

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ NaCl НА РОСТ РАСТЕНИЙ ВОДЯНОГО КРЕСС-САЛАТА (*NASTURTIIUM OFFICINALE* R.Br.) ПРИМЕНИТЕЛЬНО К БИОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА\*А.М. Павлова, Н.А. Тихомирова, Н.А. Гаевский,  
С.А. Ушакова, И.В. Грибовская, А.А. ТихомировTHE INFLUENCE OF NaCl CONCENTRATION ON THE GROWTH OF *NASTURTIIUM OFFICINALE* R.Br. PLANTS CONCERNING BIOLOGICAL AND TECHNICAL LIFE SUPPORT SYSTEM OF THE MAN

**Павлова А.М.** – асп. каф. водных и наземных экосистем Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета, лаборант лаб. управления биосинтезом фототрофов Института биофизики СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск. E-mail: Окcy92@mail.ru

**Тихомирова Н.А.** – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. управления биосинтезом фототрофов Института биофизики СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск. E-mail: n.tikhomirova@mail.ru

**Гаевский Н.А.** – д-р биол. наук, проф. каф. водных и наземных экосистем Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: nikgna@gmail.com

**Ушакова С.А.** – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. управления биосинтезом фототрофов Института биофизики СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск. E-mail: sofya-ushakova@yandex.ru

**Грибовская И.В.** – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. аналитической лаб. Института биофизики СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск. E-mail: gribov@ibp.ru

**Тихомиров А.А.** – д-р биол. наук, проф., зав. лаб. управления биосинтезом фототрофов Института биофизики СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск. E-mail: alex-tikhomirov @yandex.ru

**Павлова А.М.** – Post-Graduate Student, Chair of Water and Land Ecosystems, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Lab. Asst, Lab. of Phototrophic Biosynthesis Management, Institute of Biophysics SB RAS – Separate Division of FIC KSC SB RAS, Krasnoyarsk. E-mail: Окcy92@mail.ru

**Тихомирова Н.А.** – Cand. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Lab. of Phototrophic Biosynthesis Management, Institute of Biophysics SB RAS – Separate Division of FIC KSC SB RAS, Krasnoyarsk. E-mail: n.tikhomirova@mail.ru

**Gaevsky N.A.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Water and Land Ecosystems, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: nikgna@gmail.com

**Ushakova S.A.** – Cand. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Lab. of Phototrophic Biosynthesis Management, Institute of Biophysics SB RAS – Separate Division of FIC KSC SB RAS, Krasnoyarsk. E-mail: sofya-ushakova@yandex.ru

**Gribovskaya I.V.** – Cand. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Analytical Lab., Institute of Biophysics SB RAS – Separate Division of FIC KSC SB RAS, Krasnoyarsk. E-mail: gribov@ibp.ru

**Tikhomirov A.A.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Head, Lab. of Phototrophic Biosynthesis Management, Institute of Biophysics SB RAS – Separate Division of FIC KSC SB RAS, Krasnoyarsk. E-mail: alex-tikhomirov @yandex.ru

Исследованы пределы солеустойчивости растений *Nasturtium officinale* R.Br. применительно к биолого-технологической системе жизнеобеспечения человека (БТСЖО), в которой растения выращивали на модельных растворах, имитирующих растворы с добавлением минерализованных экзометаболитов человека. Изучали влияние NaCl в диапазоне концентраций: 0,7; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,1; 2,2 и 2,3 г·л<sup>-1</sup> на сухую наземную биомассу и накопление калия и натрия в растениях *Nasturtium officinale* R.Br., выращенных на модельных растворах, имитирующих растворы с добавлением минерализованных экзометаболитов человека. В качестве контроля использовался модельный раствор при концентрации NaCl, равной 0,02 г·л<sup>-1</sup>. Растения водяного кресс-салата (*Nasturtium officinale* R.Br.) выращивали методом водной культуры при интенсивности фотосинтетически активной радиации (ФАР), равной 690 мкмоль·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>. Фотопериод составлял 24 ч. В сосуды с растениями, по мере эвапотранспирации раствора, доливали отстоянную водопроводную воду ежедневно в течение 7 суток,

после чего раствор заменяли на свежеприготовленный. Питательные растворы постоянно обогащали кислотом. Растения оценивали по сухой наземной биомассе и по содержанию калия и натрия в наземных органах. Растения убирали через 19 суток после переноса растений на модельный раствор. Показано, что при исследуемых уровнях засоления растения *Nasturtium officinale* способны поддерживать высокое соотношение K/Na, что является важным параметром в солеустойчивости растений гликофитов. Выявлено, что максимальным уровнем засоления для выращивания водяного кресс-салата в замкнутой экосистеме является 1,8 г·л<sup>-1</sup> NaCl. Установлено, что критическое засоление для водяного кресс-салата, вызывающее гибель растений, наступает при концентрации NaCl 2,0 г·л<sup>-1</sup>.

**Ключевые слова:** водяной кресс-салат (*Nasturtium officinale* R.Br.), солеустойчивость, замкнутые экосистемы.

*The limits of salt tolerance of Nasturtium officinale R.Br.*

\*Данная работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг. по теме № 56.1.4 «Оценка устойчивости ценозов высших растений замкнутых экологических систем, включающих человека, к выращиванию на питательных средах из минерализованных органических отходов».

plants as applied to biological-technical life support system for the man (BTLSS), in which the plants were grown on model solutions imitating solutions with addition of mineralized exometabolite were investigated. The influence of NaCl in the concentrations range: 0.7, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.1, 2.2 и 2.3  $g \cdot L^{-1}$  on dry aboveground biomass and accumulation of potassium and sodium in *Nasturtium officinale* R.Br. plants, grown on model solutions imitating solutions with addition of mineralized human exometabolite was investigated. Model solution in NaCl concentration equal to 0.02  $g \cdot L^{-1}$  was used as control. Watercress plants (*Nasturtium officinale* R.Br.) were grown using method of water culture with photosynthetically active radiation (PAR) intensity equal to 690  $\mu mole \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ . Photoperiod was 24 h. Dechlorinated tap water was daily added into the vessels with plants during 7 days as solution evapotranspiration, after this the solution was replaced with a fresh one. Nutrient solutions were continuously enriched with oxygen. The plants were estimated on aboveground dry biomass and the content of potassium and sodium in aboveground bodies. The plants were harvested in 19 days after planting on model solution. It was shown that *Nasturtium officinale* plants were able to maintain high K/Na ratio at investigated salinization levels, which was important parameter in salt tolerance of glycophyte plants. As a result of investigations carried out it was shown that maximum salinization level for watercress cultivation in closed ecosystem was 1.8  $g \cdot L^{-1}$  NaCl. It was established that critical salinization for watercress provoking death of plants had occurred at NaCl concentration equal to 2.0  $g \cdot L^{-1}$ .

**Keywords:** watercress (*Nasturtium officinale* R.Br.), salt tolerance, closed ecosystems.

**Введение.** В замкнутых искусственных экосистемах (ЗЭС) актуальна проблема включения хлористого натрия, содержащегося в экзометаболитах человека, во внутрисистемный массообмен. Согласно исследованиям, выполненным в ИБФ СО РАН, наиболее подходящими кандидатами для включения в растительное звено биологической системы жизнеобеспечения человека (БТСЖО), с целью вовлечения хлористого натрия во внутрисистемный массообмен, являются растения водяного кресс-салата и солероса европейского [1]. Если растение-галофит солерос европейский хорошо изучен при культивировании в БТСЖО при высоких уровнях засоления питательных растворов [2], то солеустойчивость гликофита водяного кресс-салата мало изучена применительно к условиям БТСЖО.

**Цель исследования.** Изучить пределы солеустойчивости растений *Nasturtium officinale* R.Br. применительно к условиям БТСЖО.

**Объекты и методы исследования.** Растения водяного кресс-салата (*Nasturtium officinale*) выращивали в вегетационной камере в сосудах из нержавеющей стали, с посевной площадью 0,032 м<sup>2</sup>. Растения водяного кресс-салата культивировали методом водной культуры в 2,5-литровых сосудах. Плотность посадки соответствовала 3 растениям на сосуд. Температуру воздуха в камере поддерживали на уровне 24±1°С при естественной концентрации CO<sub>2</sub>. Источником освещения являлись металлогалогенные лампы ДМЗ-3000. Интенсивность ФАР соответствовала 690 мкмоль·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>. Фотопериод составлял 24 ч. Относительная влажность воздуха – 60–70 %. Минеральный состав питательного раствора представлен ниже [1].

Минеральный состав питательного раствора для культивирования водяного кресс-салата, мг·л<sup>-1</sup>

Ca	K	Mg	Na	P	S	N
229	216	41	263	41	86	150

Для выявления пределов солеустойчивости растений водяного кресс-салата использовали следующие варианты засоления: 0,7; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,1; 2,2 и 2,3 г·л<sup>-1</sup>. В контрольном варианте растения водяного кресс-салата выращивали при концентрации NaCl в модельном растворе, равной 0,02 г·л<sup>-1</sup>.

Объем исходного раствора составлял 2 л. Питательный раствор заменяли свежеприготовленным раствором 1 раз в 7 суток. В сосуды с растениями ежедневно добавляли отстоянную водопроводную воду в течение 7 суток по мере эвапотранспирации растворов. Питательные растворы постоянно обогащали кислородом. Уборку растений водяного кресс-салата проводили через 19 суток после переноса растений на модельный раствор.

Состояние растений оценивали по сухой надземной биомассе и по содержанию K и Na в надземных органах растений.

Содержание K, Na определяли методом пламенной фотометрии на приборе Flapho-4 [3]. На рисунках представлены данные в виде средних значений и стандартной ошибки. Достоверность различий между средними определяли по критерию Стьюдента при уровне значимости  $p < 0,05$  [4].

**Результаты исследования и их обсуждение.** В результате выращивания водяного кресс-салата на модельных растворах, имитирующих растворы с добавлением минерализованных экзометаболитов человека, сухая съедобная биомасса растений была максимальной в варианте без засоления (рис. 1).

Полученные результаты согласуются с результатами наших предыдущих исследований [1] и подтверждают, что максимальную съедобную биомассу водяной кресс-салат накапливает в отсутствие хлорида натрия в питательном растворе, так как данный вид зеленого растения является гликофитом. Внесение 0,7 г·л<sup>-1</sup> NaCl в питательный раствор снижает сухую надземную биомассу растений водяного кресса в 1,6 раза. Увеличение концентрации NaCl от 0,7 до 1,4 г·л<sup>-1</sup> привело к снижению сухой съедобной биомассы растений в 1,7 раза, что может быть связано как с повреждением корневой системы [5], так и со снижением интенсивности фотосинтеза [6]. Дальнейшее увеличение концентрации хлорида натрия до 2,1 г·л<sup>-1</sup> не оказывало значимого влияния на накопление сухой съедобной биомассы. Повышение концентрации NaCl в питательных растворах от 2,1 до 2,2–2,3 г·л<sup>-1</sup> привело к резкому снижению сухой надземной биомассы растений в

3,8 раза. Учитывая высокие ошибки среднего арифметического при расчете биомассы, начиная с варианта с засолением  $2,0 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$  NaCl (рис. 1), можно предположить, что

растения уже находились в состоянии стресса, и различия в индивидуальной устойчивости сказались на биомассе растений [7].

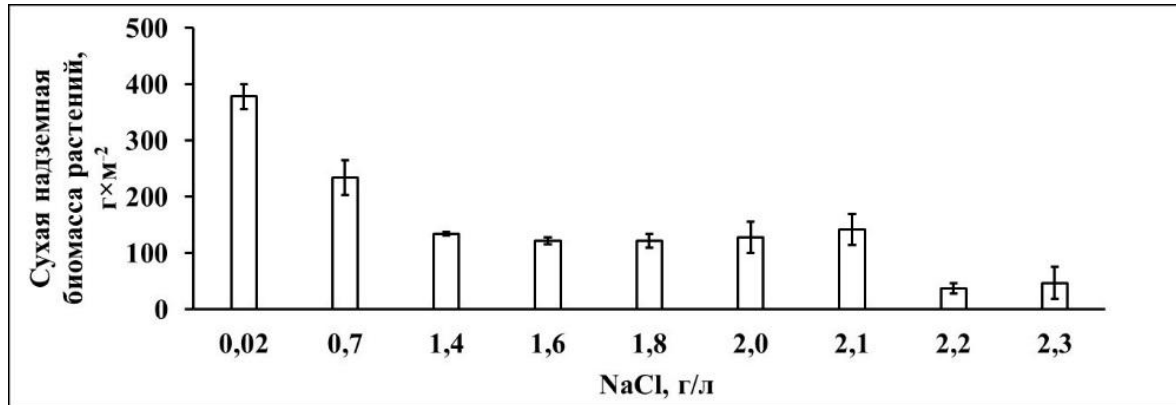


Рис. 1. Сухая надземная биомасса растений *Nasturtium officinale* при выращивании на модельных растворах, имитирующих раствор с добавлением минерализованных экзометаболитов человека

Показано, что с увеличением концентрации хлорида натрия в растворе от  $0,02$  до  $1,4 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$  относительное содержание Na в съедобной биомассе растений повысилось в 8 раз (рис. 2). Увеличение концентрации NaCl в растворе от  $1,4$  до  $1,6 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$  не оказало значимого влияния на относительное содержание натрия в надземной биомассе растений. При концентрации  $1,8 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$  NaCl наблюдали увеличение содержания натрия в съедобной биомассе в 1,4 раза по сравнению с вариантом  $1,4 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$  NaCl. Дальнейшее повышение концентрации NaCl не оказало значимого влияния на накопление натрия в съедобной биомассе растений водяного кресс-салата. Следует отметить, что при концентрациях NaCl от  $0,02 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$  до  $1,6 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$  соотношение K/Na в надземных органах растений снизи-

лось от 21 до 1,6 соответственно. При засолении  $1,8 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$  NaCl и выше относительное содержание калия и натрия в надземной биомассе растений достоверно не отличалось и было равно 1 (рис. 2). Известно, что поддержание высокого цитозольного соотношения K/Na (особенно в надземных органах) является важным параметром в солеустойчивости растений гликофитов [8]. В работе Kaddour с соавторами [9] было показано, что растения *N. officinale* способны поддерживать высокое соотношение K/Na ( $0,7$  до засоления  $100 \text{ мМ}$  ( $5,8 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$ ) NaCl. Наши результаты согласуются с результатами данных исследователей [9] и показывают, что исследуемые уровни засоления не оказывают влияния на поглощение калия растениями.

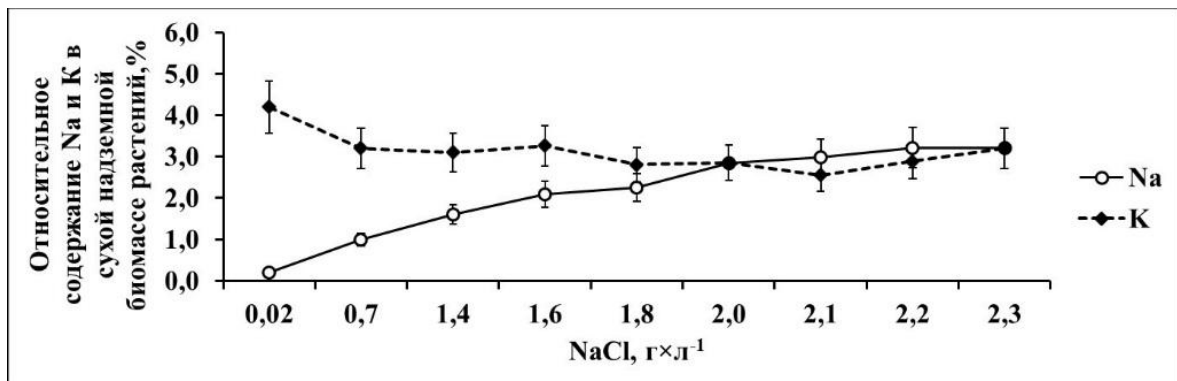


Рис. 2. Относительное содержание Na и K в надземной биомассе растений *Nasturtium officinale* при выращивании на модельных растворах, имитирующих раствор с добавлением минерализованных экзометаболитов человека

На основании данных по сухой надземной биомассе растений и по относительному содержанию натрия в надземной биомассе было рассчитано общее содержание

натрия в надземной биомассе растений на площади  $1 \text{ м}^2$  (рис. 3).

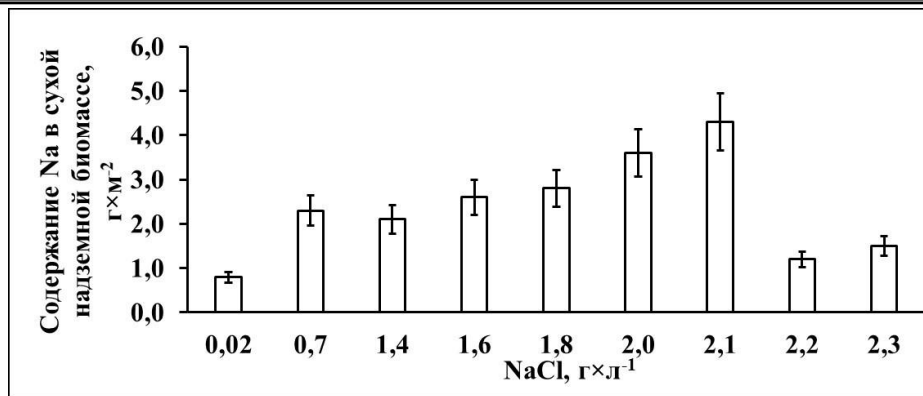


Рис. 3. Содержание Na в надземной биомассе растений *Nasturtium officinale* (г×м<sup>-2</sup>) при выращивании на модельном растворе, имитирующем раствор с добавлением минерализованных экзометаболитов человека, с разными уровнями засоления

Показано, что содержание натрия в надземной биомассе растений при концентрациях NaCl от 0,7 до 1,8 г×л<sup>-1</sup> достоверно не отличалось. Вынос натрия с 1 м<sup>2</sup> растениями водяного кресс-салата при концентрации NaCl 2,1 г×л<sup>-1</sup> был в 1,5 раза выше, чем при 1,8 г×л<sup>-1</sup> NaCl, и достоверно не отличался от варианта 2,0 г×л<sup>-1</sup> NaCl. Поскольку сухая надземная биомасса растений резко снижалась при повышении концентрации NaCl от 2,1 до 2,2 г×л<sup>-1</sup>, а относительное содержание натрия в надземной массе растений данных вариантов достоверно не отличалось, то и вынос натрия с 1 м<sup>2</sup> значительно снижался в вариантах 2,2 и 2,3 г×л<sup>-1</sup> NaCl. Следует отметить, что при концентрации NaCl 2,0 г×л<sup>-1</sup> и далее, по мере повышения концентрации NaCl, происходила гибель отдельных растений, в связи с чем данный уровень засоления является критическим для выращивания водяного кресс-салата в искусственных условиях применительно к БТСЖО.

### Выводы

1. Растения *Nasturtium officinale* можно выращивать в условиях применительно к БТСЖО с целью вовлечения NaCl во внутрисистемный массообмен.
2. При уровне засоления 2,0 г×л<sup>-1</sup> NaCl и выше происходит гибель растений *Nasturtium officinale*, в связи с чем при таких концентрациях нецелесообразно выращивать данный вид растений применительно к условиям БТСЖО.
3. Максимальным уровнем засоления для выращивания растений *Nasturtium officinale* в искусственных условиях применительно к БТСЖО, не вызывающим гибель растений, является 1,8 г×л<sup>-1</sup> NaCl.

### Литература

1. Тихомирова Н.А., Павлова А.М., Ушакова С.А. [и др.]. Продукционные характеристики зеленных растений при выращивании на жидких продуктах переработки экзометаболитов человека применительно к биолого-технической системе жизнеобеспечения // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2017. – № 1. – С. 51–57.

2. Тихомирова Н.А., Ушакова С.А., Шклавцова Е.С. [и др.]. Влияние интенсивности ФАР и концентрации NaCl на рост растений Солероса европейского применительно к искусственным экологическим системам // Физиология растений. – 2016. – № 4. – С. 1–10.
3. Полуэктов Н.С. Методы анализа по фотометрии пламени. – М.: Химия, 1959. – 230 с.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1973. – 344 с.
5. Касумов Н.А. Физиолого-биологические аспекты механизма действия солей на растительный организм. – Баку: Элм, 1983. – 142 с.
6. Lebaudy A., Very A., Sentenac H. K<sup>+</sup>channel activity in plants: genes, regulations and functions // FEBS Letters. – 2007. – V. 581. – P. 2357–2366.
7. Веселова Т.В., Веселовский В.А., Власенко В.В. [и др.]. Вариабельность как тест перехода клетки в состояние стресса в условиях интоксикации // Физиология растений. – 1990. – Т. 37. – С. 733–738.
8. Hauser F., Horie T.A conserved primary salt tolerance mechanism mediated by HKT transporters: a mechanism for sodium exclusion and maintenance of high K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratio in leaves during salinity stress // Plant Cell Environment. – 2010. – V. 33. – P. 552–565.
9. Kaddour R., Draoui E., Baâtour O. [и др.]. Assessment of salt tolerance of *Nasturtium officinale* R. Br. using physiological and biochemical parameters // Acta physiologica plant. – 2013. – V. 35. – P. 3427–3436.

### Literatura

1. Tihomirova N.A., Pavlova A.M., Ushakova S.A. [и др.]. Produkcionnye harakteristiki zelenykh rastenij pri vyrashhivanii na zhidkih produktah pererabotki jezkometabolitov cheloveka primenitel'no k biologo-technicheskoy sisteme zhizneobespechenija // Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina. – 2017. – № 1. – S. 51–57.
2. Tihomirova N.A., Ushakova S.A., Shklavcova E.S. [и др.]. Vlijanie intensivnosti FAR i koncentracii NaCl na rost rastenij Solerosa evropejskogo primenitel'no k iskusstvennym jekologicheskim sistemam // Fiziologija rastenij. – 2016. – № 4. – S. 1–10.

3. *Polujektov N.S.* Metody analiza po fotometrii plameni. – M.: Himija, 1959. – 230 s.
4. *Lakin G.F.* Biometrija. – M.: Vyssh. shk., 1973. – 344 s.
5. *Kasumov N.A.* Fiziologo-biologicheskie aspekty mehanizma dejstvija solej na rastitel'nyj organizm. – Baku: Jelm, 1983. – 142 s.
6. *Lebaudy A., Very A., Sentenac H.* K<sup>+</sup>channel activity in plants: genes, regulations and functions // *FEBS Letters*. – 2007. – V. 581. – P. 2357–2366.
7. *Veselova T.V., Veselovskij V.A., Vlasenko V.V.* [i dr.]. Variabel'nost' kak test perehoda kletki v sostojanie stressa v uslovijah intoksikacii // *Fiziologija rastenij*. – 1990. – T. 37. – S. 733–738.
8. *Hauser F., Horie T.A.* conserved primary salt tolerance mechanism mediated by HKT transporters: a mechanism for sodium exclusion and maintenance of high K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratio in leaves during salinity stress // *Plant Cell Environment*. – 2010. – V. 33. – P. 552–565.
9. *Kaddour R., Draoui E., Baâtour O.* [i dr.]. Assessment of salt tolerance of *Nasturtium officinale* R. Br. using physiological and biochemical parameters // *Acta physiology plant*. – 2013. – V. 35. – P. 3427–3436.



УДК 633.2.03

*Л.Ф. Шепелева, А.Н. Черепинская, Е.С. Рабцевич,  
Л.Г. Колесниченко, А.А. Бакланова*

**СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТРАВСТОЯХ ЛУГОВ ДОЛИНЫ р. БОЛЬШОЙ ЮГАН\***

*L.F. Shepeleva, A.N. Cherepinskaya,  
E.S. Rabtsevich, L.G. Kolesnichenko, A.A. Baklanova*

**THE CONTENT OF CHEMICAL ELEMENTS IN HERBAGES OF THE MEADOWS OF THE VALLEY OF THE RIVER BOLSHOY YUGAN**

**Шепелева Л.Ф.** – д-р биол. наук, проф., ст. науч. сотр. НИИ биологии и биофизики Национального исследовательского Томского государственного университета, г. Томск. E-mail: shepelevalf@mail.ru

**Черепинская А.Н.** – асп. каф. биологии и биотехнологии Сургутского государственного университета, г. Сургут. E-mail: inspiredsoul5@mail.ru

**Рабцевич Е.С.** – асп., инженер-исследователь каф. аналитической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, г. Томск. E-mail: Evgenia882-a@mail.ru

**Колесниченко Л.Г.** – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. НИИ биологии и биофизики Национального исследовательского Томского государственного университета, г. Томск. E-mail: klq77777@mail.ru

**Бакланова А.А.** – асп. каф. биологии и биотехнологии Сургутского государственного университета, г. Сургут. E-mail: xz6z8x@mail.ru

**Shepeleva L.F.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Senior Staff Scientist, Research and Development Institute of Biology and Biophysics, Tomsk National Research State University, Tomsk. E-mail: shepelevalf@mail.ru

**Cherepinskaya A.N.** – Post-Graduate Student, Chair of Biology and Biotechnology, Surgut State University, Surgut. E-mail: inspiredsoul5@mail.ru

**Rabtsevich E.S.** – Post-Graduate Student, Research Engineer, Chair of Analytical Chemistry, National Research Tomsk State University, Tomsk. E-mail: Evgenia882-a@mail.ru

**Kolesnichenko L.G.** – Cand. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Research and Development Institute of Biology and Biophysics, National Research Tomsk State University, Tomsk. E-mail: klq77777@mail.ru

**Baklanova A.A.** – Post-Graduate Student, Chair of Biology and Biotechnology, Surgut State University, Surgut. E-mail: xz6z8x@mail.ru

*Методом ИСР-масс-спектрометрического анализа получены данные о количественном содержании макроэлементов в сухих растительных образцах луговых травостоев приустьевой части долины реки Большой Юган (окрестности п. Юган Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры). Изучено содержание Са, К, Mg, P, Mn, Fe, Na, Al, Si, Ti, Rb в шести фитоценозах, три из которых (осоковый, водноосоковый и осоково-хвощевый) развиты в пойменных ложбинах, два (разнотравно-осоковый и василистниково-двукосточниковый) – на гривах поймы и один (разнотравно-пырейный) – во внепойменных условиях. Отбор образцов травостоя производился по окончании длительного затопления поймы в 2015 году. Установлены*

*существенные различия элементного состава травостоев в зависимости от условий местоположения луговых сообществ. Наиболее ярко эта зависимость прослеживается в повышенной концентрации содержания большинства из обнаруженных веществ в составе травостоя длительнозаливаемого осоково-хвощевого фитоценоза. Количественное распределение макроэлементов в надземной фитомассе различных видов растений выявляет закономерности индивидуального накопления определенных элементов. При этом повышенное содержание отдельных элементов в составе растений не всегда объясняется избирательной аккумуляцией. Так, высокие показатели содержания Mn и Fe указывают на наличие загрязнений на местах участков*

\*Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России, проект № 5.4004.2017/4.6.