

ЗАГРЯЗНЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, АНАЛИЗ И ОХРАНА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

С.А. Остроумов

д-р биол. наук

Е.А. Соломонова

(Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова)

ИЗУЧЕНИЕ ФИТОРЕМЕДИАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ТРЕХ ВИДОВ МАКРОФИТОВ: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТОМ НАТРИЯ

*Для изучения фиторемедиационного потенциала трех видов макрофитов использован новый метод рекуррентных добавок ксенобиотика (додецилсульфата натрия). Представлены результаты исследований воздействия анионного ПАВ додецилсульфата натрия (ДСН) на водные растения (*Elodea canadensis* Mchk., *Potamogeton crispus* L., *Najas guadelupensis* L.). Разработанный метод и полученные количественные данные вносят вклад в изучение фиторемедиационного потенциала трех видов водных растений.*

*A new method of the recurrent additions of the xenobiotic was used for studies of the phytoremediation potential of the aquatic macrophytes. The effects of the anionic surfactant, sodium dodecyl sulphate (SDS), on the aquatic macrophytes (*Elodea canadensis* Mchk., *Potamogeton crispus* L., *Najas guadelupensis* L.) were studied. This method and the new quantitative data make a contribution to the studies of the phytoremediation potential of the three species of the aquatic macrophytes.*

Введение

Для изучения сравнительной устойчивости водных растений (макрофитов) к поллютантам в условиях нагрузки, распределенной на протяжении некоторого периода времени, был предложен метод рекуррентных добавок [1].

Макрофиты входят в состав гидробиологического механизма самоочищения воды в водных экосистемах [2...4], что делает необходимым изучать взаимодействия макрофитов с различными поллютантами [5] в водной среде. Исследовался потенциал водных растений для фиторемедиации систем, загрязненных тяжелыми металлами, пестицидами, перхлоратом и другими поллютантами [6...8]. Вопрос о потенциале высших водных растений для фиторемедиации вод, загрязненных синтетическими поверхностно-активными веществами (ПАВ), изучен значительно меньше. Так, изучалось воздействие ПАВ-содержащих смесевых препаратов на некоторые виды растений (*Pistia stratiotes*, *Oryza sativa* и др.) [9, 10].

Цель – внести вклад в изучение устойчивости (толерантности) макрофитов к ДСН натрия в условиях микрокосма.

Методы. В опытах использованы представители полностью погруженных высших водных растений – *Elodea canadensis* Mchk., *Potamogeton crispus* L. и *Najas guadelupensis* L. Среди указанных тест-объектов – элодея канадская (*E. canadensis*) успешно использовалась ранее для биотестирования [11].

Микрокосмы для экспериментов создавались следующим образом. В сосуды с отстоянной в течение 48 ч водопроводной водой (1,2 л) помещали растения суммарной биомассой (сырой вес) 7...8 г (*E. canadensis*, *P. crispus*) и 4...5 г (*N. guadelupensis*). Опыты проводились в двукратных повторностях при температуре воды в микрокосмах 20 ± 3 °С.

Изучение взаимодействия ДСН с высшими водными растениями и их толерантности к данному ксенобиотику проводилось с использованием метода рекуррентных добавок [4]. В опытах с рекуррентными добавками приготовленный исходный водный раствор ДСН (концентрация 2 000 мг/л) вносили в сосуды с интервалом 48 ч между добавками.

Прирост концентрации в опытах с рекуррентными добавками ДСН для *E. canadensis* и *P. crispus* составлял: 0,33; 0,50; 0,83; 1,67; 8,33; 16,66; 49,80; 99,60 мг/л. В опытах с *N. guadelupensis* прирост

концентрации при рекуррентных добавках составлял: 0,33; 0,50; 0,83; 1,67; 8,33; 16,66; 50,00; 100,00 мг/л.

Результаты и обсуждение

Использование метода рекуррентных добавок позволило установить распределенные во времени нагрузки ДСН на микрокосмы с макрофитами, при которых не наблюдалось видимых отличий от контроля, т.е. нагрузка находилась в пределах диапазона толерантности. Выявлено, что суммарное количество ДСН, не приводящее к видимым изменениям в модельных системах с *N. guadelupensis*, было более чем в 30 раз выше, чем в опытах с другими макрофитами (табл. 1). Это свидетельствует о сравнительно более высокой степени толерантности *N. guadelupensis* к действию этого ПАВ.

В опытах с *E. canadensis*, *P. crispus* и *N. Guadelupensis* были установлены нагрузки ДСН на микрокосмы, содержащие водные растения, при которых наблюдались нарушения состояния макрофитов (табл. 2), т.е. установлены верхние границы диапазона толерантности в условиях проведения экспериментов. Установление верхних границ диапазона толерантности является шагом на пути выяснения

ассимиляционной емкости микрокосмов к данному поллютанту. Работа в этом направлении необходима для уточнения ассимиляционной емкости сообществ макрофитов, используемых для фиторемедиации.

В условиях опыта толерантность этих видов макрофитов к ДСН возрастала в следующем порядке (от менее к более толерантным): *P. crispus* < *E. canadensis* < *N. guadelupensis*.

Таким образом, применение метода рекуррентных добавок [1] дает возможность получить дополнительную информацию о взаимодействии ДСН с высшими водными растениями в условиях микрокосмов. Получаемая информация в некоторой степени характеризует толерантность системы с макрофитами к химическому загрязнению воды в условиях неоднократного поступления поллютанта. Это может иметь некоторое практическое значение, поскольку в реально загрязняемые водные объекты синтетические ПАВ могут поступать со сточной водой хронически.

Учет степени толерантности макрофитов к ПАВ в подобных условиях создает основу для дальнейших исследований, дающих информацию о пределах допустимой нагрузки на системы с макрофитами, что вносит вклад в разработку научных основ фиторемедиации.

Таблица 1

Характеристика толерантности макрофитов методом рекуррентных добавок ДСН. Суммарные количества ДСН, при добавлении которых за указанный период времени проявлялась толерантность, т.е. не наблюдалось значительных нарушений состояния растений в экспериментальных системах по сравнению с контролем

Вид макрофитов	Суммарные количества ДСН, добавленные в микрокосмы за период времени, указанный в крайней правой колонке, мг/л	Прирост концентрации ДСН после каждой добавки, мг/л	Число добавок	Период времени распределенной нагрузки ДСН (время проведения опыта, сут)
<i>E. canadensis</i>	4,00	0,5	8	18
<i>P. crispus</i>	3,32	0,83	4	8
<i>N. guadelupensis</i>	120,24*	1,67	72*	168*

Примечание. * В настоящее время опыт продолжается, т.е. максимальная допустимая нагрузка пока еще не достигнута.

Таблица 2

Суммарные добавленные количества ДСН, приводящие к начальным регистрируемым изменениям в состоянии растений в микрокосмах (модельных системах)* и гибели растений при рекуррентных добавках ДСН

Условия опыта		Регистрация начальных изменений состояния растений в модельных системах*			Гибель растений		
Вид растения	Прирост концентрации ДСН после каждой добавки, мг/л	Суммарное количество ДСН за указанное число добавок, мг/л	Число добавок	Время, через которое наблюдались изменения, сут.	Суммарное количество ДСН за указанное число добавок, мг/л	Число добавок	Время, через которое наступала гибель, сут
<i>E. canadensis</i>	8,33	33,32	4	8	83,30	10	19
	16,66	33,32	2	3	66,64	4	8
<i>P. crispus</i>	8,33	24,99	3	6	33,32	4	8
	16,66	33,32	2	3	66,64	4	7
	49,80	99,6	2	3	199,2	4	7
<i>N. guadelupensis</i>	8,33	124,95	15	34	141,6	17	39
	8,33	141,61	17	39	158,27	19	44
	16,66	166,6	10	21	233,2	14	32
	50,00	300,0	6	14	350,0	7	16
	100,00	300,0	3	6	400,0	4	8

Примечание. * К регистрируемым начальным изменениям состояния растений под влиянием ДСН относятся: снижение тургорного давления, фрагментация стеблей, депигментация листьев и стеблей, опадение депигментированных и недепигментированных листьев.

Таким образом, разработанный метод и полученные количественные данные вносят вклад в изучение фиторемедиационного потенциала трех видов макрофитов.

Выводы

1. Для получения данных о толерантности макрофитов к поллютанту успешно использован метод рекуррентных добавок ксенобиотика (додецилсульфата натрия, ДСН). Метод апробирован на трех видах макрофитов (*Elodea canadensis* Mchk., *Potamogeton crispus* L. и *Najas guadelupensis* L.).

2. Получены свидетельства о возможности применения метода рекуррентных добавок для оценки ассимиляционной емкости микрокосмов с указанными макрофитами в условиях распределенной по времени нагрузки поллютанта (ДСН).

3. Выявлены нагрузки ДСН на микрокосмы, содержащие высшие водные растения (*Elodea canadensis*, *Potamogeton crispus* и *Najas guadelupensis*), при которых не наблюдалось видимых отличий от контроля, т.е. нагрузка находилась в пределах диапазона толерантности.

4. Выявлены нагрузки ДСН на микрокосмы, содержащие макрофиты (*Elodea canadensis*, *Potamogeton crispus* и *Najas guadelupensis*), при которых наблюдаются нарушения состояния этих растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Остроумов С.А.* Модельная система в условиях рекуррентных (реитерационных) добавок ксенобиотика или поллютанта. М.: МАКС Пресс, 2006.

2. *Кокин К.А.* Экология высших водных растений. М.: Изд-во МГУ. 1982.
3. *Остроумов С.А.* Эколого-гидробиологическая система самоочищения воды в природных водных экосистемах: разработка теории полифункциональной центральной роли биоты // Экологические системы и прибор. 2006. № 6.
4. *Садчиков А.П., Кудряшов М.А.* Гидробиотаника: прибрежно-водная растительность. М.: Издательский центр «Академия», 2005.
5. *Филенко О.Ф.* Водная токсикология. М.: Изд-во МГУ, 1988.
6. *Miretzky P., Saralegui A., Cirelli A.F.* Aquatic macrophytes potential for the simultaneous removal of heavy metals // Chemosphere. 2004. Vol. 57.
7. *Schröder P., Maier H., Debus R.* Detoxification of herbicides in *Phragmites australis* // Zeitschrift für Naturforschung - Section C Journal of Biosciences. 2005. Vol. 60
8. *Ostroumov S.A., Yifru D., Nzengung V., McCutcheon S.* Phytoremediation of perchlorate using aquatic plant *Myriophyllum aquaticum* // Ecological Studies, Hazards, Solution. М.: МАХ Press, 2006. Vol. 11.
9. *Остроумов С.А.* Биологические эффекты при воздействии поверхностно-активных веществ на организмы. М.: МАКС Пресс, 2001.
10. *Соломонова Е.А., Остроумов С.А.* Разработка фитотехнологий снижения загрязнения водной среды // Ecological Studies, Hazards, Solutions. М.: МАХ Press, 2006.
11. *Король В.М.* Проведение токсикологических исследований на высших водных растениях // Методы биотестирования качества водной среды / Под ред. О.Ф. Филенко М.: Изд-во МГУ, 1989.