

УДК 574.24

## ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ИОНОВ КАДМИЯ И НЕКОТОРЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ В ТКАНЯХ ВОДНОГО РАСТЕНИЯ *EGERIA DENSA*

© 2009 О.Н. Макурина<sup>1</sup>, А.А. Косицына<sup>1</sup>, И.Р. Мурзин<sup>1</sup>, О.А. Розенцвет<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный университет, г. Самара

<sup>2</sup>Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Поступила 11.02.2009

Проведены исследования по влиянию ионов тяжелых металлов и поверхностно-активных веществ на содержание пигментов в тканях водного растения *Egeria densa*. Показано достоверное снижение содержания пигментов по сравнению с контролем в следствии действий обоих поллютантов.

Ключевые слова: ионы кадмия, пигменты, *Egeria densa*.

Рост численности населения городов сопровождается развитием промышленности, увеличением количества городского частного транспорта и все большему потреблению в сфере бытовых нужд, и, как следствие – увеличением количества техногенных выбросов в биосферу. В последние годы значительно расширился ассортимент химического состава поверхностно-активных веществ (ПАВ) наряду с увеличением масштабов их производства и объемов использования. ПАВ применяют в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства и со сточными водами сбрасывают в окружающую среду. Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) обладают целым рядом специфических свойств, к числу которых относятся способность к образованию высокократной пены, эмульгированию, усилению явлений смачивания, а так же резкому понижению поверхностного натяжения на границе раздела фаз. Благодаря этому, указанные соединения, находят широкое применение в быту и в самых различных сферах народного хозяйства. При гигиенической характеристике СПАВ, номенклатура которых насчитывает сотни наименований, прежде всего, обращает на себя внимание их устойчивость к биохимическим процессам и способность свободно проходить сквозь слои почв. При этом они могут быть как бы кондукторами (проводниками) для многих токсических веществ. В результате, как сами пенообразователи, так и сопутствующие им вещества в состоянии проникать в глубокие водоносные горизонты, со всеми вытекающими последствиями для почв и водоёмов [1].

Среди неорганических загрязнителей тяжелые металлы (ТМ) являются наиболее токсичными. Характерная черта их распределения в природных

средах – весьма значительные колебания концентраций. Находясь преимущественно в рассеянном состоянии, металлы могут образовывать локальные аккумуляции, где их концентрация во многие сотни раз превышает допустимые уровни. Активная добыча природных ископаемых и использование в промышленности, сельском хозяйстве и быту возрастают, что сопровождается искусственным рассеиванием ТМ в окружающей среде, что создает в ряде мест серьезную опасность для здоровья населения.

В связи с этим, целью нашей работы является исследование влияния ионов ТМ (на примере кадмия) и СПАВ (на примере общедоступного синтетического стирального порошка «Миф») на содержание фотосинтетических пигментов в тканях водного растения элодеи бразильской.

В рамках этой работы решались следующие задачи:

- выявить зависимость концентрации кадмия на содержание пигментов и фотосинтетическую активность;
- выявить зависимость концентрации ПАВ на содержание пигментов и фотосинтетическую активность.

### ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования был выбран пресноводный макрофит Элодея бразильская (*Elodea Brazilian, Egeria densa*). Элодея принадлежит к семейству водокрасовых (*Hydrocharitaceae*), порядку частуховых (*Alismatales*), подклассу алисматид (*Alismatidae*), классу однодольных (*Monocotyledones*). Элодея – многолетнее растение с длинным облиственным, ветвистым стеблем, достаточно ломким, который стелется по дну (укореняется) или плавает в толще воды. Листья удлиненные, ланцетные, обычно по 4-6 в мутовке [2]. Элодея часто используется в опытах из-за высоких показателей роста и хорошей приспособленности к искусственным условиям выращивания.

В ходе эксперимента растения были разделены на 6 групп. Контрольная группа растений находилась в среде фильтрованной водопроводной воды,

Макурина Ольга Николаевна, доктор биологических наук, профессор кафедры биохимии E-mail: biochemistry.ssu@rambler.ru. Косицына Арина Алексеевна, студент. Мурзин Илья Радикович, студент. Розенцвет Ольга Анатольевна, доктор биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: ievbras@2005.mail.ru.

две опытные помещались в водные растворы соли нитратного кадмия с концентрациями 100 и 10 мг/моль соответственно, другие три – в водные растворы общедоступного СПАВ с концентрациями 0,2, 0,02 и 0,002%. Непосредственно перед началом исследований растения были обрезаны до 50 мм, считая от точки роста, и помещены в емкости объемом 1 литр. В качестве опытных точек эксперимента для исследования влияния ионов кадмия были выбраны третьи и десятые сутки, после чего половину растений из каждой группы забирали на исследование, а вторую половину помещали на реабилитацию в отстоянную отфильтрованную воду. Длительность реабилитации составляла 5 суток. Для СПАВ реабилитация не проводилась, а растения отбирались еще на 15 и 20 сутки исследования.

Опыт проводился в лабораторных условиях в резервуарах с водой, отгороженных от внешнего воздействия, и при постоянной интенсивности и регулярности светового потока. В эксперименте для этого были использованы люминесцентные лампы и таймер, который обеспечивал 12-часовое освещение.

**Методы исследования.** Определение содержания фотосинтетических пигментов осуществлялся по методу Брагинского Л.П. (количественное определение пигментов основано на определении оптической плотности пигментов на длинах волн, являющихся максимумами их поглощения) [3]. Статистическую обработку данных (среднее значение, стандартное отклонение) проводили с использованием стандартных статистических методов (достоверности Стьюдента).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования по влиянию загрязнителей на содержание фотосинтетических пигментов в элодеи показали весьма интересные достоверные результаты.

На рис. 1 представлены данные по влиянию СПАВ на содержание хлорофилла *a*. Первая группа растений, выращиваемых в среде с очень высокой концентрацией СПАВ, к концу эксперимента практически утрачивала пигменты, что отчетливо видно на всех представленных графиках. Похожие результаты наблюдались и в исследованиях микроводоросли *Chroomonas Salina (Wils.) Butch. (Chriptomphyta)* [4].

Нами показано, что низкие концентрации «Миф» (0,002% и 0,02%) не оказывают отрицательного влияния на рост растения и даже приводят к увеличению содержания хлорофилла *a* (на 38% по сравнению с началом эксперимента). Но отчетливо видно, что по сравнению с контрольной группой растений, которые находились в воде без добавления СПАВ, концентрация хлорофилла *a* почти в 1,5-2 раза выше, чем в опытных.

Похожая закономерность наблюдается в результатах по влиянию ионов кадмия на содержание хлорофилла *a* в тканях элодеи (рис. 2). На десятые сутки в пробах, выращенных с добавлением кадмия, количество данного пигмента достоверно уменьшается по сравнению с контрольной группой растений, а так же по сравнению с пробами, отобранными на 3 сутки эксперимента.

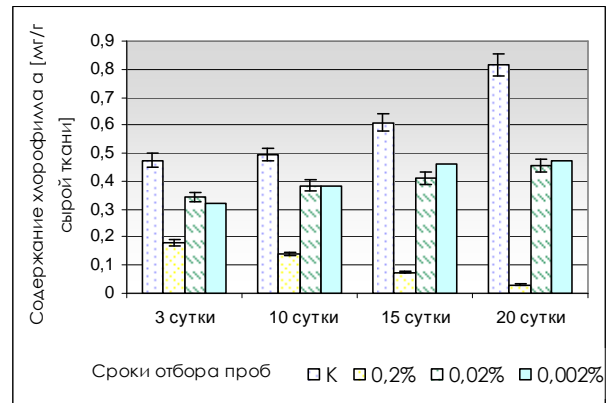


Рис. 1. Влияние СПАВ на содержание хлорофилла *a* в тканях растений элодеи

После реабилитации растения не возвращались к своему нормальному физиологическому состоянию, о чем свидетельствует продолжающееся снижение концентрации хлорофилла *a* в тканях этих растений.

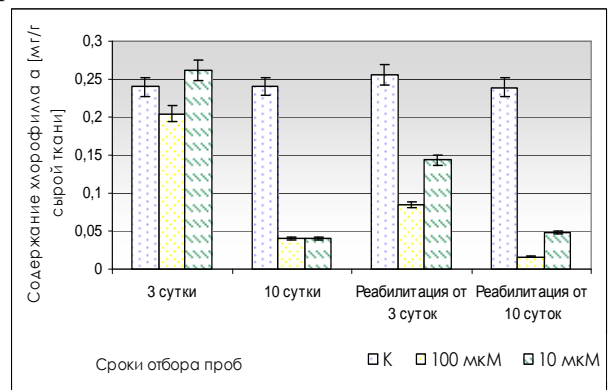


Рис. 2. Влияние ионов кадмия на содержание хлорофилла *a* в тканях растений элодеи

Результаты по влиянию ионов кадмия на содержание хлорофилла *b* схожи с таковыми по содержанию хлорофилла *a*. На наш взгляд, и это также подтверждается литературными источниками [5, 6, 7, 11], фитотоксический эффект кадмия в клетке связан с ингибированием ферментов синтеза хлорофилла и цикла Кальвина, нарушением транспорта электронов вследствие снижения пула пластохинона и активности ферредоксин-НАДФ<sup>+</sup>-оксидоредуктазы, изменением числа тилакоидов и липидного состава мембран.

Результаты по влиянию СПАВ на содержание хлорофилла *b* в тканях элодеи на протяжении всего эксперимента показали незначительные изменения содержания пигмента в опытных группах растений

(за исключением 10 суток эксперимента в группе растений, выращенных на среде, содержащей 0,2% СПАВ). Как видно из гистограмм, представленных на рис. 3, относительно контрольной группы произошло значительное снижение величины данного показателя – до 2-2,5 раз. Известно, что при низкой концентрации детергента в среде происходит связывание молекул детергента с молекулами белка без изменения их конформаций [8, 12]. Видимо, именно по этой причине невысокие концентрации детергента существенно не сказались на содержании данного пигмента в тканях растений на протяжении всего эксперимента. В контрольной группе растений к концу эксперимента содержание хлорофилла *b* увеличилось почти в три раза.

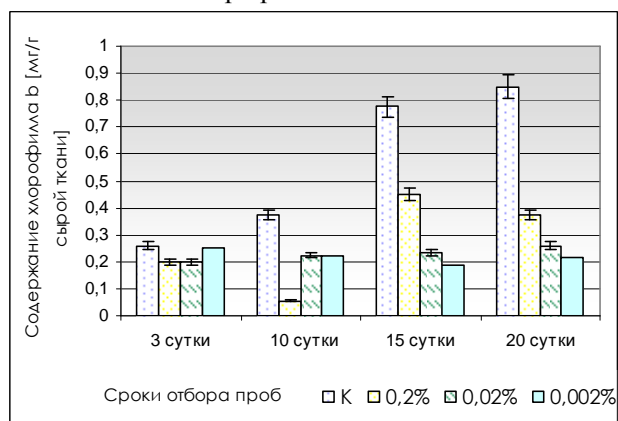


Рис. 3. Влияние ионов кадмия на содержание хлорофилла *b* в тканях растений элодеи

Как видно из данных, представленных на рис. 4, содержание каротиноидов в тканях существенно снижается для растений, находящихся в среде с различными концентрациями ионов кадмия. Так, на 3 сутки эксперимента количество данного пигмента лишь в 1,5 раза меньше содержания каротиноидов в контрольной группе, но на 10 сутки разница в содержаниях каротиноидов увеличилась в 7 раз.

После реабилитации элодеи в чистой воде негативная тенденция сохраняется, т.к. содержание каротиноидов продолжает снижаться, а, следовательно, не происходит восстановления нормальной функция организма. Возможно, это связано с изменениями внутриклеточного состава (конкретно хлоропластов клетки), о чем свидетельствуют работы Титова А.Ф., Казниной Н.М. и др., где отмечалось, что при невысоком содержании ионов кадмия в среде происходит уменьшение размеров хлоропластов клетки, а при высоких концентрациях металл наблюдается снижения и числа зеленых пластид в клетке [9, 10].

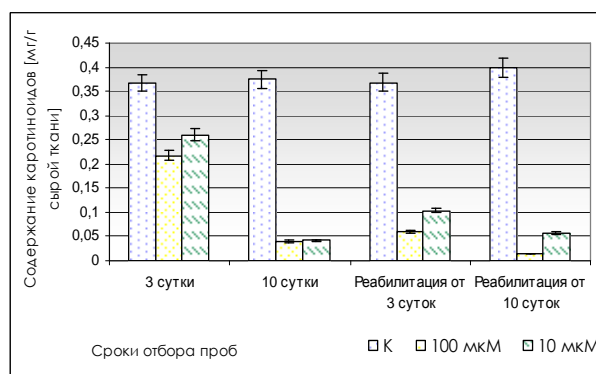


Рис. 4. Влияние ионов кадмия на содержание каротиноидов в тканях растений элодеи

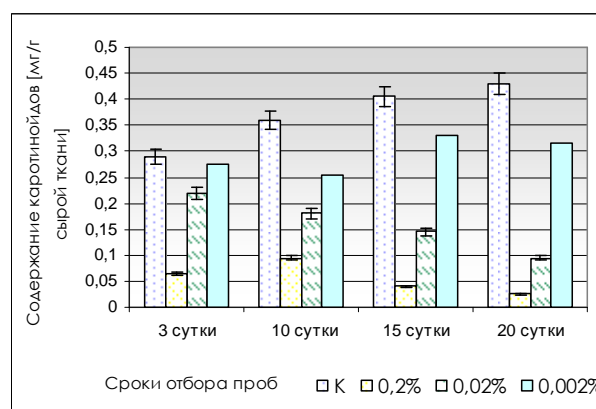


Рис. 5. Влияние СПАВ на содержание каротиноидов в тканях растений элодеи

На рис. 5 представлены данные по влиянию СПАВ на содержание каротиноидов в тканях исследованных растений. Влияние выбранного нами СПАВ на содержание каротиноидов (в зависимости от его концентрации) либо замедляет увеличение их содержания, либо способствует уменьшению их количества. Так, в контрольной группе в течение эксперимента содержание каротиноидов возросло с 0,28 до 0,43 мг/г сырой ткани. В группах растений, выращенных на среде с максимальной концентрацией СПАВ (0,2%), количество каротиноидов уменьшилось к 20-м суткам эксперимента на 50%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный нами эксперимент показал, что исследуемые поллютанты, даже в относительно невысоких концентрациях способны вызывать снижение содержания основных форм пигментов в тканях водного растения.

В случае с добавлением кадмия, мы можем предположить, что ионы металла в высоких концентрациях приводят к серьезным нарушениям функционирования пластид, а именно, к ингибированию синтеза собственно пигментов и нарушения производства новых фотосинтетических органелл.

Известно, и это подтверждено работами некоторых авторов [13], что СПАВ солибилизируют мембраносвязанные белки мембраны клетки, нарушая ее свойства. Это способствует проникновению

СПАВ во внутриклеточное пространство. Глубина действия настолько велика, что отражается даже на двумембранных органоидах, таких как пластиды. Это способствует высвобождению пигментов из растения, тем самым, снижая их содержание в нем.

В итоге загрязнения, рассмотренными нами веществами, приводит к изменению интенсивности фотосинтеза и дыхания растений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саут Г., Уиттик А. Основы альгологии. М.: Мир, 1990. 597 с.
2. Цвелев Н.Н. Семейство Водокрасовые (Hydrocharitaceae) / Под ред. А. Л. Тахтаджяна. Жизнь растений. В 6-ти т. М.: Просвещение, 1982. Т.6. 275 с.
3. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 422 с.
4. Реунова Ю.А., Айздайчер Н.А. Влияние детергента на содержание хлорофилла *a* и динамику численности у микроводоросли *Chroomonas Salina* (Wils.) Butch. (*Chriptomphyta*) // Альгология. 2004. №1. С. 32–39.
5. Буштуева К.А., Безпалько Л.Е., Ревич Б.А. Кадмий в окружающей среде // Цинк и кадмий в окружающей среде. Л.: Наука, 1992. С. 76–89.
6. Евсеева Т., Юраниева И., Храмова Е. Механизмы поступления, распределения и детоксикации тяжелых металлов у растений // Вестн. ин-та биологии. 2003. Вып. 69. С. 1–13.
7. Епринцев С. Влияние ионов тяжелых металлов на рост и развитие растений. М., 1992. 245 с.
8. Бабанов Г.П., Бабанов А.Г., Буров Ю.А. и др. К механизму действия поверхностно-активных веществ на организм // Сравнительные исследования изменений физиологических функций под влиянием естественных и синтетических детергентов. Ярославль.: Ярослав. гос. ун-т. 1976. С. 9–17.
9. Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI ВЕКА: Материалы всероссийской конференции (Петрозаводск, 22–27 сентября 2008 г.). Часть 6: Экологическая физиология и биохимия растений. Интродукция растений. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. С.129–131.
10. Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. и др., Влияние кадмия на некоторые анатомоморфологические показатели листа и содержание пигментов ячменя. // Материалы международной научной конференции, посвященной 200-летию Казанской ботанической школы Функциональная ботаника. Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, опубликованные на сайте <http://www.ksu.ru/conf/botan200/s4.php>. 09.04.2009.
11. Cutler J.M., Rains D.W. Characterisation of cadmium uptake by plant tissue // Plant physiol., 1974. Vol. 54. P. 67–71.
12. Hanke G., Bowsheer C., Jones M.N. et al. Proteoliposomes and plant transport proteins // J. Exp. Bot. 1999. Vol. 50. P. 1715–1726.
13. Helenius A., Simons K. Solubilization of membranes by detergents. Biochim Biophys Acta, 1975. Vol. 415. No. 1. P. 29–79.

#### THE INVESTIGATIONS OF HEAVY METALS IONS AND SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES INFLUENCE ON THE MAINTENANCE OF PIGMENTS IN TISSUES OF A WATER PLANT *EGERIA Densa*

© 2009 O.N. Makurina<sup>1</sup>, A.A. Kositsyna<sup>1</sup>, I.R. Murzin<sup>1</sup>, O.A. Rozencvet<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara State University

<sup>2</sup>Institute of ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Science

The investigations of heavy metals ions and surface-active substances influence on the maintenance of pigments in tissues of a water plant *Egeria densa* were done. It was shown that the decrease of the maintenance of pigments in comparison with the control in a consequence of both actions pollutions was authentic.

Key words: ions of cadmium, pigments, *Egeria densa*.

---

Makurina Olga Nikolaevna, Doctor of Biology, Professor of department biochemistry E-mail: biochemistry.ssu@rambler.ru. Kositsyna Arina Alexeevna, student, Murzin Il'ya Radikovich, student Rosencvet Olga Anatol'evna, Doctor of Biology Senior Research fellow. E-mail: ievbras@2005@mail.ru.