

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы
Розиной Светланы Алексеевны

«Эколого-физиологические реакции высшего водного растения
Ceratophyllum demersum на действие гипертермии и химических факторов»,

представленной на соискание учёной степени
кандидата биологических наук по специальностям

03.02.08 – экология (биология) и 03.01.05 – физиология и биохимия растений

Диссертационная работа Светланы Алексеевны Розиной, в которой изучены стрессовые реакции макрофита *Ceratophyllum demersum* на индивидуальное и комбинированное действие Pb^{2+} , катионных детергентов и гипертермии, представляет собой комплексное, хорошо спланированное и профессионально выполненное исследование в области фиторемедиации. Использование водных растений в качестве фиторемедиантов – для очистки водоёмов, загрязнённых тяжёлыми металлами, – это известный биотехнологический подход, не очень новый, но не теряющий своей актуальности. Фиторемедиация зачастую предлагает простые и дешёвые решения для очистки загрязнённых водоёмов: вы просто бросаете охапку фиторемедианта в водоём, ждёте пока он не нарастит достаточную биомассу, а потом извлекаете его, сушите и утилизируете. Научно-исследовательские задачи в области фиторемедиации сводятся, как правило, к тому, чтобы подобрать подходящий фиторемедиант и условия его использования.

В этом плане Светлана Алексеевна проделала хорошую, на мой взгляд, работу. В качестве объекта исследования был выбран роголистник (*Ceratophyllum demersum*), и с практической точки зрения этот выбор хорошо обоснован. Во-первых, роголистник не уступает другим макрофитам, используемым в качестве фиторемедиантов, по способности аккумулировать ионы тяжёлых металлов (Keskinan et al. 2004, *Bioresource Technology* 92, 197–200). Во-вторых, этот макрофит является погружённым плавающим растением, что очень практично: его легко перемещать, и он быстро поглощает ионы тяжёлых металлов из водной среды (кривая поглощения выходит на плато примерно через 15-20 минут). В-третьих, роголистник довольно бодро наращивает свою биомассу; в реках и озёрах Самарской области его просто «пруд пруди». Поэтому особых проблем с тем, чтобы «напрудить» достаточное количество роголистника в водоёме, загрязнённом тяжёлыми металлами, возникать не должно.

Проблемы, однако, возникают, когда водоём загрязнён не только тяжёлыми металлами, но и другими поллютантами. В частности – катионными детергентами, что нередко имеет место, когда в водоём сливают сточные воды. Катионы тяжёлых металлов, которые в растениях связываются, прежде всего, с клеточной стенкой и белками, разумеется, угнетают рост растительного организма, но это не фатально (до определённой концентрации тяжёлых металлов, конечно). Связывая и накапливая тяжёлые металлы, растительные клетки адаптируются к этой неблагоприятной ситуации – и растения продолжают, хоть и не так быстро, наращивать свою биомассу. В случае с детергентами всё гораздо хуже. Если их концентрация в загрязнённых водах превышает порог критической концентрации мицеллообразования (а во многих случаях это именно так), то происходит разрушение клеточных мембран, что быстро ведёт к коллапсу клеточной энергетики, лизису клеток и гибели растительного организма.

Именно это Светлана Алексеевна и наблюдала в экспериментах, когда роголистник помещали в среду с катионными детергентами. Растения попросту гибли. Но не это важно и интересно. Важно и интересно – и здесь мы переходим к наиболее значимому, на мой взгляд, результату диссертационной работы – то, что токсический эффект детергентов снижался, когда растения подвергали воздействию третьего неблагоприятного фактора – повышенной температуры.

Это та ситуация, когда эффекты неаддитивны: суммарное воздействие множественных факторов меньше, чем их эффекты по отдельности. В большинстве случаев отрицательная неаддитивность эффектов является результатом положительной неаддитивности процессов адаптации к неблагоприятным факторам – и это представляет особый интерес в плане теории стресса. В случае с катионными детергентами и гипертермией можно предположить, что повышение температуры среды ведёт к увеличению содержания насыщенных жирных кислот в составе липидов

клеточных мембран, и это, в свою очередь, повышает устойчивость мембран к действию детергентов.

Выявление случаев положительной адаптационной неаддитивности также важно и в практическом плане. В случае с роголистником это указывает на то, при каких условиях и каким образом эффективность данного фиторемедианта может быть повышена. А именно: если вам нужно очистить водоём, загрязнённый не только тяжёлыми металлами, но и детергентами, то постарайтесь проводить фиторемедиацию в жаркую погоду и попробуйте пре-адаптировать роголистник к гипертермии перед его использованием.

Необходимо подчеркнуть, что интересные данные, полученные Светланой Алексеевной, – это не какое-то «счастливое стечение обстоятельств», а итог большой и кропотливой экспериментальной работы. Было исследовано 8 экспериментальных групп по 6 экспериментальным точкам; при этом измерения проводились по 9 биохимико-аналитическим параметрам. Эксперименты были хорошо продуманы: выбор временных точек и аналитических параметров позволил автору оценить состояние растений на всех стадиях стрессово-адаптационного процесса, равно как и саму степень адаптации растений к стрессу и возможность их реабилитации. Мне было отродно видеть, что методы «старой, доброй» аналитической биохимии вполне успешно применяются и в наш век продвинутых молекулярно-биологических, генно-инженерных и биоинформационных подходов.

Говоря о формальных аспектах диссертационной работы, нужно отметить, что её результаты должным образом опубликованы и обсуждены на научных конференциях. Автореферат написан хорошим языком, без ошибок. Данные представлены корректно; их обсуждение соответствует полученным результатам, а результаты и выводы, в свою очередь, соответствуют поставленным в работе задачам. Пожалуй, единственное, чего мне не хватало в автореферате, – это своего рода сводной таблицы качественных эффектов. Работа охватывает большой объём экспериментальных данных, и, разумеется, в автореферате приведена лишь часть их. Поэтому сводная таблица, в которой биохимико-аналитические параметры были бы сгруппированы по их индикаторному смыслу, временные точки объединены по стадиям стрессово-адаптационного процесса, а эффекты представлены символически (например, в виде стрелок: ↑ – повышение, активация; ↓ – понижение, ингибирование; ↕ – колебание параметра), была бы очень кстати.

И, наконец, – буквально пара слов о недостатках работы.

Их нет.

Заключение. Подводя итог вышесказанному, можно заключить, что диссертационная работа Светланы Алексеевны Розиной соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальностям 03.02.08 – экология (биология) и 03.01.05 – физиология и биохимия растений.

Кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник лаборатории митохондриального транспорта
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт теоретической и экспериментальной биофизики
Российской академии наук (ИТЭБ РАН)

Агафонов Алексей Валентинович

142290 Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская 3, ИТЭБ РАН
Тел. +7 (926) 763-71-98; E-mail: Dyneren@gmail.com

