

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Розиной Светланы Алексеевны «Эколого-физиологические реакции высшего водного растения *Ceratophyllum demersum* на действие гипертермии и химических факторов», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальностям 03.02.08 – экология (биология) и 03.01.05 – физиология и биохимия растений.

Фотосинтез и дыхание водных растений – факторы, предопределяющие процессы биологического самоочищения и формирования качества водной среды. Они самым непосредственным образом связаны с продукционно-деструкционными процессами в водных экосистемах и являются потенциальной функцией жизнедеятельности растений, зависящей от загрязнения водной среды. При участии водных макрофитов загрязняющие вещества вовлекаются в круговорот с последующим выходом через пищевые цепи в виде седиментов, путем разложения и др. Частично эти загрязнения выходят из круговорота под влиянием физико-химических факторов, но при участии растений. В связи с изложенным выше, выбор в качестве объекта экологического и физиолого-биохимического исследования водного растения *Ceratophyllum demersum* является актуальным. Исследование влияния гипертермии на эколого-физиологические реакции водных растений также важно в связи с изучением адаптаций организмов в условиях глобального потепления.

В первой главе диссертации (с. 7-25) Розина С.А. излагает обоснование актуальности и выбора темы исследования. Проведя обширный (191 источник, в том числе 53 изданных за рубежом) и глубокий обзор и анализ литературы, автор приходит к выводу, что к настоящему времени отечественными учеными исследовалось влияние гипертермии в рамках оценки состояния водоемов-охладителей АЭС и ТЭЦ. При этом отмечается, что недостаточно изучены эффекты комбинированного влияния стрессовых факторов (гипертермии и химических факторов) на состояние водных растений. Исследование постстрессового периода и реабилитационных возможностей водных макрофитов ранее не проводилось, что подчеркивает новизну диссертационных исследований.

В разделе 1.1. диссертации соискатель отмечает, что для высших растений характерно более интенсивное накопление тяжелых металлов в корнях, для водных растений характерна сорбция металлов из растворов поверхностью листьев, корневое поглощение менее выражено в сравнении с наземными растениями. Листья погруженных гидрофитов обладают повышенной, по сравнению с плавающими, способностью накапливать

ионы тяжелых металлов и аккумулировать их в метаболически малоактивных межклетниках, клетках и органах, которых растение может впоследствии лишиться. Для большинства высших растений характерна активная адаптация к неблагоприятным факторам на всех уровнях организации (раздел 1.7, с. 21).

Диссертация Розиной Светланы Алексеевны представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Труд соискателя основан на сборе большого фактического материала, автором было проанализировано и обработано в физиолого-биохимической части исследований 8 экспериментальных групп растений (глава 2, с. 26-35). В ходе проведенных исследований была отработана методика различных вариантов продолжительности экспериментов, были выявлены временные интервалы протекания стресса у растений *C. demersum*. Поэтому проводились краткосрочные (1-24 часа, фазы первичной стрессовой реакции растений), периодом в 72 часа (фазы адаптации) и длительные (192 часа, фазы регенерации) эксперименты над *C. demersum*. Объекты для изучения брали из природных местообитаний (в водоемах верховья р. Сок) и наблюдали в модельных системах с растениями, культивируемыми в лаборатории. Аналитические измерения ферментативной активности и содержания фотосинтетических пигментов проводили трижды. Каждый эксперимент повторялся пять раз. Количественное определение пигментов анализировали на фотометре КФК-3 при разных длинах волн. Надежность полученных результатов достигнута благодаря использованию комплекса современных методов исследования (колориметрических и спектрофотометрических), а также статистическому анализу полученных данных в программе Excel методами параметрического анализа.

Анализ эколого-физиологических реакций высшего погруженного растения *C. demersum* на действие гипертермии и антропогенных факторов химической природы явилось целью диссертационных исследований и нашло отражение в результатах работы (глава 3, с. 36-83).

Экологическая пластичность растений определяется комплексом морфофизиологических адаптаций, в том числе перестройкой и изменением структуры хлоропластов, в результате меняется соотношение пула зеленых и желтых пигментов, поэтому наряду с другими показателями исследовалось содержание фотосинтетических пигментов в растительных тканях (с. 34). Согласно полученным данным, фаза адаптации у растений *C. demersum* характеризуется активизацией процессов энергообмена, на что указывает повышение содержания фотосинтетических пигментов на фоне содержания продуктов перекисного окисления липидов в результате работы антиоксидантной системой (с. 44). Увеличение их содержания после 72 часов инкубации в среде с ионами свинца обусловлено такими адаптационными реакциями растительного

организма, как стабилизация поврежденных мембран и энергетические субсидирование, связанное с усиленной работой хлоропластов и митохондрий.

Исследование влияния катионных СПАВ на эколого-физиологические характеристики *C. demersum* показало, что экспозиция продолжительностью в 12 часов катионных СПАВ приводит к листопаду и почти полной фрагментации растения. После пяти суток реабилитации растения не было подвержено восстановлению (с. 45). Угнетение активности основных ферментов антиоксидантной системы указывает на неспособность организма *C. demersum* противостоять негативным эффектам 1% раствора катионных СПАВ. Согласно исследованиям соискателя, фазу адаптаций к действию 1% раствора катионных СПАВ организм высшего растения не прошел. Наблюдалась десинхронизация метаболизма, разрушение тканей и органов растения, развития жизнеспособных почек в период реабилитации не происходило (с. 52).

Исследования показали, что в ответ на действие гипертермии у объекта изучения повышается активность аскорбинатоксидазы, запускающей ответную реакцию растения. Повышенная температура приводит к повреждению белковых структур и развитию окислительного стресса, о чем свидетельствует повышение содержания малонового диальдегида в первую фазу и снижение потенциальной фотосинтетической активности (с. 57). Комбинированное действие ионов свинца и 1% раствора катионных СПАВ вызвало хлороз и фрагментацию растений *C. demersum* на отдельные мутовки, способные к дальнейшему вегетативному размножению, при этом осадка катионных СПАВ не наблюдалось (с. 58).

Изучение комбинированного влияния ионов свинца и гипертермии показало, что оно вызывает нарушения в процессах метаболизма водного растения. Эффекты влияния тяжелых металлов при гипертермии более выраженные, чем при индивидуальном действии (с. 71). Влияние сочетания гипертермии и химического фактора на эколого-физиологические показатели тканей гидрофита выявило, что преобладают эффекты гипертермии. Экспериментально доказано, что негативное влияние катионных СПАВ снижается при возрастании температуры, вследствие этого для организма водного растения реабилитация оказалась принципиально возможной, однако пяти суток для полного восстановления биохимических показателей тканей опытных растений было недостаточно. В эксперименте с влиянием сочетания гипертермии и химических факторов наблюдались внешние повреждения растений: частичный листопад, небольшой хлороз – степень выраженности морфологических повреждений была меньше, чем в случае токсического

действия поллютантов по отдельности или в комбинации ионы свинца и раствор катионных СПАВ (с. 77).

Эксперимент показал, что наибольшим повреждающим эффектом на ткани *C. demersum* обладает 1% раствор катионных СПАВ, реабилитация от влияния фактора для данного растения оказалась невозможной. В экспериментах с сочетанием факторов преобладают эффекты влияния гипертермии: снижение содержания фотосинтетических пигментов после 12 часов инкубации в 5 раз, повышение полифенолоксидазной активности в 4 раза и содержания фенольных соединений в 1, 3 раза (с. 83).

В целом, описанные в третьей главе данные вносят вклад в имеющуюся информацию о механизмах влияния термальных и химических факторов на эколого-физиологические показатели растений. Теоретическая и практическая значимость, а также все основные положения, выносимые на защиту, детально рассмотрены в работе.

Материалы исследований отличаются своей новизной. Впервые проведен комплексный анализ эколого-физиологических параметров *C. demersum* в условиях воздействия комбинации гипертермии и химических факторов в постстрессовый период; выявлены стадии протекания стрессовых реакций у растения; исследованы специфические защитные реакции *C. demersum*, связанные с изменением активности работы антиоксидантной системы. В связи с чем, рассматриваемая диссертация является в этом отношении несомненным вкладом в науку.

По диссертации есть замечания и вопросы. Замечание по оформлению работы – на страницах 6, 7, 13, 17, 23, 24, 34, 35, 39, 5, 66, 67 допущены грамматические, пунктуационные, стилистические ошибки и опечатки.

В первой главе на странице 17 отмечено, что гидрофиты «по термотолерантности принадлежат к группе «мезофитов», способных выдерживать повышение температуры до 38-42⁰С» и сделаны ссылки на источники, в которых, вероятно, указывается именно эта группа. Очевидно, что здесь имеет место использование неудачного термина. Лучше называть эту термогруппу «мезотермы», к которой относится большинство водных растений, наряду с олиготермами и мегатермами, согласно классификации А.Л. Бельгарда (1950).

Есть замечание и вопросы методического характера по 2 главе. Замечание: на странице 26 указано, что у объекта изучения «листья круглые, мелкорассеченные...» и делается ссылка на автора (Konemann, 2006), а сам первоисточник в списке литературы не приводится. Здесь правильнее указать, что листья роголистника не просто круглые, а округлые в поперечнике и по форме игольчатые.

Вопросы: Известно, что *C. demersum* по отношению к фактору освещенности относится к группе теневыносливых растений – сциофитов, имеющих отношение хлорофилла «а» к хлорофиллу «b» менее 2,3 (по данным Т.К. Горышиной, 1979). Их экологический оптимум находится в области слабой освещенности, сильное освещение для таких растений губительно. Наиболее высокую способность к фотосинтезу они имеют в затененных условиях (до 50 lx). Насколько правомерным было использование постоянного периода освещения комбинацией люминесцентных ламп, равного 18 ч (с. 26)?

Известно, что физиологическая активность в разные фазы развития растений отличается. В какой период Вы брали растения из природных условий для эксперимента и в какую фазу развития растений проводились эксперименты? Наблюдали ли Вы в ходе эксперимента биохимические процессы, связанные с деструкцией растения?

Известно, что роголистник тёмно-зелёный произрастает как в стоячей воде (озёра, старицы), так и в проточной (реки, ручьи). Из каких гидродинамических условий Вы брали объект исследования? Как Вы думаете, изменились бы результаты эксперимента, если бы он проводился в условиях проточной воды?

В диссертационной работе автором в качестве тяжёлого металла был выбран свинец в составе ацетата свинца, однако исследование эффектов влияния аниона не проводилось. Почему?

Изучение физиологии и биохимии в вузах чаще всего происходит на примере высших наземных растений. В ходе выполнения Вашей диссертации получены оригинальные выводы по экологическим и физиолого-биохимическим закономерностям жизнедеятельности водного растения. Используются ли полученные результаты в учебном процессе вуза для более целостного восприятия жизни растений из разных экологических групп?

Есть одно замечание по выводам. В них можно было бы добавить градацию эффектов влияния исследуемых факторов и адаптационных возможностей роголистника тёмно-зелёного. Изложенные замечания не снижают достоинства проведенных исследований и не ставят под сомнение их результаты и выводы.

Завершая отзыв, следует еще раз подчеркнуть, что диссертация написана на актуальную тему, исследования признаны международным научным сообществом, о чем свидетельствуют места апробации результатов на шести Международных конференциях (Новосибирск, 2011,2012; Самара, 2012; Курск, 2012, 2013; Москва, 2013). Выводы соответствуют поставленной цели и задачам исследования. Автореферат вполне отражает структуру, содержание и выводы диссертации. Материалы работы изложены грамотным научным языком. Представлены

четкие рисунки, таблицы и гистограммы, иллюстрирующие результаты исследований (всего 42 рисунка и 12 таблиц).

Диссертация Розиной Светланы Алексеевны представляет практический интерес. Результаты исследований изложены в 22 статьях (4 из перечня ВАК), материалы работы могут найти применение в модернизации технологий фиторемедиации сточных вод с участием водных растений и при изучении дисциплин «Экология...», «Физиология...» и «Биохимия растений» в вузе.

Диссертационная работа Розиной С.А. соответствует требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», принятых Постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. и заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальностям 03.02.08 – экология (биология), 03.01.05 – физиология и биохимия растений.

Доктор биологических наук, доцент,
профессор кафедры биологии, экологии
и методики обучения Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения Самарский
государственный социально-педагогический университет
443090 г. Самара, ул. Антонова-Овсеенко, 26.
Тел. 8 927 652 71 81; E-mail: solversam@mail.ru



Соловьева В.В.

Подпись Соловьевой В.В. заверяю

Подпись В.В. Соловьева
удостоверяю

Нач. отд. кадров [Signature]