

АККУМУЛЯЦИЯ МЕДИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА МЕТАБОЛИЗМ БЕЛКОВ, ЛИПИДОВ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ *POTAMOGETON PERFOLIATUS* L.

© 2003 О.А. Розенцвет, С. В. Мурзаева, И.А. Гущина

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Исследовали влияние $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ в диапазоне концентраций 10^{-6} – 10^{-3} моль/л на рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.) при добавлении в водную среду в течение трех суток. Показано, что в листьях рдеста в зависимости от концентрации нитрата меди в воде накапливается Cu в количестве от 0,08 до 82,8 мкг/г сухой массы. Обнаружены различия в действии малых (10^{-6} – 10^{-5} моль/л) и повышенных (10^{-4} – 10^{-3} моль/л) концентраций меди на биохимические компоненты. Малые концентрации на вторые и третьи сутки стимулируют увеличение содержания общих белков, липидов и пигментов. Повышенные концентрации сразу в первые сутки снижают содержание общих липидов (за счет снижения фосфолипидов), пигментов и цитозольных белков, увеличивая содержание мембранных белков. Предположено, что в листьях рдеста при избытке меди осуществляется многоуровневая защита от металла и его детоксикация, связанная с модификацией мембранных липидов и дополнительным синтезом белков.

Медь по своей химической природе сильнее связывается с органическими соединениями по сравнению с другими металлами. Ионы меди способны вытеснять функциональные металлы из ферментов, взаимодействовать с биологическими мембранами и восстанавливать молекулярный кислород до активных форм кислорода. Эти свойства делают медь сильнейшим токсикантом при избыточных дозах [1, 2]. В природную воду антропогенная медь в больших количествах поступает со сточными водами, смывами из почв органических удобрений и фунгицидов. Опасными для гидробионтов являются аварийные сбросы неочищенных стоков машиностроительных производств, содержащих в больших количествах тяжелые металлы, в том числе и медь [3]. Важное значение при этом имеет присутствие в водоемах устойчивых видов растений, которые с высокой скоростью поглощают металлы и выдерживают их длительное воздействие без потери жизнеспособности [4]. К таким видам относят большинство прикрепленных рдестов [5]. Представляют интерес молекулярные механизмы трансформации и детоксикации меди этими растениями, которые мало исследованы [6]. Разрознен-

ные сведения в литературе об аккумуляции меди и влиянии отдельных концентраций на физиолого-биохимические процессы в лабораторных условиях [7-10] не дают полного представления о влиянии и диапазоне токсичных концентраций меди на биохимию клетки водных растений.

Целью настоящей работы было исследование влияния разных концентраций $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ в диапазоне 10^{-6} - 10^{-3} моль/л на содержание общих белков, липидов, фотосинтетических пигментов и аккумуляцию меди в листьях рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.).

Методика

Объектом исследования служили растения рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.), произрастающего на мелководном участке акватории Саратовского водохранилища. Постановка и условия натурального эксперимента подробно описаны в нашей работе [11]. $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ добавляли в воду к растениям в течение трех суток для поддержания конечных концентраций - 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} моль/л. Для анализов использовали листья 4-7 ярусов от начала побега. Отобранные

листья тщательно промывали в проточной водопроводной воде, подсушивали фильтровальной бумагой, взвешивали и использовали для анализа содержания меди, белков, липидов и пигментов.

Содержание меди определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии [12]. Экстракцию липидов, а также количественное определение общих липидов, нейтральных липидов, гликолипидов и фосфолипидов проводили общепринятыми методами, указанными в работе [13]. Выделение общего белка, разделение на мембранные и цитозольные белки, а также выделение хлорофиллов и каротиноидов проводили как описано в работе [11]. Концентрацию белка определяли по методу Бредфорд [14], хлорофиллов и каротиноидов по методу Вернона [15].

Полученные данные, приведенные в таблице 1 и на рисунках, представляют средние значения из 3 биологических повторностей, отклонения составляли $\pm 10-20\%$.

Результаты и обсуждение

Растения рдеста во время закладки опытов, в конце июля, находились на стадии бутонизации и начале цветения. Температура воды в течение экспериментов колебалась в пределах 23-26°C, включая ночной период, осадки не выпадали, солнечное освещение было максимальным без пасмурных дней. Наблюдения за растениями во время инкубации показали, что в течение первых суток под влиянием меди 10^{-4} и 10^{-3} моль/л верхние лис-

тья побегов становились жесткими и покрывались синим налетом, к концу третьих суток цвет их изменялся от зеленого до коричнево-бурого по сравнению с контролем. Такие же изменения листьев происходили при меньших концентрациях меди – 10^{-6} и 10^{-5} моль/л, но появлялись они на вторые и третьи сутки. Через неделю гибель опытных растений не наблюдали, но на листьях оставался синий налет и в них под световым микроскопом обнаруживали обесцвеченные и коричнево-бурые участки, количество которых возрастало с увеличением действующей концентрации соли. Эти наблюдения показали, что с течением времени и увеличением концентрации соли в воде медь адсорбировалась на внешней поверхности листовой пластинки и вызывала внутренние нарушения в микроструктуре тканей.

Атомно-адсорбционный анализ показывал активное накопление металла в листьях рдеста. Из таблицы 1 видно, что через сутки содержание элемента в листьях возрастало с увеличением концентрации соли в среде в 4; 50; 550; 4150 раз по сравнению с фоновым содержанием. На вторые сутки аккумуляция металла увеличивалось еще больше при первых трех концентрациях, но при самой высокой оставалось на том же уровне. На третьи сутки обнаруживали уменьшение накопления металла при высоких концентрациях соли в воде (10^{-4} и 10^{-3} моль/л), и это происходило за счет снижения скорости поглощения металла. Концентрация $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 10^{-3} моль/л на вторые и третьи сутки уменьшала скорость

Таблица 1. Аккумуляция меди в листьях рдеста, мкг/г сухой массы

Cu(NO ₃) ₂ , моль/л	Сутки		
	1	2	3
Контроль	0,022±0,01	0,022±0,01	0,022±0,01
10 ⁻⁶	0,083±0,003 (0,061)	0,134±0,03 (0,056)	0,172±0,04 (0,05)
10 ⁻⁵	1±0,03 (0,098)	2,17±0,19 (1,07)	-* -
10 ⁻⁴	11,2±2 (11,18)	29,5±4 (14,7)	16,5±3 (5,5)
10 ⁻³	82,8±3,5 (82,8)	81±8 (40,5)	74,4±6 (24,8)

Примечание: -* количество меди не определяли. В скобках указана скорость поглощения, мкг Cu/ г сухой массы в сутки.

поглощения меди в 2-3,5 раза по сравнению с первыми сутками, тогда как малые концентрации меди в воде (10^{-6} и 10^{-5} моль/л) практически не изменяли скорость поглощения в течение трех суток. Из этих данных следовало, что поглотительная способность листьев рдеста нарушалась высокими концентрациями экзогенной меди.

Возможными причинами нарушения аккумуляции металла листьями при продолжительном воздействии высоких концентраций соли могло быть изменение проницаемости клеточных оболочек [16] или экскреция металла из клеток [4, 17]. Оба этих механизма связывают с защитой и детоксикацией металлов у растений. Первый зависит от модификации мембран, изменения состава липидов клеточных оболочек и плазматических мембран [1], второй – от биосинтеза защитных белков, которые связывают ионы металлов в цитоплазме, транспортируют их в вакуоли, откуда металлы освобождаются в виде неактивных органических комплексов (детоксикация металла) [1, 6, 18, 19].

Косвенным доказательством индуцирования медью белкового механизма защиты (и детоксикации) является увеличение содержания общего белка под влиянием меди, рис. 1. Так, малые концентрации $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 10^{-6} и 10^{-5} моль/л увеличивали содержание общего белка в листьях в 1,2 и 1,6 раза на вторые и третьи

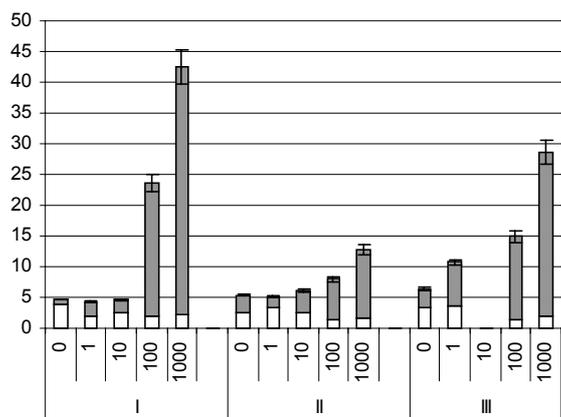


Рис. 1. Содержание общего белка в листьях рдеста под влиянием нитрата меди: темные столбцы - мембранный белок, светлые – цитозольный; ось ординат – содержание белка, мг на г сырой массы; ось абсцисс – концентрация $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\times 10^{-6}$ моль/л; I, II, III – сутки инкубирования

сутки. Высокие концентрации $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 10^{-4} и 10^{-3} моль/л в отличие от малых, стимулировали белковый метаболизм сразу в первые сутки, увеличивая содержание общего белка в 5 и 9 раз. С течением времени на вторые и третьи сутки увеличение содержания белка в этих условиях снижалось, что, по-видимому, было связано с угнетением белкового синтеза аккумулярованной медью. На рисунке видно, что количественное увеличение общего белка под влиянием меди происходило, в основном, в мембранах. Содержание цитозольного белка уменьшалось даже при низких концентрациях нитрата меди в воде. Негативное влияние металла на содержание цитозольных белков свидетельствует о токсичном действии ионов меди, проникающих внутрь клеток. В то же время, очевидное положительное влияние на метаболизм мембранных белков указывает о действии меди на мембраны, что, вполне возможно, определяется первичной атакой мембран ионами металла [1].

Избыток меди в мембранах индуцирует окисление липидов, активирует выход кальция, нарушает трансмембранный перенос веществ [1, 18]. Результаты о содержании общих липидов и основных липидных классов, представленные ниже, подтверждают изменения, происходящие в мембранных структурах под влиянием меди. На рис. 2 видно, что в первые сутки инкубирования все испытанные концентрации $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ снижали уровень общих липидов (ОЛ) в листьях рдеста по сравнению с

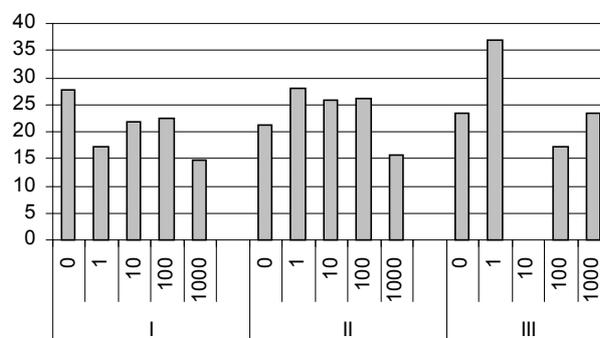


Рис. 2. Содержание общих липидов в листьях рдеста под влиянием нитрата меди: Ось ординат – содержание общих липидов, мг на г сырой массы; ось абсцисс – аналогично рис. 1

контролем, в 1,2-1,9 раза в зависимости от используемой концентрации соли. На вторые сутки все концентрации кроме 10^{-3} моль/л увеличивали количество ОЛ в 1,2-1,3 раза. На третьи сутки происходили неоднозначные изменения ОЛ под влиянием увеличивающейся концентрации меди в воде – меньшие увеличивали, а повышенные уменьшали или не влияли. Таким образом, первым “ответом” растений на присутствие меди в воде было уменьшение количества общих липидов. С течением времени липидный обмен восстанавливался или даже возрастал, но при продолжительном действии повышенных концентраций меди в воде 10^{-4} и 10^{-3} моль/л на третьи сутки, выявлялось негативное действие металла на метаболизм липидов.

Расчет процентного содержания основных классов липидов в данных условиях показывал на перестройки в метаболизме общих липидов, проявляющиеся в изменении соотношения гликолипидов (ГЛ), фосфолипидов (ФЛ) и нейтральных липидов (НЛ) (рис. 3). При увеличении концентрации меди в воде в течение трех суток количество НЛ возрастало, а ФЛ – уменьшалось. Уровень ГЛ в течение первых двух суток при малых концентрациях меди 10^{-6} и 10^{-5} мало изменялся, при высоких – 10^{-4} и 10^{-3} моль/л снижался, а на третьи сутки восстанавливался до контрольного. Следовательно, ГЛ при длительном воздействии высоких концентраций металла были способны к регенерации. Таким образом, негативное влияние меди на содержание ОЛ,

показанное на рис.2, было связано, в основном, с уменьшением содержания ФЛ. В литературе есть сведения о том, что некоторые индивидуальные ФЛ легко окисляются при действии ТМ, тем самым проявляют антиокислительное действие [20, 21]. Лабильность индивидуальных ФЛ была показана нами при действии кадмия на рдест в сходных условиях [11]. Исходя из этого, можно предполагать, что уменьшение ФЛ под влиянием меди также было связано с их окислением при прохождении ионов меди через мембраны.

Устойчивость ГЛ при малых концентрациях меди можно расценивать как недоступность металла к внутренним мембранам органоидов, поскольку основную массу гликолипидов фотосинтетических тканей составляют МГДГ и ДГДГ, локализованные во внутренних мембранах хлоропластов – гранах и тилакоидах [20,22]. В этих структурах хлоропластов находятся фотосинтетические пигменты – хлорофиллы и каротиноиды, по изменению содержания которых также можно судить о проникновении меди во внутренние мембранные структуры клеток.

На рис. 4 показано, что в первые сутки в листьях снижалось общее содержание пигментов при малых концентрациях $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 10^{-6} и 10^{-5} моль/л и увеличивалось при повышенных – 10^{-4} и 10^{-3} моль/л. На вторые сутки меньшая концентрация $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ увеличивала, а остальные – 10^{-5} - 10^{-3} моль/л уменьшали уровень пигментов в 2-3,5 раза. На третьи сутки меньший уровень пигментов, по сравнению с кон-

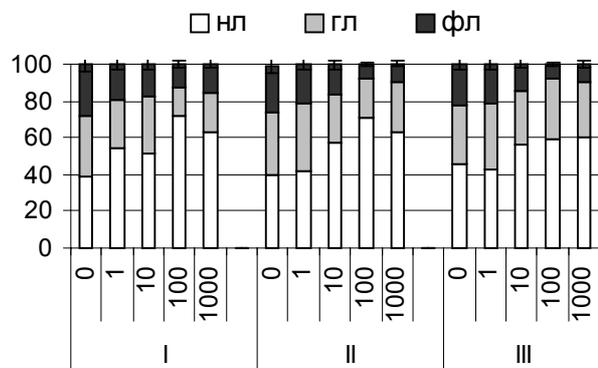


Рис. 3. Соотношение липидных классов в листьях рдеста под влиянием меди: ось ординат – содержание, % от суммы ОЛ, ось абсцисс аналогично рис. 2.

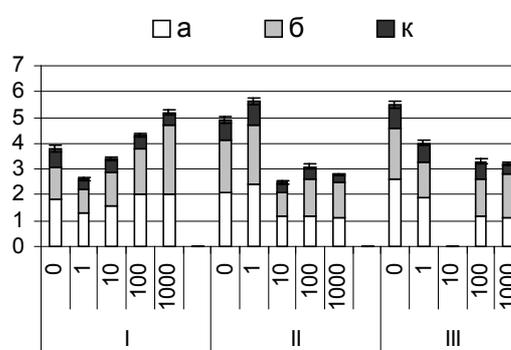


Рис. 4. Содержание пигментов в листьях рдеста под влиянием меди (а – хлорофилл а, б – хлорофилл б, к – каротиноиды): ось ординат – содержание пигментов, мг на г сырой массы, ось абсцисс аналогично рис. 2.

тролем, обнаруживали при всех испытанных концентрациях $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. Индивидуально по пигментам следует отметить увеличение хлорофиллов а и б в первые сутки инкубирования при высоких концентрациях меди в воде и уменьшение на вторые и третьи сутки. Противоположная зависимость от концентрации меди в воде получена для каротиноидов. Их содержание снижалось сразу в первые сутки инкубирования в 1,4-1,8 раза соответственно увеличению концентрации $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ в воде. На вторые и третьи сутки уровень каротиноидов восстанавливался до исходного, но только при малой концентрации меди, 10^{-6} моль/л.

Известно, что коротковолновые формы пигментов в растениях выполняют не только светособирающую функцию [23], но и защитную, предотвращая окисление хлорофиллов при одноэлектронных переносах, индуцируемых переходными металлами [24]. По-видимому, уменьшение каротиноидов в наших опытах было связано с их окислением, а, следовательно, с защитным антиоксидантным действием. Эта защита должна способствовать увеличению фотосинтетической активности листьев рдеста под влиянием повышенных концентраций меди в первые сутки, так как при снижении каротиноидов концентрация хлорофиллов возрастала. Длительное же воздействие высоких концентраций меди оказывало губительное действие на фотосинтетический аппарат растений. Анализ пигментов в листьях рдеста на восьмые сутки после трехсуточной инкубации с медью (рис. 5), показал, что действие 10^{-6} моль/л $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ было положительным, так как уровень всех пигментов восстанавливался и был даже несколько выше контрольного. Высокая концентрация 10^{-3} моль/л $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ снижала уровень содержания хлорофиллов а, б и каротиноидов, соответственно в 1,9, 1,4 и 2,2 раза. Очевидно, что трехсуточное воздействие высоких концентраций меди приводило к необратимым негативным изменениям в листьях. Визуально также можно было судить об этом, поскольку растения имели угнетенный вид, приобретали темно-бурый цвет, а листья были покрыты плотным синим налетом.

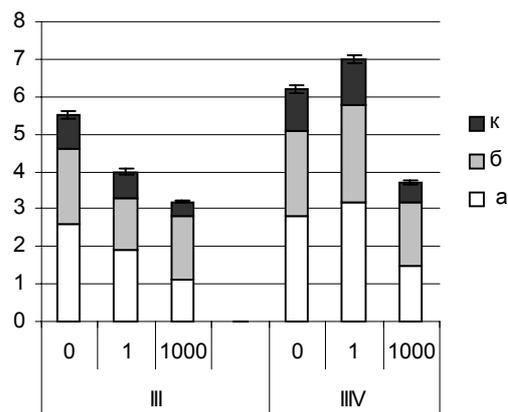


Рис. 5. Содержание пигментов в листьях рдеста на восьмые сутки после трехсуточного инкубирования с медью: обозначения аналогичны рис.4

Уменьшение концентрации каротиноидов более чем в два раза указывало на усиление окислительных процессов, что могло быть причиной инициирования в растениях рдеста окислительного стресса. В таких условиях, безусловно, была снижена интенсивность фотосинтеза и происходило угнетение всех синтетических процессов.

Подводя итог по влиянию меди на биохимические клеточные компоненты, отвечающие за структуру, биологическую продуктивность и фотосинтетическую активность в листьях рдеста, отметим различия в действии малых ($10^6 - 10^5$ моль/л) и повышенных ($10^4 - 10^3$ моль/л) концентраций. Первые проявляют свое действие на вторые и третьи сутки, то есть с задержкой во времени, вторые – сразу в течение первых суток. Малые концентрации меди с определенной для каждой концентрации лаг-фазой стимулируют увеличение содержания общих белков, липидов и пигментов. Повышенные – снижают содержание общих липидов (за счет снижения ФЛ), пигментов и цитозольных белков, увеличивая содержание мембранных белков.

Характерно, что повышенные концентрации меди в воде в начале экспозиции способствуют высоким скоростям поглощения металла листьями, а к концу экспозиции снижают скорости в 2-3 раза. Эти данные можно объяснить следующими механизмами, обсуждаемыми в литературе: ограничением пассивного

поступления избытка меди в клетку через ионные каналы [18], например, простой сорбцией металла на поверхности листа [25]; токсичным влиянием высоких концентраций меди на общий метаболизм растений [1] и индуцированием защитных механизмов высокими концентрациями меди [1, 25]. Все они находят подтверждение в наших результатах. При увеличении концентрации меди в среде происходит сорбция металла, о чем можно судить по усилению синего налета на листьях. Угнетается общий метаболизм, это видно по угнетенному виду растений, снижению пула общих липидов, цитозольных белков и фотосинтетических пигментов. Индуцируются механизмы защиты. Прежде всего, это укрепление клеточных оболочек, поскольку увеличивается пул НЛ, структурными компонентами которых они являются [26]. Далее по мере проникновения металла в клетку прослеживается уменьшение содержания ФЛ и каротиноидов, что является возможной защитой мембран плазмолеммы [1,25], внутренних мембран органоидов и хлорофиллов от окисления. В мембранах также индуцируется белковый механизм защиты, по-видимому, синтезируются белки *de novo*, которые связывают медь в неактивные комплексы. Таким образом, в листьях рдеста при избытке меди просматривается многоуровневая защита от металла и его детоксикация.

В заключение, отметим, что при моделировании условий острого загрязнения нитратом меди в природных условиях, листья рдеста накапливают металл в течение трех суток в пределах испытанных концентраций 10^{-6} - 10^{-3} моль/л. Аккумуляция и скорость поглощения зависят от концентрации соли в воде. Максимальное накопление получено при концентрации нитрата меди в воде 10^{-3} моль/л, что составляет 70-85 мкг Cu на г сухой массы или 0,008 весовых % от сухой массы. Такое накопление металла на 2-3 порядка ниже, чем накапливают растения – сверхнакопители [27], однако, обнаруживаются высокие скорости извлечения меди из воды, от 15 до 83 мкг Cu в сутки на г сухой массы листьев при повышенных концентрациях металла в воде. Это свойство, а также наличие многоуровневой защи-

ты в клетках от токсического действия металла являются существенными в выживании рдеста при загрязнениях, что имеет значение в самоочищении водоемов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демидчик В. В., Соколик А. И., Юрин В. М. Токсичность избытка меди и толерантность к нему растений // Успехи соврем. биологии. 2001. Т.121. № 5.
2. Маркосян К.А., Курганов Б.И. Cu-Шапероны – внутриклеточные переносчики ионов меди. Функция, структура и механизм действия (обзор) // Биохимия. 2003. Т.68. Вып.8.
3. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 1997 году. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. Самара. Вып.7. 1998.
4. Mazen A.M.A, Maghraby O.M.O. Accumulation of cadmium and strontium, and a Role of Calcium Oxalate in water Hyacinth Tolerance// Biol. Plant 1997/1998. V.40.
5. Лукина Л. Ф., Смирнова Н. Н. Физиология высших водных растений. Киев: Наукова думка, 1988.
6. Zenk M.H. Heavy metal detoxification in higher plants – a review // Gene. 1996. V. 179.
7. Jana S., Choudhuri M.A. Senescence in submerged aquatic angiosperms: effects of heavy metals // New Phytol. 1982. V.90.
8. Гавриленко Е.Е., Золотухина Е.Ю. Накопление и взаимодействие ионов меди, цинка, марганца, кадмия, никеля и свинца при их поглощении водными макрофитами // Гидробиологический журнал. 1989. Т.25. № 5.
9. Maksymiec W. Effect of copper on cellular processes in higher plants // Photosynthetica. 1997. V.34. N. 3.
10. Guilizzoni P. The role of heavy metals and toxic materials in the physiological ecology of submerged macrophytes // Aquatic Botany. 1991. V. 40.
11. Розенцвет О.А., Мурзаева С.В., Гущина И.А., Босенко Е.А. Аккумуляция кадмия и физиолого-биохимическое состояние рдеста пронзенолистного в зависимости от концентрации нитрата кадмия в водной

- среде // Известия Самарского научного центра РАН. Спец. выпуск "Актуальные проблемы экологии". 2003. Вып.1.
12. *Guschina I.A., Harwood J.L.* Lipid metabolism in the moos *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst. from lead-contaminated and no-contaminated populations // J. Experim. Botany. 2002. V.53.
 13. *Розенцвет О.А., Саксонов С.В., Козлов В.Г., Конева Н.В.* Эколого-биохимический подход к изучению липидов высших водных растений // Известия Самарского научного центра РАН. 2000. Т.2. № 2.
 14. *Bredford, M. M.* A Rapid and Sensitive Method for Principle of Protein-Dye Binding // *Analyt. Biochem.* 1976. V. 72. *Lidon F.C., Ramalho J. C., Henrigues F.S.* // *J. Plant Physiol.* 1993. V. 142. N 2.
 15. *Vernon L.P.* Spectrophotometric determination of chlorophylls and pheophytins in plant extracts // *Analit. Chem.* 1960. V. 32.
 16. *Hollenbach B., Schreiber L., Hartung W., Dietz K. J.* Cadmium Leads to Stimulated Expression of the Lipid Transfer Protein Genes in Barley: Implication for the Involvement of Lipid Transfer roteins in Wax Assembly // *Planta.* 1997. V. 203.
 17. *Cumming J.R., Taylor C.J.* Mechnisms of metal tolerance in plants: physiological adaptation for exlusion of metal ions from the cytoplasm. In: Allen N.S., ed. *Stress responses in plants: adaptation and accumulation.* 1990. New York: Wiley –Liss.
 18. *Демидчик В. В., Соколик А. И., Юрин В. М.* Поступление меди в растения и распределение в клетках, тканях и органах // *Успехи соврем. биологии.* 2001. Т.121. № 2.
 19. *Drazkiewicz M., Tukendorf A., Baszynski T.* Age-dependent response of maize leaf segments to cadmium treatment: Effect on chlorophyll fluorescence and phytochelatin accumulation // *J. Plant Physiol.* 2003. V.160.
 20. *Геннис Р.* Биомембраны: Молекулярная структура и функции // М.: Мир, 1997.
 21. *Котлова Е.Р.* Антиокислительные системы лишайников // Автореф. Дис...канд.биол.-наук. Санкт-Петербург: СПбГУ. 2000.
 22. *Gounaris K., Barber J., Harwood J.L.* The thylakoid membranes of higher plants chloroplasts // *Biochem. J.* 1986. V. 237.
 23. *Тарчевский И. А.* Основы фотосинтеза. Изд-во КГУ, 1971.
 24. *Карнаухов В.Н.* Биологические функции каротиноидов. М.: Наука, 1988.
 25. *Серегин И. В., Иванов В. Б.* Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // *Физиология растений.* 2001. Т. 48. № 4.
 26. *Гудвин Т., Мерсер Э.* Введение в биохимию растений. М.: Мир, 1986. Т. 1.
 27. *Прасад М.Н.* Практическое использование растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами // *Физиология растений.* 2003. Т.50. № 5.

ACCUMULATION OF A COPPER AND IT INFLUENCE TO A METABOLISM OF PROTEANS, LIPIDS AND PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN THE LEAVES *POTAMOGETON PERFOLIATUS* L.

© 2003 O.A. Rozentsvet, S.V. Murzaeva, I.A Guschina

Institute of the Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Science, Togliatti

Investigated influence $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ in range of concentration $10^{-6} - 10^{-3}$ mol/l on the *Potamogeton perfoliatus* L. at adding on water environment for a three day. Is shown, that in the leaves *P. perfoliatus*, depending on concentration of cupric nitrate in water, the Cu in quantity from 0,08 up to 82,8 mg/g of dry weight is accumulated. The difference in effects of small ($10^{-6} - 10^{-5}$ mol/l) and increased ($10^{-4} - 10^{-3}$ mol/l) concentration copper on the biochemical components are detected. Small concentrations copper for the second and third day increase of the contents of common proteins, lipids and pigments. The increased concentrations copper at once within the first day reduce the contents common lipids (at the expense of decrease phospholipids), pigments and citosolic of proteins, increasing the contents of membrane proteins. Is assumed, that in the leaves *P. perfoliatus* at excess copper the multilevel protection against metal and it detoxication, connected with modification membrane lipids and additional synthesis of proteins implements.