

Установлено, что эфирные масла влияли на рост каллусных культур *Nicotiana tabacum*. При этом также отмечаются различия в эффектах от исходного эфирного масла и отдельных его фракций.

Различия в действии как образцов, так и фракций эфирных масел одного и того же вида растений проявляется и при исследовании эффектов, оказываемых ими на движение цитоплазмы в клетках харовой водоросли *Nitella flexilis* и электрофизиологические характеристики их плазматической мембраны. В последнем случае отмечается различный характер действия фракций эфирного масла апельсина на растительные объекты (клетки междоузлий харовых водорослей) в зависимости от наличия или отсутствия освещения растений, а также интенсивности облучения.

Приведенные результаты свидетельствуют о наличии в эфирных маслах веществ, способных влиять на ход физиолого-биохимических процессов, протекающих в растениях. На наш взгляд, полученные нами данные могут быть использованы при разработке экологически безопасных средств и агротехнических методов защиты растений. Разумеется, использование эфирных масел для получения пестицидных препаратов – достаточно далекая перспектива, а ныне эфирные масла весьма широко используются в пищевой и фармацевтической промышленности. В этих случаях весьма важны вопросы стандартизации их качественных показателей, одним из которых является биологическая активность.

В этом плане растительные объекты (например, клетки междоузлий харовой водоросли *Nitella flexilis*) могут быть использованы для получения первичной оценки биологической активности эфирного масла и его качественных показателей. Разумеется, использование «растительных» биодатчиков не может полностью заменить стандартную процедуру оценки биологической активности средств, используемых в медицине или пищевой промышленности, однако, в этом случае процесс проверки может быть заметно упрощен и ускорен при одновременном смягчении морально-этической проблемы использования лабораторных животных.

ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ НА АККУМУЛЯЦИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДОРОСЛЯХ *NITELLA FLEXILIS*

А.П. Кудряшов, О.В. Морозова, Л.Н. Барыбин*

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
kudrant@mail.ru*

**Институт радиобиологии НАН Беларуси, Гомель, Беларусь*

Деятельность людей коренным образом изменила естественный состав химических элементов в водоемах. В результате хозяйственной деятельности человека в водоемы с осадками, почвенной водой и стоками могут поступать соединения тяжелых металлов. Указанные поллютанты поступают в воду либо постоянно из антропогенных источников, либо в результате аварийных выбросов. Хотя не исключается поступление в экосистемы тяжелых металлов и из естественных источников, однако антропогенные источники как правило превышают по количеству выбросов в биосферу поллютантов природные.

Проблема прогнозирования состояния водного объекта при содержании в воде тяжелых металлов антропогенного происхождения, требует знания закономерностей их распределения между компонентами водной экосистемы (прежде всего, между водой и водными растениями). Для решения этой проблемы необходимо изучение количественных характеристик накопительной способности растений.

Водные растения играют существенную роль в экосистемах водоемов не только потому, что зачастую являются первичными звеньями в трофических цепях, но и из-за заметного их

воздействия на гидрохимические показатели водной среды. Влияние фитогидробионтов в среду обитания связано с интенсивными обменными процессами при жизнедеятельности организмов.

Как правило, тяжелые металлы не играют существенной роли в процессах жизнедеятельности водных растений и поступают в фитогидробионты в результате естественных процессов обмена веществ, происходящих в живом организме. На их аккумуляцию в водной растительности могут оказывать влияние многие факторы, важнейшими из которых являются гидрохимические показатели среды и режим освещения. При этом гидрохимические показатели среды, например pH, в основном воздействуют на физико-химические реакции, лежащие в основе первичных процессов обмена веществ между клеткой и окружающей средой. Нами было показано, что аккумуляция тяжелых металлов водными растениями связана с ионным обменом в клеточных стенках и сорбционной емкостью последних [1]. В то же время освещение растений (фотоавтотрофных организмов) должно существенным образом изменять количественные и качественные показатели интенсивности обменных процессов в водорослях. Цель настоящей работы состояла в изучении закономерностей аккумуляции тяжелых металлов водорослями в условиях варьирования освещения.

Объектами исследования служили пресноводные водоросли *Nitella flexilis*. Проводились модельные эксперименты. Модельная система представляла собою стеклянные сосуды, заполненные средой известного химического состава – искусственная прудовая вода (ИПВ), содержащая 10^{-3} М хлорида натрия, 10^{-4} М хлорида калия и 10^{-4} М хлорида кальция. Необходимое значение pH ИПВ достигалось добавлением фосфатного (на основе одно- и двузамещенных фосфатов натрия) или карбонатного (на основе карбоната и гидрокарбоната натрия) буферов. Количество буферов в ИПВ не превышало 3×10^{-4} М в пересчете на содержание натрия. Тяжелые металлы вводились в нужном количестве в ИПВ в виде сульфата никеля, хлорида марганца, и монохлорида ртути. Концентрации тяжелых металлов были подобраны таким образом, чтобы, во-первых, можно было зарегистрировать их наличие в среде, а во-вторых, они не приводили к гибели водорослей в течение 7 суточной экспозиции. Поскольку исследуемые металлы сильно различались по токсичности, их исходное содержание в среде также было не одинаково: $\text{Hg}^+ - 4,2 \times 10^{-6}$ М; $\text{Ni}^{2+} - 10^{-4}$ М; $\text{Mn}^{2+} - 10^{-3}$ М.

Варианты экспериментальных сред с водорослями выдерживались 7 сут либо при искусственном освещении люминесцентными лампами (освещенность около 1000 лк) с чередованием «дня» и «ночи» (15 ч свет, 9 ч темнота), либо в темноте. В период инкубации периодически оценивалось физиологическое состояние клеток водоросли путем измерения скорости циклоза. По истечении указанного периода водоросли отделялись от экспериментальной среды и промывались ИПВ. Из них удалялись капельки воды, после чего производилось взвешивание. Экстрагирование ионов тяжелых металлов из растительного материала осуществлялось концентрированной азотной кислотой.

Оценивались коэффициенты накопления тяжелых металлов в водных растениях как отношение молярного содержания поллютанта в растительном материале (сырая масса) к таковой у среды. При этом полагалось, что поллютант равномерно распределен по растению. Это предположение не вполне адекватно отражает реальную ситуацию, поскольку ранее нами было установлено, что ^{90}Sr и ^{137}Cs по разному аккумулируются в клеточных компартментах [2], однако процедуры дифференциального анализа содержания поллютантов в различных частях растительной клетки достаточно трудоемкие, а в некоторых случаях невыполнимы. В тоже время предлагаемый подход позволяет установить сам факт аккумуляции поллютанта, или изменения в процессах аккумуляции в растениях, хотя и без детального определения локализации.

Для вычисления коэффициентов накопления определялись концентрации Ni^{2+} , Mn^{2+} и Hg^+ в азотнокислых вытяжках из водорослей. Концентрации тяжелых металлов устанавливались с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора «Спектроскан-412» и масс спек-

трометра ICP MS ELAN-9000. С помощью рентгенофлуоресцентного анализатора содержание ионов никеля как в среде, так и в вытяжках из растений регистрировалось не надежно, поэтому для повышения точности измерений был использован масс спектрометр, обладающий гораздо меньшими пороговыми значениями регистрируемых концентраций указанного элемента.

Установлено, что аккумуляция исследуемых ионов тяжелых металлов клетками междоузлий харовых водорослей *N. flexilis* отмечалась как на свету, так и в темноте, в слабокислых (рН 6) и слабоосновных (рН 9) средах. Однако степень аккумуляции металлов клетками водоросли зависела от светового режима, что позволяет говорить о воздействии освещения на процессы поступления тяжелых металлов в водные растения.

В то же время характер воздействия освещения на аккумуляцию тяжелых металлов в харовых водорослях зависел от величины рН среды и по качественным и количественным параметрам был не одинаков для различных поллютантов. Так интенсивность аккумуляции ионов марганца клетками *N. flexilis* в темноте возрастала (почти в 4 раза) как в слабокислых, так и слабоосновных средах. В то же время аккумуляция ионов одновалентной ртути водорослями в слабокислых средах не зависела от режима освещения, а в слабоосновных средах (рН 9) в темноте заметно (приблизительно втрое) снижалась. Для ионов никеля также отмечается слабая зависимость степени аккумуляции их водорослями от светового режима в кислых средах, однако в основных средах в темноте поглощается приблизительно в 1,5 больше ионов Ni^{2+} .

Несомненно, режимы освещения водорослей могут существенно изменять качественные и количественные показатели обменных процессов, протекающих в системе растение–окружающая среда. Интенсивность физиологических процессов, протекающих в растениях, оказывает существенное влияние на процессы аккумуляции поллютантов. Однако предсказать характер воздействия освещения растений на аккумуляцию поллютантов не возможно, поэтому для прогнозирования состояния экосистем необходимо установить зависимости экспериментально.

Литература

1. Кудряшов А.П., Морозова О.В., Барыбин Л.Н. Влияние рН среды на аккумуляцию тяжелых металлов водными растениями // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем. Матер. междунар. конф. 8 съезд БООФБ, Минск.– 2008. ч. 1.– С.362–364.
2. Кудряшов А.П., Юрин В.М., Кудряшова Н.Н., Матусов Г.Д. Сорбция и десорбция радиоцезия и радиостронция растительной клеткой // Матер. Междунар. конф. посвященной 100-летию со дня рождения Н.В. Тимофеева-Ресовского.– Минск.– 2000.– С.57–59.

ВЛИЯНИЕ ВЫТЯЖЕК АЛКАЛОИДОВ ИЗ *NICOTIANA TABACUM* НА ПАРАМЕТРЫ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЕЙСТВИЯ ИНТЕРНОДАЛЬНЫХ КЛЕТОК *NITELLA FLEXILIS*

А.П. Кудряшов, О.А. Кишштейнер

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Алкалоиды – это природные азотсодержащие соединения основного характера, образующиеся в растительных организмах. Алкалоидоносные растения составляют примерно 10 % всей мировой флоры. Считается, что в настоящее время выделено не менее 5000 (по другим данным около 10000) индивидуальных алкалоидов. Поскольку алкалоиды являются основаниями, они образуют соли с кислотами, присутствующими в растениях. Подавляющее большинство алкалоидов в виде основания не растворимы (или трудно растворимы) в воде, но легко растворимы во многих органических растворителях. Однако имеются алка-