ravi Naidu.* Trace Elements in the Environment: Biogeochemistry, Biotechnology, and Bioremediation. ISBN: 1566706858, p.744

19. *Прозина М.Л.* Ботаническая микротехника.- М.,1960,-208с.

20. *Пермяков М.* Микротехника.-М.,1988,-208с.

21. *Барыкина.* Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы.-М.: Изд-во МГУ, 2004.-312с.

22. *Лакин Г.Ф.* Биометрия.-М.: Высшая школа. - 1990. -352с.

Резюме

Шығыс Қазақстан облысы Өскемен қаласының өндірістік аймақтарында өсетін *Euphorbia microcarpa* Prokh. өсімдігін зерттеу нәтижелері келтірілген. *Euphorbia microcarpa* Prokh. өсімдігінің ауыр металдарға сезімталдылық және биоиндикаторлық қасиеттері анықталыны. Осы ерекшеліктер бұл өсімдік түрін қоршаған ортаның мониторингінде экспресс-индикатор ретінде қолдануға мүмкіндік береді.

Summary

Results of investigations of *Euphorbia microcarpa* Prokh which grows in production areas of Ust-Kamenogorsk city, East Kazakhstan region have been presented in this article. The sensibility to heavy metals and bioindication properties of *Echium vulgare* L. has been discovered. These peculiarities give an opportunity to use this plant in Environmental monitoring as express-indicator.