

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **КАЗНИНОЙ Натальи Мстиславовны «ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА РОАСЕАЕ К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ»**, представленную на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.01.05 - Физиология и биохимия растений

Диссертационная работа Н.М.Казниной посвящена актуальному, и, вместе с тем, еще недостаточно изученному вопросу принципов повреждающего действия тяжелых металлов на высшие растения - одного из главных в проблеме адаптогенеза растений в условиях промышленного загрязнения. Излишне доказывать, что в последнее время она становится все более актуальной в связи со стремительным развитием нашей технократической цивилизации и приближением глобального экологического кризиса.

Жизнедеятельность растений, как любой биологической системы, зависит от их способности адаптироваться к условиям окружающей среды. Растения реализуют свой адаптивный потенциал через перестройки структур различных уровней организации, что обеспечивает их устойчивое существование в конкретных экологических условиях. И если в отношении экстремальных факторов естественного происхождения у растений выработан комплекс специфических адаптивных реакций, то к действию антропогенных повреждающих факторов (промышленное загрязнение, изменение ландшафтов и т.д.) механизмы таких реакций в большинстве случаев не успевают сформироваться. Именно поэтому в антропогенных условиях приобретают особое значение и отчетливо проявляются эффекты неспецифических адаптации.

Несмотря на то, что изучение их механизмов имеет продолжительную - более, чем полувековую - историю, до сих пор не разработана универсальная теория, способная объединить известное разнообразие адаптивных эффектов хотя бы применительно к объектам растительного мира. Однако относительно недавно сложившийся в этой сфере теоретический вакуум стал заполняться благодаря появлению комплексных

исследований адаптивных перестроек структур различной иерархии - от молекулярного уровня до организменного. Поскольку диссертационная работа Н.М.Казниной является примером именно такого исследования, ее актуальность и своевременность не вызывают сомнений.

Работа состоит из Введения, Обзора литературы, 4 глав Экспериментальной части, Заключения, Выводов и Списка литературы, включающего 934 источника, в том числе 691 иностранных. Работа изложена на 358 страницах машинописного текста, содержит 43 рисунка и 55 таблиц.

Во Введении (страницы 6-13) автор обосновывает актуальность темы исследований, формулирует цель и задачи работы, показывает научную новизну и практическую значимость полученных результатов. Важная роль тяжелых металлов в техногенном загрязнении среды, с одной стороны, и представителей семейства *Poaceae* - в фитоценозах и в хозяйственном отношении - с другой, определили их выбор в качестве предмета и объектов данного исследования, соответственно

Глава 1 (страницы 14-98) представляет собой обзор литературы по тематике диссертационной работы. Его разделы по своему содержанию группируются в 4 блока: 1) распределение тяжелых металлов в окружающей среде, их поступление, транспорт и накопление в растениях; 2) влияние тяжелых металлов на основные физиологические функции растений; 3) механизмы клеточной устойчивости к тяжелым металлам, включая барьерную функцию плазмалеммы, их внутриклеточную детоксикацию, наконец, механизмы защиты клетки от индуцированных металлами переменной валентности окислительных повреждений путем элиминирования восстановленных форм кислорода и его синглетного состояния; 4) обзор имеющихся сведений об устойчивости к тяжелым металлам представителей семейства *Poaceae*. Таким образом, в обзоре автор достаточно полно раскрывает главные аспекты действия тяжелых металлов на растения, на большом объеме литературы доказывая основные позиции Введения.

В главе 2 (страницы 99-115) приводится подробная характеристика объектов, условий проведения работы и методов исследования. Следует отметить, что использование в первом случае не только диких, но и культурных представителей *Рoaсеae* существенно поднимает практическую ценность работы, а сочетание лабораторных экспериментов с полевыми наблюдениями позволяет автору избежать нередко встречающуюся в эколого-физиологических исследованиях однобокость позиции. Это относится и к методике, сочетающей современные подходы с классическими.

Следующие 4 главы диссертации Н.М.Казниной - экспериментальные, составляющие основное содержание ее работы. В главе 3 «Физиолого-биохимические механизмы устойчивости культурных злаков к тяжелым металлам» (страницы 116-178) представлены результаты исследования зависимостей от действия этого фактора 1) роста, развития и семенной продуктивности; 2) структуры фотосинтетического аппарата на различных уровнях организации - от анатомии листовой пластинки до пигментных систем, и его функции - от валовой ассимиляции углекислоты до квантового выхода ФС II; 3) особенностей водного обмена, как интегральной физиологической характеристики жизнедеятельности растения, а также 4) возраста исследуемых растений. Использование в данном случае различных физиолого-биохимических подходов отражает системную ориентацию всей работы - единственно верную для ее дальнейшего использования в качестве одного из блоков будущей теории стресса и адаптации растительных организмов. В связи с этим значительный интерес представляют полученные автором факты о разностороннем действии кадмия на структуры различных уровней организации фотосинтетического аппарата - сочетании нелинейной зависимости числа хлоропластов от концентрации поллютанта (починающейся типичной циклической форме возрастной изменчивости, описанной Н.П.Кренке) с общим падением содержания хлорофилла и постоянным уровнем квантового выхода фотосинтеза.

Вместе с данными о повышении металлоустойчивости растений ячменя с возрастом, которые позволили автору использовать разновозрастные растения в качестве модели для изучения взаимоотношений между различными адаптивными реакциями (следующая глава), полученные результаты дадут возможность обсуждать механизмы их взаимодействия с позиций возрастных модификаций, если исследования в этом направлении будут продолжены.

Таким образом, Глава 4 «Молекулярно-генетические механизмы устойчивости культурных злаков к кадмию» (страницы 179-196) логически продолжает предыдущую. Используя молекулярно-генетические методы, автор убедительно доказывает, во-первых, связь устойчивости ячменя к кадмию с синтезом хелаторов - непротеиновых тиолов и низкомолекулярных металлотионеинов; во-вторых, с транспортом кадмия в хелатированной либо ионной форме в вакуолярном пространстве. Кроме того, установленная автором связь между устойчивостью ячменя к действию кадмия и активностью ферментов, элиминирующих различные формы восстановленного кислорода, подтверждает существующие представления об окислительной природе первичных повреждений мембран растительной клетки тяжелыми металлами.

В Главе 5 «Физиолого-биохимические и молекулярные механизмы устойчивости дикорастущих злаков» (страницы 191-244) представлены результаты изучения 5 видов дикорастущих растений с использованием тех же подходов, что в Главах 3 и 4. С практической точки зрения, они представляют особый интерес, поскольку, в силу высокой устойчивости к действию тяжелых металлов, могут с успехом использоваться в качестве фиторемедиаторов загрязненных территорий. Представленные здесь материалы выявили различия исследованных видов многолетних злаков по устойчивости к кадмию, свинцу и цинку; при этом установлено их сходство с исследованными культурными растениями по основным физиолого-биохимическим характеристикам, включая активности ферментов, элиминирующих восстановленные формы кислорода.

В последней Главе 6 «Устойчивость дикорастущих злаков к техногенному загрязнению почв тяжелыми металлами в условиях таежной зоны» (страницы 245-265) представлены результаты изучения эффектов тяжелых металлов на представителей *Poaсеае* в природной среде. Несмотря на относительно небольшой (в сравнении с другими главами) объем, эта последняя глава имеет особое значение, связывая результаты лабораторных экспериментов с реальными условиями. Не секрет, что экстраполяция полученных в лаборатории данных на условия природной среды довольно часто бывает некорректной. Суммирование этих данных с изложенными в предыдущих главах дает автору основание сделать заключение о высокой устойчивости многолетних злаков семейства *Poaсеае* при техногенном загрязнении и о возможности их использования в технологиях фитореккультивации загрязненных тяжелыми металлами почв.

В Заключение (страницы 266-271) и Выводах (страницы 272-273) автор концентрирует внимание на полученных новых научных данных и очерчивает область их практического применения.

Список использованной в диссертационной работе литературы (страницы 274-358) оформлен согласно принятым стандартам и включает научные труды по всем областям, затронутыми тематикой исследований, вплоть до 2015 года.

По теме диссертации автором опубликовано 40 работ, включая 1 базу данных.

ЗАМЕЧАНИЯ.

1. Положительно оценивая использование в работе системного подхода, выразившегося в разделении адаптивных реакций представителей *Poaсеае* по различным уровням организации, стоит все же отметить, что автор достаточно вольно классифицирует «Механизмы устойчивости злаков к тяжелым металлам», подразделяя их на физиолого-биохимические и молекулярно-генетические, и относя первые к двум - органному (1) или тканевому/клеточному (2), а вторые - к молекулярно-генетическому (3)

уровням. Во-первых, не следовало бы смешивать ткани и клетки, иерархическая дистанция между которыми не меньше, чем между органами и тканями. Во-вторых, каротиноиды, как низкомолекулярные соединения, по своей организации находятся существенно ниже клеточного уровня, равно как и синтезирующие их ферменты - тогда уж их следовало бы отнести к молекулярно-генетическому уровню.

2. При обсуждении данных по системам защиты клетки от окислительных повреждений, наряду с ферментами, элиминирующими восстановленные формы кислорода, можно было бы вспомнить о каротиноидах, как тушителях синглетного кислорода, который имеет свойства свободного радикала, хоть таковым и не является.

3. Автор не обратила внимания на интересный факт увеличения числа хлоропластов при общем снижении содержания хлорофилла, который может свидетельствовать о возрастном характере взаимодействия двух - органоидного и мембранного - уровней, также достаточно далеко отстоящих друг от друга по сложности своей организации.

4. Нельзя вполне согласиться с утверждением автора, что «отсутствие ингибирующего действия металла на интенсивность ПОЛ у растений ячменя ... свидетельствует об отсутствии нарушений клеточных мембран в этих условиях» (стр. 25 автореферата). Ингибирующее действие металла в отношении ПОЛ наблюдается при очень значительных токсических нагрузках, приводящих к быстрой деградации мембран. Умеренные нагрузки, напротив, ПОЛ стимулируют.

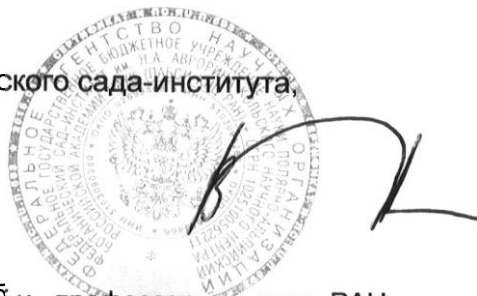
5. Необходимо, кроме того, отметить наличие нескольких стилистических ошибок и редакционных недочетов.

Указанные недостатки не снижают высокого научного значения диссертационной работы Н.М.Казниной, т.к. носят либо дискуссионный, либо редакционный характер. Работа отличается последовательностью изложения фактического материала, ее выводы

обоснованы и корректны. Содержание автореферата полностью отражает основные положения диссертации.

В целом диссертационная работа Н.М.Казниной является крупным научным исследованием, результаты которого вносят весомый вклад в развитие общей теории адаптации растений. По своей актуальности, научному значению и методическому уровню, работа «Физиолого-биохимические и молекулярно-генетические механизмы устойчивости растений семейства *Roaceae* к тяжелым металлам» полностью соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, согласно п.8 «Положение о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор -Казнина Наталья Мстиславовна - заслуживает присуждения ей искомой степени доктора биологических наук по специальности 03.01.05 - «Физиология и биохимия растений».

Директор
Полярно-альпийского ботанического сада-института,
член-корреспондент РАН



В.К.ЖИРОВ

Жиров Владимир Константинович, д.б.н., профессор, чл.-корр. РАН
Место работы: Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН
Должность: директор
Адреса: 184200 г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, 18а (офис);
184209 г. Апатиты Мурманской обл., ул. Зиновьева, 10, кв. 59 (дом.).
Телефоны: 8 (81555)63350 (раб.), (81555) 26453 (дом.); +7(921) 5178352 (моб.).
E-mail: v zhirov_1952@mail.ru

Согласно
Начальник
отдела
М. Мухоморова
по истребованным документам завершено.
Кривошапкина С.А.



31.05.2016