

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Суслова М.А. «Реакция эндоэпидембранной системы клеток и процесса межклеточного водообмена в растениях на давление», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.02-биофизика

Диссертационная работа Суслова М.А., посвящена оценке влияния давления на эндоэпидембранную систему растительных клеток и возможности участия давления в регуляции межклеточного переноса воды.

Оптимизация процессов массопереноса, в частности, транспорта воды, как правило, связана с решением как минимум двух задач: задачи о движущих силах и задачи о механизмах регуляции. На настоящий момент времени, несмотря на многолетнюю, можно сказать вековую историю решения проблемы транспорта воды, устойчивые представления о комплексе движущих сил и механизмах регуляции переноса воды в растениях в окончательной форме не сложились. Такое положение дел тормозит разработку и использование научно обоснованных рекомендаций к обеспечению оптимального водообеспечения растений в разных условиях. В преамбуле к целям работы автор подчеркивает, что межклеточный перенос воды задается и регулируется транспортными характеристиками мембранного комплекса, стоящего на пути движения воды, структурами, формирующими русло переноса и движущими силами, в качестве которых выступает давление в разных его проявлениях. Эти положения и единичные литературные данные о возможности участия давления в переносе информации по растению мотивировали постановку задач исследования влияния давления на эндоэпидембранную систему клеток и участия давления в регуляции водного переноса. Работа имеет признаки считаться пионерской, оригинальной по выбору фактора регуляции и методологии решения задач.

Во введении автор аргументировано показывает, что фактор давления является неперенным атрибутом метаболизма растений, но при этом данные о роли давления в водопереносе немногочисленны. Не вызывает сомнений мнение автора, что задачи о роли давления в биологических объектах имеют самостоятельное общебиологическое значение и могут быть полезными в медицинских приложениях.

В связи с вышеприведенными соображениями диссертационная работа Суслова М.А. является, безусловно, актуальной и своевременной.

Диссертация объемом в 134 стр построена по обычной схеме: введение, обзор литературы, описание объектов исследования, оригинальная часть, заключение, выводы, список литературы из 194 наименований, из них 57 отечественные, список из 20 авторских работ по теме диссертации. Во введении автор дает основную штатную информацию по диссертации, кратко и вразумительно подводит к пониманию необходимости постановки задач данной работы. В целом введение отвечает установленным требованиям к диссертациям.

Первая глава в 22% от полного объема диссертации посвящена обзору литературы применительно к задачам работы. Оригинальным является прием автора, когда в итогах литературного обзора, а не в заключительной части диссертации предлагается схема процессов установления автоколебаний тургорного давления и определяется звено в этой схеме которому и посвящено исследование. В целом обзор охватывает широкий круг явлений с участием давления, автор демонстрирует способности к анализу литературы, знание современного состояния вопроса.

Вторая глава традиционно посвящена выбору и процедуре приготовления объектов, использованным методам исследования. Результативное решение задач достигнуто использованием адекватных задачам и объектам взаимодополняющих информативных методов исследования - электронной микроскопии и метода спинового эха ЯМР с импульсным градиентом магнитного поля. Автор приводит основные параметры использованной в работе импульсной техники ЯМР и возможности, которые открываются при применении к образцам методики парамагнитного допинга. Объектами исследований, контрастно различающимися путями переноса воды и объемом газовой фазы, выбраны, соответственно, корни кукурузы и пшеницы и одноклеточные водоросли хлореллы и дуаниэллы. В этой же главе приводится разработанная автором оригинальная конструкция газовой системы давления для воздействия на образец непосредственно во время диффузионных-релаксационных измерений методом ЯМР и фиксации образца под давлением для электронной микроскопии. В конце главы должное внимание уделяется вопросам представительности образца и статистической обработке данных

Третья глава посвящена оригинальным исследованиям в рамках заявленных целей работы. Задаче о межклеточном переносе воды под давлением предшествует исследование влияния давления на эндомембранную систему клеток, как очевидную первую мишень на пути давления. Не вдаваясь в детали, суть задач приведенных в оригинальной главе, может быть выражена в следующих положениях : установлено значительное влияние давления на организацию эндомембранной системы клеток, и с эти фактом связывается торможение роста растений; установлен факт обратимого увеличения под статическим давлением межклеточного переноса воды по трансклеточному и симпластному путям для наземных растений , имеющих развитые воздухоносные межклетники; в контраст к наземным установлена резистентность к давлению водных одноклеточных растений; установлено что одним из действующих факторов воздействия давления является фактор кислородного допинга , возникающий из-за увеличения под давлением растворимости газов в воде. И наконец в заключении работы автором сделана благоразумная попытка применить полученные данные в схеме развития колебательного режима тургорного давления, механизм которого, судя по литературным данным, является предметом дискуссии. В работе приводятся первичные данные диффузионных и релаксационных спадов намагниченности , наглядно

демонстрирующие реальный шумовой коридор вариации экспериментальных точек. В свою очередь, массив количественных данных, определенных из первичных экспериментальных во всех случаях приведен с указанием диапазона вариации параметров, что демонстрирует внимание автора к статистической обработке данных.

Выбор объектов, контрастно различающихся путями переноса воды и объемом газовой фазы позволил установить специфичность отношения к давлению разных видов растений и позволил однозначно интерпретировать ряд экспериментальных данных. Полученные автором результаты являются оригинальными, не имеют аналогов. Отдельно следует подчеркнуть, не часто встречаемые в современных диссертациях усилия автора по разработке и изготовлению блоков оригинальной аппаратуры.

Работа заканчивается выводами в количестве шести положений, достаточно проработанных на предмет ясности смысла при краткости изложения результатов.

Заканчивая с дифирамбами в пользу работы, для ее взвешивания необходимо оценить уровень и характер недостатков:

1. схема математического описания механизма развития автоволнового режима тургорного давления представляется достаточно здоровой, но не законченной, сделана, по-видимому, на перспективу «на вырост», поскольку не доведена до реальных численных оценок;

2. при анализе возможных причин увеличения проницаемости под давлением автор ссылается на механизм ПОЛ и на реакцию аквапоринов, но обходит вниманием, лежащее на поверхности объяснение - рост проницаемости за счет деградации тонопласта, сопротивление которого последовательно включено с сопротивлением плазмалеммы;

3. роль температурного фактора, вернее отсутствие его заметной роли, как возможной причины релаксации диффузионных спадов намагниченности при поддержании фиксированного значения давления довольно убедительно проанализирована, но альтернативное объяснение релаксации адаптивной реакцией клеток представляется, хотя в целом вероятным, но мало аргументированным;

4. при выборе между трансклеточным и симпластным переносом воды следовало бы указать доленое соотношение их вклада в суммарный перенос;

5. первый параграф в обзоре по своему содержанию представляется избыточным.

В целом к работе нет замечаний принципиального характера, которые бы повлияли на общую положительную оценку работы, достоверности результатов.

На своем уровне диссертация Сулова М.А. представляется законченной, сбалансированной по литературным и оригинальным данным. Автор прошел полный путь научного исследования от постановки задачи, разработки оригинальной аппаратуры, вплоть до интерпретации и увязке данных в схеме метаболизма растения. Аргументированный выбор объектов исследования, комплексный подход с использованием оптимального сочетания методов

ЭМ и ЯМР составили необходимый набор условий для получения данных и выводов, интересных в фундаментальном, методическом и прикладном отношениях. Достоверность результатов обеспечивается использованием адекватной задачам экспериментальной техники, статобработкой экспериментальных результатов, перекрестным анализом собственных данных и данных литературы. Диссертация написана простым языком, параграфы выстроены в логической последовательности, воспринимаются без особых усилий, при чтении не создается впечатления сверхнормативной нагрузки. Результаты с достаточной полнотой опубликованы в центральной печати и представлены научной общественности на конференциях, заявленная специальность соответствует содержанию работы, направление исследований автора имеет перспективы дальнейшего развития, автореферат, полностью отражает содержание диссертации.

Считаю, что по объему и значимости полученных результатов диссертационная работа Сулова Максима Алексеевича «Реакция эндомембранной системы клеток и процесса межклеточного водообмена в растениях на давление» соответствует квалификационным требованиям, «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (пункт 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), и паспорту специальности 03.01.02 – биофизика, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.02 – биофизика.

Официальный оппонент: зав. лаб. ЯМР  
Института проблем химической физики РАН,  
(ИПХФ РАН) 142432, Московская обл.,  
г. Черноголовка, ул. Ак. Н.Н.Семенова  
Тел: 8(49652)28037  
E-mail: vitwolf@mail.ru  
д.ф.-м.н., профессор

В.И.Волков

Подпись Волкова В.И. удостоверяю  
Ученый секретарь ИПХФ РАН

д.х.н.  
E-mail: psi@icp.ac.ru  
Тел.: (49652)2-19-32



Б.Л. Психа