

ISSN 2224-5308

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

## ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ МЕДИЦИНА  
СЕРИЯСЫ**



**СЕРИЯ  
БИОЛОГИЧЕСКАЯ И МЕДИЦИНСКАЯ**



**SERIES  
OF BIOLOGICAL AND MEDICAL**

**1 (313)**

**ҚАҢТАР – АҚПАҢ 2016 ж.  
ЯНВАРЬ – ФЕВРАЛЬ 2016 г.  
JANUARY – FEBRUARY 2016**

**1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА  
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963**

**ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ  
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД  
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR**

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА  
АЛМАТЫ, НАН РК  
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі

**Ж. А. Арзықұлов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Айтхожина Н.А.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байгулин И.О.** (бас редактордың орынбасары); биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Берсімбаев Р.И.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бишімбаева Н.К.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Күзденбаева Р.С.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Рахышев А.Р.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ақшолақов С.К.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Алшынбаев М.К.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Березин В.Э.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ботабекова Т.К.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жамбакин К.Ж.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қайдарова Д.Р.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Локшин В.Н.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Огарь Н.П.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рахыпбеков Т.К.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

**Абжанов Архат** (Бостон, АҚШ); **Абелев С.К.** (Мәскеу, Ресей); **Лось Д.А.** (Мәскеу, Ресей); **Бруно Луненфелд** (Израиль); доктор, проф. **Харун Парлар** (Мюнхен, Германия); философия докторы, проф. **Стефано Перни** (Кардиф, Ұлыбритания); **Саул Пуртон** (Лондон, Ұлыбритания); **Сапарбаев Мурат** (Париж, Франция); **Сарбассов Дос** (Хьюстон, АҚШ); доктор, проф. **Гао Энджун** (Шэньян, ҚХР)

Главный редактор

академик НАН РК

**Ж. А. Арзыкулов**

Редакционная коллегия:

доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.А. Айтхожина**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **И.О. Байтулин** (заместитель главного редактора); доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Р.И. Берсимбаев**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.К. Бишимбаева**; доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **Р.С. Кузденбаева**, доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **А.Р. Рахисhev**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **С.К. Акшулаков**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.К. Алчинбаев**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Э. Березин**; доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.К. Ботабекова**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Ж. Жамбакин**; доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Д.Р. Кайдарова**; доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Локшин**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.П. Огарь**; доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.К. Рахыпбеков**

Редакционный совет:

**Абжанов Архат** (Бостон, США); **С.К. Абелев** (Москва, Россия); **Д.А. Лось** (Москва, Россия); **Бруно Луненфельд** (Израиль); доктор, проф. **Харун Парлар** (Мюнхен, Германия); доктор философии, проф. **Стефано Перни** (Кардиф, Великобритания); **Саул Пуртон** (Лондон, Великобритания); **Сапарбаев Мурат** (Париж, Франция); **Сарбассов Дос** (Хьюстон, США); доктор, проф. **Гао Энджун** (Шэньян, КНР)

«Известия НАН РК. Серия биологическая и медицинская». ISSN 2224-5308

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5546-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18,  
[www.nauka-nanrk.kz/biological-medical.kz](http://www.nauka-nanrk.kz/biological-medical.kz)

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

**Zh.A. Arzykulov**,  
academician of NAS RK

Editorial board:

**N.A. Aitkhozhina**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **I.O. Baitulin**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK (deputy editor); **R.I. Bersimbayev**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **N.K. Bishimbayeva**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **R.S. Kuzdenbayeva**, dr. med. sc., prof., academician of NAS RK; **A.R. Rakhishev**, dr. med. sc., prof., academician of NAS RK; **S.K. Akshulakov**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.K. Alchinbayev**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.E. Berezin**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.K. Botabekova**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK; **K.Zh. Zhambakin**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **D.R. Kaidarova**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Lokshin**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK; **N.P. Ogar**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.K. Rakhypbekov**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

**Abzhanov Arkhat** (Boston, USA); **S.K. Abelev** (Moscow, Russia); **D.A. Los** (Moscow, Russia); **Bruno Lunenfeld** (Israel); **Harun Parlar**, dr., prof. (Munich, Germany); **Stefano Perni**, dr. phylos., prof. (Cardiff, UK); **Saparbayev Murat** (Paris, France); **Saul Purton** (London, UK); **Sarbassov Dos** (Houston, USA); **Gao Endzhun**, dr., prof. (Shenyang, China)

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of biology and medicine.**  
**ISSN 2224-5308**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5546-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,  
<http://nauka-nanrk.kz/biological-medical.kz>

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

**N E W S**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
**SERIES OF BIOLOGICAL AND MEDICAL**

ISSN 2224-5308

Volume 1, Number 313 (2016), 102 – 109

**PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS  
OF *MISCANTHUS X GIGANTEUS* IN POLLUTED CONDITIONS**

**A. Nurzhanova, A. Nurmagambetova,  
R. Zhamanbalinova, A. Balmukanov, E. Sailaukhanuly**

RSOE “Institute of Plant Biology and Biotechnology” CS MES RK, Almaty, Kazakhstan.  
E-mail: gen\_asil@mail.ru

**Key words:** physiology, biochemistry, biofuel plant, phytoremediation.

**Abstract.** The article presents the results of a study of the basic adaptive physiological and biochemical indicators of the species of second-generation biofuel *Miscanthus x giganteus* of the stability to heavy metals. It is shown that the water absorption capacity, a change in the ratio of the concentration of chlorophyll a concentration of carotenoids, the activity of free proline in leaves are the main indicators of adaptive of the assimilation apparatus to stress. It was revealed that the species *M.giganteus* has phytoremediation potential and refers to excluders in relation to the heavy metal.

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *MISCANTHUS X GIGANTEUS* В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А. Нуржанова, А. Нурмагамбетова, Р. Жаманбалинова, А. Балмуханов, Е. Сайлауханулы

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

**Ключевые слова:** физиология, биохимия, биотопливное растение, фиторемедиация.

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования основных физиологических и биохимических адаптивных показателей устойчивости биотопливного вида второго поколения *Miscanthus x giganteus* к тяжелым металлам. Показано, что водопоглотительная способность, изменение соотношения концентрации хлорофиллов к концентрации каротиноидов, активность свободного пролина в листьях растений являются основными адаптивными показателями ассимиляционного аппарата к стрессу. Выявлено, что вид *M.giganteus* обладает фиторемедиационным потенциалом и относится к эксклюдерам по отношению к тяжелым металлам.

**Введение.** Фиторемедиация является достаточно длительной по продолжительности технологией фиторемедиации. Данный недостаток может быть использован экономически выгодно, если выращивать на загрязненных почвах биоэнергетические культуры. Выращивание биоэнергетических культур на загрязненных ксенобиотиками участках земли для получения биомассы мискантуса с одновременным улучшением экологических характеристик почвы является перспективным направлением в области экологической биотехнологии. Такой подход позволяет использовать загрязненные участки для получения фитомассы растительного организма и улучшения экологической обстановки вокруг загрязненных участков, кроме этого они не будут конкурировать с производством сельскохозяйственных культур, растущих на плодородных орошаемых землях. Эффективности выращивания представителей рода мискантус, как источника биомассы, используемой в целях выработки биотоплива второго поколения, на загрязненных почвах показывают перспективность и, в частности в Казахстане. Актуальность этих исследований для Казахстана связано с развитием биотопливных технологий и внедрением инновационных технологий в аграрном секторе.

Одним из перспективных биотопливных культур второго поколения является многолетняя высокопродуктивная стерильная непродовольственная злаковая трава C4 типа *Miscanthus x giganteus* (мискантус гигантский) [1]. Преимущество мискантуса (по сравнению с другими видами) состоит в том, что он может произрастать на загрязненной и маргинальной почве в течение 30 лет. Высокая продуктивность биомассы *M.giganteus* на загрязненных землях может превратить технологию фиторемедиация в прибыльную отрасль для биоэнергетической промышленности [2-5].

Цель: изучить физиологические особенности *M.giganteus* в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами (ТМ), включая оценку остаточного количества ТМ в растительных организмах в тепличных условиях.

### Методы исследования

Объект исследования – *Miscanthus x giganteus* (мискантус гигантский) из коллекции Университета Illinois. США.

Для определения возможности использования *M.x giganteus* в фиторемедиационной технологии ТМ-загрязненных почв поставили первые модельные эксперименты в тепличных условиях. В качестве почвенной культуры использовали незагрязненную почву, Zn-загрязненную почву, Pb-загрязненную почву. Незагрязненную почву искусственно загрязняли солями сернокислого 7-водного цинка в концентрации 3 ПДК ( $67,5 \pm 0,2$  мг/кг) и солями азотнокислого свинца (II) в концентрации 9 ПДК ( $208 \pm 4,2$  мг/кг). Концентрации ТМ были подобраны исходя из уровня загрязнения территории почв вокруг цинкового завода (г. Риддер, Восточно-Казахстанская область) [6]. Контроль – незагрязненная почва.

Перед экспериментом почву просеяли через сито (3 мм) и затем тщательно перемешали. Затем галькой заполнили дно сосуда (масса 1000 г). Далее дренаж закрывали марлей и сверху насыпали речной песок (масса песка 1000 г) и снова закрывали марлей. Затем сосуд заполняли почвой (масса почвы 5000 г). Для того чтобы почва не высыхала, сверху насыпали один слой песка. После набивки сосуд взвешивали. Общая масса 5000 г. Заполненные сосуды имели одинаковую массу. Посадку ризом провели в течение одного и того же дня. Повторность опыта – двухкратная.

Определение водопоглотительной способности листьев мискантуса проводили в период роста (период цветения) Для этого срезали листья с 3 яруса и насыщали их водой в течение 2,5 часов и взвешивали. После этого подвергали глубокому завяданию в условиях комнатной температуры в течение 5 часов и далее вновь насыщали водой в течение 2,5 часов и взвешивали. По разности массы после первого и второго насыщения определяли водопоглотительную способность устойчивых и неустойчивых к ТМ листьев растений [7].

Содержание пролина определяли в листьях мискантуса (период цветения) по методу, описанному L.S.Batters, R.P. Waldern, I.D.Teare [8]. Навеску 5-7 растений (200 мг) заливали кипящей дисцилированной водой и пробирки помещали на водяную баню и доводили до кипения и кипятили в течение 10 минут и далее охлаждали. Далее 1 мл каждого гомогената вносили в пробирки, содержавшие 1 мл нингидринового реагента и 1 мл ледяной уксусной кислоты. Пробирки инкубировали при 100° С в течение 1 часа, охлаждали на льду. Оптическую плотность растворов измеряли на спектрофотометре при 520 нм. Повторность по каждому образцу – трехкратная. Концентрацию пролина определяли с помощью предварительно полученной калибровочной кривой. Содержание пролина выражали мкМ/г сырой массы.

Формула пересчета оптической плотности на мкМ/г сырого веса:

$$П = D * 0,4246 * 10/0,2, \quad (1)$$

где П – содержание пролина (мкМ/г сырого веса); D – оптическая плотность; 10 – объем пробы.

Определение содержания *a*, *b* хлорофиллов, каратиноидов и общего содержания хлорофиллов в листьях мискантуса в период цветения проводили по общепринятой методике [7]. Содержание хлорофиллов, каратиноидов определяли на спектрофотометре при 440,5, 649 и 665 нм (Spectrophotometer PD -303, APPL) по методике Ветштейна. Брали навеску 30 мг листьев, помещали в фарфоровую ступку, добавляли 90% спирт и растирали. После гомогенат переносили микроцентрифужные пробирки. Центрифугировали при 7 000 об/мин в течение 10 минут. Экстракт осторожно сливали в пробирку и далее концентрацию пигментов определяли с помощью спектрофотометра.

Содержание хлорофиллов рассчитывали по формулам:

$$Ca \text{ (мг/л)} = 11.63 * D_{665} - 2.39 * D_{649} \quad (2)$$

$$Cb \text{ (мг/л)} = 20.11 * D_{649} - 5.18 * D_{665} \quad (3)$$

$$Ca + Cb \text{ (мг/л)} = 6.45 * D_{665} + 17.72 * D_{649} \quad (4)$$

Содержание суммы каратиноидов рассчитывали по формуле:

$$C_{кар} \text{ (мл/л)} = 4.695 * D_{440.5} - 0.268 (Ca + Cb \text{ мл/л}) \quad (5)$$

Ионы тяжелых металлов в незагрязненной и искусственно загрязненной почве до и после эксперимента и надземной части мискантуса в период цветения определяли масс-спектрометром с индуктивно-связанной плазмой ИСП-МС Agilent 7500 series.

Коэффициент экстракции подсчитывали по формуле:

$$C, \% = C_{ТМ \text{ в вегетативных органах (мг/кг)}} / C_{ТМ \text{ в почве (мг/кг)}} * 100\% \quad (6)$$

Все экспериментальные данные статистически обрабатывали общепринятыми методами [9] построение графиков, диаграмм проводили после обработки данных с использованием компьютерной программы “Microsoft Excel».

## Результаты и обсуждение

*M.giganteus* - это растение С4-типа тропических и субтропических регионов. Для устойчивого управления загрязненными и деградированными землями необходимы научно-обоснованные исследования *M.giganteus* в разных климатических условиях. В связи с этим, в условиях Алма-тинской области ризомы *M.giganteus* были высажены на экспериментальном участке Института (2014 г.). Введенные в культуру растения хорошо перезимовали. В течение вегетации (2015 г.) у них была отмечена активная вегетация с отрастанием побегов второго и третьего порядка.

В условиях теплицы при изучении динамики роста и развития *M.giganteus* установлено, что продолжительность вегетации 150 дней (от периода посадки ризом до периода цветения), и они прекрасно произрастали, как на ТМ-загрязненных, так и незагрязненных почвах. Высота растений в период цветения достигала  $237,5 \pm 2,5$  см (рисунок 1, таблица 1). При произрастании *M.giganteus* на ТМ загрязненной почве выявлено, что высота растений снижается относительно контроля до 12 %, а площадь листовой пластинки – практически не изменяется. Известно, что для формирования устойчивости к стрессу важное значение имеют механизмы, обеспечивающие поддержания водного обмена. Отмечено, что в условиях загрязнения водопоглотительная способность (ВПС) листьев *M.giganteus* уменьшается относительно контроля до 30%, т.е. наблюдается тенденция снижения ВПС листьев при произрастании на ТМ-загрязненных почвах.



Полевые условия



Тепличные условия

Рисунок 1 – Рост и развитие *Miscanthus x giganteus* в полевых и тепличных условияхТаблица 1 – Рост и развитие *Miscanthus x giganteus* в разных условиях среды и их водопоглотительная способность (ВПС) в период цветения

	Высота, см	% к К	Площадь листа, см <sup>2</sup>	% к К	ВПС, %	% к К
К (незагряз. почва)	$237,5 \pm 2,5$	100	236	100	$1,7 \pm 0,16$	100
Zn-загряз. почва	$207,5 \pm 3,8$	87	237	101	$1,2 \pm 0,20$	70
Pb-загряз. почва	$210,0 \pm 4,0$	88	248	105	$1,3 \pm 0,13$	76

Одним из важных эколого-физиологических параметров оценки влияния ксенобиотика на рост и развитие растений являются изменение в фотосинтетическом аппарате, в частности содержание пигментов в листьях. Впервые, на примере тополя бальзамического, было показано уменьшение содержания хлорофилла *a* в листьях при стрессовом воздействии ионов тяжелых металлов, и увеличение доли вспомогательных пигментов – хлорофилла *b* и каротиноидов [10]. Изменение соотношения между хлорофиллами и каротиноидами стали рассматривать как адаптивную реакцию ассимиляционного аппарата к стрессу и использовать их как маркер антропогенного воздействия. Нами изучено содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях *M.giganteus* в период цветения (рисунок 2).



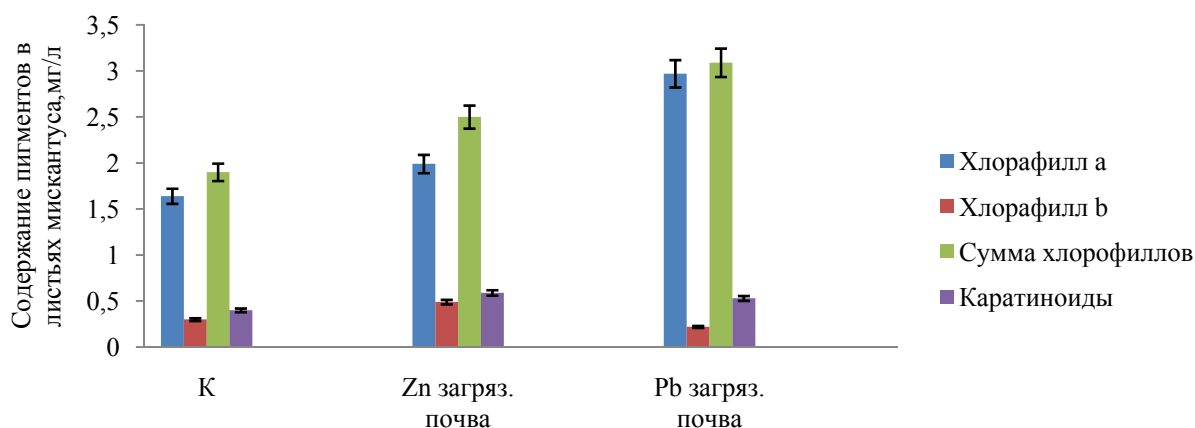


Рисунок 2 – Содержание пигментов в листьях *Miscanthus x giganteus*, произрастающие в разных условиях загрязнения

Установлено, что соотношение *a* и *b* хлорофиллов в листьях *M.giganteus* не изменяется при произрастании их на ТМ-загрязненной почве и незагрязненной почве. Замечено, повышение соотношения С *a*+*b* к С<sub>к</sub> в листьях *M.giganteus* (на 22% относительно контроля) при произрастании их на Pb-загрязненной почве. Вероятно *M.giganteus* более устойчив к токсическим действиям ионов Zn, и менее устойчив к ионам Pb.

Учитывая важную роль пролина в адаптации к абиотическим факторам среды, так как синтез пролина – одна из первых реакций на стресс, целью дальнейшего исследования явилось изучение накопления свободного пролина в листьях *M.giganteus* (рисунок 3).

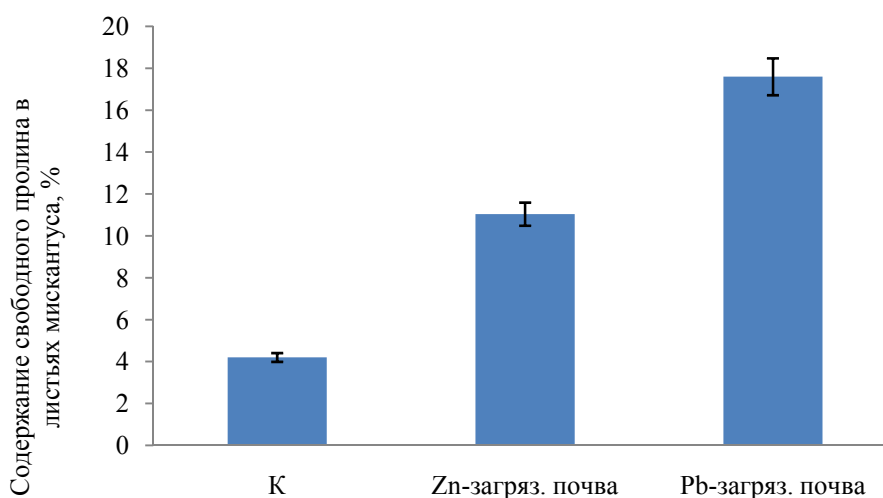


Рисунок 3 – Содержание свободного пролина в листьях *Miscanthus x giganteus*, произрастающие в разных условиях загрязнения

Известно, что повышение свободного пролина в вегетативных органах растительного организма является важным показателем толерантности растений к неблагоприятным условиям среды [11-13]. Установлено, что содержание свободного пролина в листьях *M.giganteus* при произрастании на Zn загрязненной почве превышает контрольные значения в 267 раз, тогда как для Pb – в 419 раз, что свидетельствует об их высокой адаптивной способности в условиях загрязнения почвы.

Для биотопливной промышленности одним из важных факторов при производстве продукции является ее экологичность. В связи с этим возникает вопрос, является ли продукция *M.giganteus* экологически чистой, при выращивании на загрязненных землях. В связи с этим, определили

концентрации ионов тяжелых металлов в надземной части *M.giganteus* в период цветения и концентрацию ионов тяжелых металлов в почве. Отбор почвы проводили из ризосферной зоны (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание ионов тяжелых металлов в почве до/после эксперимента и надземной части *M.giganteus* в первый год жизни

Варианты опыта	Тяжелые металлы, мг/кг					
	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
ПДК в почве	5	10	3	20	0,5	23
Контроль						
Почва до эксперимента	1,4±0,9	0	4,0±0,3	15,2±1,1	0,07±0,03	6,0±0,9
Надземная часть	1,1±1,2	0	0	11,0±0,9	0,04±1,2	3,0±0,3
Почва из ризосферной зоны	2,3±0,5	0	5,5±0,7	18,1±1,2	0,09±0,05	6,1±0,5
3 ПДК Zn-загрязненная почва						
Почва до эксперимента	7,7±0,2	8,2±0,2	18,2±0,2	<b>67,5±0,2</b>	0,17±0,2	15,5±0,2
Надземная часть	0,02±0,01	0,05±0,01	0	8,4±2,6	0,02±0,01	0,22±0,1
Почва из ризосферной зоны	8,2±2,6	19,1±2,6	9,0±1,1	46,5±3,4	0,16±0,3	0,13±0,6
9 ПДК Pb -загрязненная почва						
Почва до эксперимента	6,7±1,0	15,7±1,5	6,7±1,3	22,4±2,2	0,14±0,1	<b>208±4,2</b>
Надземная часть	0,01±0,2	0	0	8,0±1,2	0,01±0,01	0,30±0,1
Почва из ризосферной зоны	8,6±1,3	19,1±2,0	8,6±1,0	27,2±3,3	0,18±0,1	71,5±2,7

Установлено, что вид *M.giganteus* устойчив к высоким концентрациям тяжелых металлов в почве. Из незагрязненной почвы данный вид накапливал ионы Pb до 3,0±0,3 мг/кг, ионы Cd до 0,04±1,2 мг/кг, ионы Zn до 11,0±0,9 мг/кг, ионы Co до 1,1±1,2 мг/кг. Из загрязненной почвы растение аккумулировало ионы Pb до 0,30±0,1 мг/кг, ионы Cd до 0,02±0,01 мг/кг, ионы Zn до 8,4±2,6 мг/кг, ионы Co до 0,02±0,01 мг/кг. В контрольных и опытных образцах концентрации ионов тяжелых металлов не превышали ПДК. При расчете коэффициента экстракции ионов тяжелых металлов выявлено, что *M.giganteus* обладает способностью из загрязненной почвы больше ионы Zn, чем Pb в надземных органах (12,4% ионы Zn и ионы Pb – 0,14%).

При анализе почвы из ризосферной зоны *M.giganteus* показано снижение концентрации ионов ТМ: от 3 до 2 ПДК ионы Zn и от 9 до 3 ПДК ионы Pb. Полученные результаты свидетельствуют о том, что вид *M.giganteus* обладает ремедиационным потенциалом и является эксклюдером по отношению к ионам ТМ.

**Выводы.** Стремительно расширяющееся производство биотоплива ведет к уничтожению природных экосистем и утере биологического разнообразия. В связи с этим возникает вопрос о рациональном использовании маргинальных и деградированных антропогенными загрязнителями земель. В последние годы возрос интерес к непродовольственным многолетним видам в качестве фиторемедианта, в частности, к представителям рода мискантус. *Miscanthus x giganteus* – высокопродуктивный триплоидный многолетний злак, полученный в результате скрещивания диплоидного *Miscanthus sinensis Anders* с триплоидным с *Miscanthus sacchariflorus Hack* [14]. В Казахстане *Miscanthus x giganteus* не произрастает.

Установлено, что в процессе адаптации к условиям загрязнения почвы тяжелыми металлами происходят следующие физиологические и биохимические изменения в листьях фиторемедианта *M.giganteus*:

- снижение водопоглотительной способности листьев до 30%;
- повышение соотношения С а+в к Ск в листьях растительного организма до 22%;
- повышение содержание свободного пролина в листьях до 419 раз относительно контроля.

**Источник финансирования исследований.** Министерство образования и науки Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Lewandowski I., Clifton-Brown J.C., Scurlock J.M.O., Huisman W. *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop // Biomass Bioenergy. –2000. – Vol. 19. – P. 209-227.
- [2] Eisentraut. A. Sustainable production of second-generation biofuels: Potential and perspectives in major economies and developing countries – Information paper published by International Energy Agency – 2010. – P. 221.
- [3] Zub H.W., Br.tncourt-Hulmel M. Agronomic and physiological performances of different species of *miscanthus*, a major energy crop // A review. Agron. Sustain. Develop. –2010. – Vol. 30(2). – P. 201-204.
- [4] Pidlisnyuk B., Erickson L., Kharchenko S., Stefanovska T. Sustainable Land Management: Growing *Miscanthus* in Soils Contaminated with Heavy Metals // Journal of Environmental Protection, Special Issue in Environmental Remediation. – 2014. – Vol. 5. – P. 723-730.
- [5] Kim, S.J., Kim. M Y, Jeong. S J . Jang. M.S., Chung. I. M. .Analysis of the biomass content of various *miscanthus* genotypes for biofuel production in Korea // Industrial Crops and Products. – 2012. – Vol. 3. – P. 46-49.
- [6] Атабаева С.Д., Сарсенбаев Б.А. Фиторемедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами – Алматы:ТОО «TST-Company», 2010 – 165 с.
- [7] Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. – М.: Высшая школа, 1975. – С. 392.
- [8] Baters L.S., Waldern R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies // Plant Biol. – 1973. – P. 205-207.
- [9] Рокицкий П.П. Биологическая статистика.– 1976. – Минск: Выш. Школа.– С. 250.
- [10] Вьяль Ю.А., Дюкова Г.Р., Леонова И.Н., Хрянин В.Н. Адаптация фотосинтетического аппарата подростка широколиственных деревьев в условиях города // Физиология растений. – 2007. – Т.54, № 1. – С.61-72..
- [11] Кафи М., Стюарт В. С., Борланд А. М. Содержание углеводов и пролина в листьях, корнях и апексах сортов пшеницы, устойчивых к засолению // Физиология растений – 2003. – Т.50, № 2. – С. 174-182.
- [12] Terao Y., Nakamori Sh., Takagi H. Gene Dosage Effect of L-Proline Biosynthetic Enzymes on L-Proline Accumulation and Freeze Tolerance //Applied and Environmental. – 2003. – Vol. 69, № 11. – P. 6527-6532.
- [13] Кузнецов В.В., Шевякова Н.И. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция // Физиология растений. – 1999. – Т. 46. – С. 321-336.
- [14] Jones M.B., Walsh M. *Miscanthus* for energy and fibre. – Origins and Taxonomy of *Miscanthus*. – 2001. James & James Publishers, London. – P. 2-9.

REFERENCES

- [1] Lewandowski I., Clifton-Brown J.C., Scurlock J.M.O., Huisman W. *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop // Biomass Bioenergy. –2000. – Vol. 19. – P. 209-227.
- [2] Eisentraut. A. Sustainable production of second-generation biofuels: Potential and perspectives in major economies and developing countries – Information paper published by International Energy Agency – 2010. – P. 221.
- [3] Zub H.W., Br.tncourt-Hulmel M. Agronomic and physiological performances of different species of *miscanthus*, a major energy crop // A review. Agron. Sustain. Develop. –2010. – Vol. 30(2). – P. 201-204.
- [4] Pidlisnyuk B., Erickson L., Kharchenko S., Stefanovska T. Sustainable Land Management: Growing *Miscanthus* in Soils Contaminated with Heavy Metals // Journal of Environmental Protection, Special Issue in Environmental Remediation. – 2014. – Vol. 5. – P. 723-730.
- [5] Kim, S.J., Kim. M Y, Jeong. S J . Jang. M.S., Chung. I. M. .Analysis of the biomass content of various *miscanthus* genotypes for biofuel production in Korea // Industrial Crops and Products. – 2012. – Vol. 3. – P. 46-49.
- [6] Atabaeva S.D., Sarsenbayev B.A. Phytoremediation soils polluted with heavy metals – Alamy: TST-Company», 2010 – 165 p. (Rus)
- [7] Gavrilenko VF Ladygina ME, Goldobin LM. Large workshop on plant physiology. – М.: Higher School, 1975. – 392 p (Rus).
- [8] Baters L.S., Waldern R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies // Plant Biol. – 1973. – P. 205-207.
- [9] Rokitsky P.F. Biological statistika – Minsk: Higher School, 1976.– 250 p. (Rus)
- [10] Vyal Y.A., Dyukova G.R., Leonova I.N., Hryanin V.N. Adaptation of the photosynthetic apparatus of broad-leaved trees to the city // Plant Physiology – 2007. – Vol. 54, № 1. – P.61-72. (Rus)
- [11] Cafe M. Stewart V.S., Borland A.M. Carbohydrates and proline in the leaves, roots and apex of resistant wheat to salinity // Plant Physiology – 2003. – Vol. 50, № 2. – P.174-182. (Rus)
- [12] Terao Y., Nakamori Sh., Takagi H. Gene Dosage Effect of L-Proline Biosynthetic Enzymes on L-Proline Accumulation and Freeze Tolerance //Applied and Environmental. – 2003. – Vol. 69, № 11. – P. 6527-6532.
- [13] Kuznetsov V.V., Shevyakova N.I. Proline under stress: biological role, metabolism, regulation // Plant Physiology – 1999. – Vol. 46. – P.321-336. (Rus)
- [14] Jones M.B., Walsh M. *Miscanthus* for energy and fibre. – Origins and Taxonomy of *Miscanthus*. – 2001. James & James Publishers, London. – P. 2-9.

---

---

**ЛАСТАНУ ЖАҒДАЙЫНДА *MISCANTHUS X GIGANTEUS*-ТІҢ ФИЗИОЛОГИЯЛЫҚ  
ЖӘНЕ БИОХИМИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

**А. Нуржанова, А. Нурмагамбетова, Р. Жаманбалинова, А. Балмуханов, Е. Сайлауханулы**

ҚР БЖҒМ ҒК «Биология және биотехнология институты» РМК, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** физиология, биохимия, биоотындық өсімдік, фиторемедиация.

**Аннотация.** Мақалада биоотынды екінші ұрпақты *Miscanthus x giganteus* түрінің ауыр металдарға негізгі физиологиялық және биохимиялық адаптивті көрсеткіштерінің төзімділік қасиеттерінің зерттеу нәтижелері ұсынылады. Су сіңіру қасиеті, хлорофилл концентрасы мен каратиноид концентрацияның ара қатынасының өзгеруі, өсімдік жапырақтағы бос пролиннің активтілігі стресс жағдайында ассимиляциялық аппараттың негізгі адаптивті көрсеткіштері болатыны көрсетілген. *M.giganteus* түрі фиторемедиациялық потенциалына ие және ауыр металл иондарына қатысты эксклюдеріне жататыны анықталды.

*Поступила 02.02.2016 г.*

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.biological-medical.kz/index.php/ru/>

Редактор *М. С. Ахметова*  
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 12.02.2016.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
13,25 п.л. Тираж 300. Заказ 1.