

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF BIOLOGICAL AND MEDICAL

ISSN 2224-5308

Volume 1, Number 319 (2017), 198 – 202

**B. K. Zayadan, N. R. Akmukhanova, A. K. Sadvakasova,
K. Bolatkhan, M. O. Bauenova, D. Kirbaeva**

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: zbolatkhan@gmail.com

INFLUENCE OF HEAVY METALS ON VEGETATIVE REPRODUCTION LEMNA MINOR

Abstract. In the work were considered the impact of heavy metals (Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) on vegetative reproduction Lemna minor. It has been established that the minimum concentration of metals, in which there are significant and visible changes in populations of Lemna tiny are: cadmium and lead - 2 MPC, copper - 5 MPC, zinc - 10 MPC. The concentration of cadmium in 5 MPC led to total loss of plants, presence in Wednesday 10 and 20 MPC metal caused the loss of almost the entire population. Lead ions were much more toxic than zinc and copper ions for plants. Zinc showed the lowest toxicity for duckweed tiny metals studied. The resulting us a number of toxicity of metals: $Zn > Cu > Pb > Cd$ is generally consistent with literature data. Found that the presence of listecov and its coloring intensity can serve as indicators of the presence in water of some heavy metals. The results of the analysis, HM in the investigated us plants Lemna minor have shown that almost all metals have tended to accumulate in plant tissues.

Keywords: heavy metals, Lemna, indicator, toxics.

УДК 504.4.054:001.5

**Б. К. Заядан, Н. Р. Акмуханова, А. К. Садвакасова,
К. Болатхан, М. О. Бауенова, Д. К. Кирбаева**

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ LEMNA MINOR

Аннотация. В работе были рассмотрены влияние тяжелых металлов (Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) на вегетативное размножение Lemna minor. Установлено, что минимальные концентрации металлов, при которых наблюдаются значимые и видимые изменения популяции ряски крошечной, составляют: для кадмия и свинца – 2 ПДК, для меди – 5 ПДК, для цинка – 10 ПДК. Концентрация кадмия в 5 ПДК привела к полной гибели растений, присутствие в среде 10 и 20 ПДК металла вызвало гибель практически всей популяции. Ионы свинца оказались намного токсичнее, чем ионы цинка и меди для растений. Цинк показал наименьшую токсичность для ряски крошечной из исследованных металлов. Полученный нами ряд токсичности металлов: $Zn > Cu > Pb > Cd$ – в целом соответствует литературным данным. Обнаружено, что наличие окраски листочков и её интенсивность могут служить индикаторами наличия в воде некоторых тяжелых металлов. Результаты анализа ТМ в исследованных нами растениях Lemna minor показали, что почти все металлы проявляли тенденцию накапливаться в растительных тканях.

Ключевые слова: тяжелые металлы, ряска, индикатор, токсиканты.

В настоящее время растущее поступление сточных вод в природные водоемы приобретает характер глобальной экологической угрозы. Водные экосистемы подвергаются значительному антропогенному загрязнению, что отражается на их продуктивности и качестве воды. Стоки

предприятий химического и нефтехимического профилей содержат различные токсиканты, среди которых особую опасность представляют тяжелые металлы (ТМ), обладающие биологической активностью, мутагенными и канцерогенными свойствами. Для минимизации отрицательного влияния ТМ на гидросферу необходима разработка новых и усовершенствование существующих методов очистки стоков путем снижения концентраций токсикантов, в том числе и методом биоконверсии с использованием высшей водной растительности. Среди тяжелых металлов Co^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} имеют наиболее широкое распространение в сточных водах многих предприятий (горнодобывающих, металлургических, текстильных, гальванических, машиностроения) [1, 2]. В последнее время, в связи с возрастающим загрязнением окружающей среды тяжелыми металлами, изучение реакций растений на указанные вещества является важной экологической проблемой. Развитие методов очистки воздуха, почв и сточных вод и от ионов тяжелых металлов с помощью растений [3, 4] так же повышает интерес к выявлению механизмов взаимодействия растений с металлами.

Целью исследований являлось изучение влияния тяжелых металлов (Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) на *Lemna minor*.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлись водные растения ряска малая *Lemna minor*. Для эксперимента был произведен отбор растений, сходных по морфологическим параметрам. Растения ряски выращивали в стеклянных емкостях объемом 500 мл при комнатной температуре 20-22 °С и постоянном освещении люминесцентной лампой. В качестве питательной среды использовалась среда Штейнберга [6]. В стаканчиках (150 мл) с готовыми растворами помещалось по пять растений ряски. В опытные сосуды добавляли ТМ в концентрации 2, 5, 10, 20 ПДК в виде CuCl_2 , ZnCl_2 , PbCl_2 , $\text{CdCl}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$. Контролем служил вариант без добавления металлов. Стаканы на двое суток ставили под люминесцентную лампу при комнатной температуре. Через 48 часов проводился анализ морфологических изменений растений. По фотографиям у ряски малой учитывали изменение количества листочков (видоизмененный побег, который имеет вид округлого листа), состояние корней, омертвление – некроз тканей растений и изменение окраски, а также разделение розеток на отдельные листочки. В контроле и в каждой концентрации на основании полученных результатов рассчитывали коэффициент роста популяции по формуле $r = (N_t - N_0) / t$, где N_0 – начальная численность листочков; N_t – конечная численность листочков; t – время экспозиции [7,8]. Содержание тяжелых металлов в растениях определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии на iCAP 6300 Duo ("Thermo Electron", США-Великобритания) после мокрого озоления 70% HNO_3 (о.с.ч.).

Результаты и обсуждение

Тяжелые металлы играют важную роль в жизнедеятельности растений. Многие из них являются микроэлементами (медь, никель, кобальт, цинк и др.), участвующие в самых разнообразных физиологических процессах: от фотосинтеза до регуляции активности генов. Однако значительные концентрации микроэлементов способны вызвать патологические изменения в клетках: образование активных форм кислорода, окислительный стресс и т. д. Для ряда металлов (кадмий, ртуть, свинец, серебро) не выявлены жизненно необходимые функции, кроме деструктивных [9]. В водной среде подвижность, биодоступность металлов выше, чем в почве [10].

При действии тяжелых металлов в разных концентрациях превышающие ПДК для природных вод было установлено, что наибольшим токсическим эффектом обладают ионы кадмия: концентрация в 2 ПДК вызывала значимое снижение скорости роста и времени удвоения листочков на 15 %. Концентрация кадмия в 5 ПДК привела к полной гибели растений, присутствие в среде 10 и 20 ПДК металла вызвало гибель практически всей популяции, к 12 суткам оставались лишь мелкие, не более 1 мм в диаметре почки, соединенные с мертвыми некротизированными материнскими листочками (таблица 1).

Ионы свинца оказались намного токсичнее, чем ионы цинка и меди для растений. Первая реакция на металл при концентрации 2 ПДК – появилась через 4 часа после начала эксперимента. Наследующий день листья приобрели светло-зеленую окраску (таблица 1). Концентрации свинца 5, 10 и 20 ПДК привела к полной гибели растений.

Таблица 1 – Реакция ряски малой (*Lemna minor*) на тяжелые металлы

Металл	Концентрация (ПДК)	Тестовые реакции			Коэффициент роста
		Окраска листиков	Рассоединение листиков	Реакция листиков	
Контроль	0	Интенсивно зеленая	–	Нет	3,59
Cd ²⁺	2	Коричневая	+	Сильное усыхание	0,53
Cu ²⁺	2	Светло зеленая	+	Усыхание краев	3,0
Pb ²⁺	2	Светло-бурая	+	Усыхание	0,60
Zn ²⁺	2	Желто-зеленая	–	Увядание незначительное	3,2
Cd ²⁺	5	Темно –коричневая	+	Сильное усыхание	0,2
Cu ²⁺	5	Белая	+	Сильное усыхание	2,1
Pb ²⁺	5	Темно –коричневая	+	Сильное усыхание	0,23
Zn ²⁺	5	Светло-зеленая, бурая	+	Увядание	3,1
Cd ²⁺	10	Белая	+	Подсыхание	0
Cu ²⁺	10	Белая	+	Подсыхание	0
Pb ²⁺	10	Белая	+	Подсыхание	0
Zn ²⁺	10	Светло- бурая	+	Усыхание	2,8
Cd ²⁺	20	Белая	+	Подсыхание	0
Cu ²⁺	20	Белая	+	Подсыхание	0
Pb ²⁺	20	Белая	+	Подсыхание	0
Zn ²⁺	20	Белая	+	Увядание, частичное подсыхание	1,4

В питательной среде с концентрацией Cu²⁺ 2 ПДК у старых листиков были отмечены признаки хлороза, но скорость размножения в этом случае значимо не отличалась от контроля. При 5 ПДК показатель скорости роста снизился на 63 % по сравнению с контролем. Кроме этого отмечались некрозы и гибель взрослых пересаженных листиков (таблица 1).

Цинк показал наименьшую токсичность для ряски крошечной из исследованных металлов. В диапазоне концентраций от 2 до 5 ПДК он не вызывал статистически значимых снижений скорости роста и времени удвоения листиков. Только при концентрации 10 ПДК в культуральной среде данный металл вызвал снижение скорости вегетативного размножения на 20%, а увеличение концентрации до 20 ПДК снизило скорость размножения на 63%. Кроме этого, цинк в столь высоких концентрациях повлиял и на морфологию растущих листиков (таблица 1). Было обнаружено, что у молодых, развивающихся листиков, формируется характерная зона некроза, своего рода перетяжка в центре листеца, либо вблизи основания, в проксимальной части.

Известно, что растения довольно чутко реагируют на повышение концентрации химических элементов в окружающей среде. Исследованиями многих авторов было показано, что при увеличении количество металлов в питательном растворе наблюдается увеличение их содержания в растительных тканях [11]. Нами исследовалось накопление тяжелых металлов растениями *Lemna minor* при концентрации металлов, которых наблюдаются значимые и видимые изменения популяции ряски крошечной т.е, кадмия и свинец при 2 ПДК, медь при 5 ПДК, цинка при 10 ПДК. Результаты анализа ТМ в исследованных нами растениях *Lemna minor* показали, что почти все металлы проявляли тенденцию накапливаться в растительных тканях (таблица 2). Полученные данные свидетельствуют о том, что за исследованный срок концентрация изучаемых элементов в модели с растениями значительно снизилась от первоначального уровня металлов.

Таблица 2 – Аккумуляция тяжелых металлов растениями *Lemna minor*

Тяжелый металл	Концентрация до начала эксперимента, мг/л	Концентрация в среде после эксперимента, мг/л	Концентрация в растениях после эксперимента, мг/л
Zn	1	0,13±0,02	0,86±0,05
Cu	0,5	0,16±0,004	0,33±0,03
Pb	0,06	0,012±0,006	0,046±0,02
Cd	0,002	0,0006±0,008	0,0012±0,02

Установлено, что минимальные концентрации металлов, при которых наблюдаются значимые и видимые изменения популяции ряски крошечной, составляют: для кадмия и свинца – 2 ПДК, для меди – 5 ПДК, для цинка – 10 ПДК. Концентрация кадмия в 5 ПДК привела к полной гибели растений, присутствие в среде 10 и 20 ПДК металла вызвало гибель практически всей популяции. Ионы свинца оказались намного токсичнее, чем ионы цинка и меди для растений. Цинк показал наименьшую токсичность для ряски крошечной из исследованных металлов. Полученный нами ряд токсичности металлов: Zn>Cu>Pb>Cd – в целом соответствует литературным данным. Обнаружено, что наличие окраски листочков и ее интенсивность могут служить индикаторами наличия в воде некоторых тяжелых металлов. Результаты анализа ТМ в исследованных нами растениях *Lemna minor* показали, что почти все металлы проявляли тенденцию накапливаться в растительных тканях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Drost W., Matzke M., Backhaus T. Heavy metal toxicity to *Lemna minor*: studies on the time dependence of growth inhibition and the recovery after exposure // *Chemosphere*. – 2007. – Vol. 67(1). – P. 36-42.
- [2] Mojiri A. Phytoremediation of heavy metals from municipal wastewater by *Typha domingensis* // *African Journal of Microbiology Research*. – 2012. – Vol. 6(3). – P. 643-647.
- [3] Khellaf N., Zerdaoui M. Growth response of the duckweed *Lemna gibba* L. to copper and nickel phytoaccumulation // *Ecotoxicology*. – 2010. – Vol. 19. – P. 1363-1368.
- [4] Singh D., Tiwari A., Gupta R. Phytoremediation of lead from wastewater using aquatic plants // *Journal of Agricultural Technology*. – 2012. – Vol. 8(1). – P. 1-11.
- [5] El-Kheir W.A., Ismail G., El-Nour F.A. et al. Assessment of the efficiency of duckweed (*Lemna gibba*) in wastewater treatment // *International journal of agriculture & biology*. – 2007. – Vol. 9, N 5. – P. 681-687.
- [6] Медведев С.С. Физиология растений: учебник. – СПб.: Изд-во СПб ун-та, 2004. – 336 с.
- [7] Мелехова О.П., Егорова Е.И., Евсеева Т.И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. О. П. Мелехова и Е. И. Егоровой. – М., 2007.
- [8] Воробьев В.Н. Практикум по физиологии и биохимии растений. Электрофизиология высших растений (внеклеточное отведение): Учебно-методическое пособие. – Казань: Казанский университет, 2013. – 32 с.
- [9] Hooda V. Phytoremediation of toxic metals from soil and waste water // *Journal of Environmental Biology*. – 2007. – N 28(2). – P. 367-376.
- [10] Dixit A., Dixit S., Goswami C.S. Process and plants for wastewater remediation: a review // *Scientific Reviews & Chemical Communications*. – 2011. – N 1(1). – P. 71-77
- [11] Kumar J. I. N., Soni H., Kumar R.N., Bhatt I. Macrophytes in Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Water and Sediments in Pariyej Community Reserve, Gujarat, India. *Turk // J. Fish. Aquat. Sci.* – 2008. – N 8. P. 193-200.

REFERENCES

- [1] Drost W. (2007) Heavy metal toxicity to *Lemna minor*: studies on the time dependence of growth inhibition and the recovery after exposure [Text] / W. Drost, M. Matzke, T. Backhaus // *Chemosphere*. 67(1): 36-42.
- [2] Mojiri, A. (2012) Phytoremediation of heavy metals from municipal wastewater by *Typha domingensis* [Text] / A. Mojiri // *African Journal of Microbiology Research* 6(3): 643-647.
- [3] Khellaf, N. (2010) Growth response of the duckweed *Lemna gibba* L. to copper and nickel phytoaccumulation [Text] / N. Khellaf, M. Zerdaoui // *Ecotoxicology*. 19:1363-1368.
- [4] Singh, D. (2012) Phytoremediation of lead from wastewater using aquatic plants [Text] / D. Singh, A. Tiwari, R. Gupta // *Journal of Agricultural Technology*. 8(1): 1-11.
- [5] Assessment of the efficiency of duckweed (*Lemna gibba*) in wastewater treatment (2007) / W. A. El-Kheir, G. Ismail, F. A. El-Nour et al. // *International journal of agriculture & biology*. 9. 5: 681-687.
- [6] Medvedev, S. S. (2004) Физиология растений: учебник. 336 (In Russian)
- [7] Melekhova O.P., Egorova E.I., Evseeva T.I. (2007) Biologicheskij kontrol' okruzhajushhej sredy: bioindikacija i biotestirovanie: (In Russian)

- [8] Praktikum po fiziologii i biohimii rastenij. Jelektrofiziologija vysshih rastenij (vnekletnoe otvedenie) (2013) 32 (In Russian)
- [9] Hooda, V. (2007) Phytoremediation of toxic metals from soil and waste water // Journal of Environmental Biology. 28(2): 367-376.
- [10] Dixit, A. (2011) Process and plants for wastewater remediation: a review [Text] / A. Dixit, S. Dixit, C. S. Goswami // Scientific Reviews & Chemical Communications.1(1):71-77
- [11] Kumar, J. I. N., H. Soni, R. N. Kumar, and I. Bhatt (2008). Macrophytes in Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Water and Sediments in Pariyej Community Reserve, Gujarat, India. Turk. J. Fish. Aquat. Sci. 8: 193- 200.

Б. К. Заядан, Н. Р. Акмуханова, А. К. Садвакасова, К. Болатхан, М. О. Бауенова, Д. К. Кирбаева

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

LEMNA MINOR ВЕГЕТАТИВТІ ӨСУІНЕ АУЫР МЕТАЛЛДАРДЫҢ ӘСЕРІ

Аннотация. Жұмыста Lemnaminog вегетативті өсуіне ауыр металлдардың әсері (Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) зерттелді. Балдыршөп өсімдігінің популяциясында айтарлықтай өзгерістер бақыланатын минимальды концентрация: кадмий мен қорғасын үшін – 2 ШМК, мыс үшін – 5 ШМК, мырыш үшін – 10 ШМК құрайтыны анықталды. Кадмийдің концентрациясы 5 ШМК өсімдіктің толық көлеміне, ал 10 және 20 ШМК популяцияның толық жойылуына алып келеді. Қорғасын иондары мыс пен мырышпен салыстарғанда өсімдіктерге улылығы жоғары болды. Зерттелген металдардан улылығы бойынша төменгі көрсеткішті мырыш көрсетті. Ауыр металлдардың токсинділігі келесі қатарды құрайды: $Zn > Cu > Pb > Cd$ – жалпы әдеби мәліметтерге сәйкес келеді. Өсімдік жапырақтарындағы түстің қарқындылығы мен болу болмауы ауыр металлдармен ластану деңгейін анықтауда индикатор қызметін атқара алатыны анықталды. Ауыр металлдарды талдау нәтижесінде зерттелген Lemna minor өсімдігі барлық металлдарды жинау тенденциясын көрсетті.

Түйін сөздер: ауыр металл, балдыршөп, индикатор, токсикант.