

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Цыгановой Анны Викторовны на тему: «Симбиотический интерфейс в развитии клубеньков Бобовых», представленную на соискание ученой степени доктора биологических наук по научной специальности 1.5.21. Физиология и биохимия растений

Изучение симбиотических надорганизменных систем представляет собой важнейшее и актуальнейшее направление современной биологии. Особое внимание посвящено развитию растительно-микробных взаимодействий, и, в частности, растительно-ризобиальному. Под воздействием симбиотических бактерий формируется клубенек – фактически новый орган корневой системы растения, обеспечивающий возможность азотфиксации. Начиная с трудов С.Н.Виноградского, накапливаются данные об общебиологическом значении исследований взаимодействия растения и симбиотических бактерий, однако спектр возникающих вопросов о механизмах, лежащих в основе этого сложнейшего процесса, постоянно расширяется. Именно решению ряда таких вопросов и посвящено диссертационное исследование Анны Викторовны Цыгановой.

Мне бы хотелось остановиться на очень интересном его аспекте: как меняются взаимоотношения между бактерией и растением-хозяином в ходе развития. Не вызывает сомнения, что любая биологическая система постоянно изменяется при действии внешних и внутренних факторов. Для растительных организмов важнейшее значение приобретают процессы, происходящие в клеточной стенке – внешнем компартменте, который первым «сталкивается» с любыми изменениями, происходящими вокруг, независимо от уровня организации организма. Клеточные стенки растений имеют многокомпонентный профиль, который динамично меняется в зависимости стадии развития. Прямое взаимодействие между растительной и бактериальной клеточными поверхностями играет важнейшую роль в формировании эффективного симбиоза. В диссертационной работе А.В. Цыгановой представлены приоритетные данные об изменении структурно-функционального состояния клеточной стенки растения-хозяина, а также данные об изменении общей структуры, возникающей между бактерией и растением. Особо следует отметить разработанную А.В. Цыгановой модель роста и развития бобово-ризобиального симбиотического интерфейса в инфекционных нитях Бобовых. В связи с этим высокая актуальность и новизна представленной диссертации не вызывает сомнений.

### **Степень обоснованности научных положений и выводов**

Приведенные в рассматриваемой диссертации выводы обоснованы, логично следуют из полученных результатов, которые опубликованы в ведущих российских и высокорейтинговых международных изданиях, что подтверждает их достоверность (представлен список из 25 работ, опубликованных по теме диссертации). Материал изложен последовательно, прекрасно проиллюстрирован. Таким образом, представленные данные получены с использованием современных, адекватных поставленным целям и задачам, методов. Результаты были представлены на многочисленных международных и российских конференциях. В целом, научные положения и выводы в диссертационной работе Цыгановой А.В. можно считать корректными и доказанными.

### **Оценка научной новизны исследования**

Автором были разработаны три концепции, которые можно считать принципиально новыми: (1) симбиотический интерфейс у бобовых растений обладает как

общими, так видовыми особенностями, в частности, зависящими от типа формируемого клубенька, (2) симбиотический интерфейс обладает онтогенетической изменчивостью, что было показано на примере клубеньков гороха и (3) именно в симбиотическом интерфейсе клубеньков происходит большинство реакций иммунитета, что может вызывать прерывание бактериальной инфекции или неэффективную азотфиксацию. Все три концепции раскрыты в соответствующих публикациях с детальным анализом предшествующих работ, которые послужили основанием к разработке выносимых на защиту положений. Таким образом, новизна исследования не вызывает сомнений.

#### **Значимость для науки и практики полученных автором результатов**

Значимость результатов исследования представляется очевидной. В диссертационной работе рассматривается разнообразие компонентного состава апопласта клеточной стенки и межклеточного вещества, что приносит новые знания об участии межклеточного компартмента в развитие растительных клеток в связи с их взаимодействием с мутуалистическими микроорганизмами. Также были получены интересные данные об определенной видоспецифичности локализации и распределения компонентов не только клеточной стенки, но и симбиотической мембраны. Особенно интересны результаты по локализации арабиногалактановых белков с гликозилфосфатидилинозитолом, которые, как предполагается, входят в состав мембранных микродоменов и играют роль своеобразных рецепторов. Не менее важным результатом диссертационной работы было описание разнообразных защитных реакций, что поднимает множество вопросов для дальнейшего изучения при проведении исследований, направленных на перенос процесса азотфиксации к видам растений, не относящимся к сем. Бобовые. Считаю, что такое комплексное и всестороннее исследование симбиотического интерфейса не имеет аналогов в данной области биологии симбиоза.

#### **Оценка содержания диссертации, ее завершенности**

Представленная диссертация содержит введение, четыре главы, заключение, выводы, приложение А. Список научных работ соискателя насчитывает 25 работ и список литературных источников включает 198 наименований. Работа содержит 10 таблиц, 4 рисунка в тексте и 29 рисунков в Приложении А. Общий объем диссертации составляет 135 страниц в русском варианте и 122 в английском. Выводы обоснованы и корректны, соответствуют поставленным задачам. Работа является завершенным научным исследованием и, в целом, производит самое благоприятное впечатление.

Таким образом, можно сделать заключение, что в работе Цыгановой А.В. впервые предложено концептуальное решение научной проблемы, связанной с функционированием симбиотического интерфейса в азотфиксирующих клубеньках бобовых растений. Полученные данные могут быть использованы при исследовании общебиологических механизмов роста и развития растительных клеток и для повышения эффективности симбиотической азотфиксации.

#### **Вопросы**

1. В диссертационной работе показано, что ряд компонентов интерфейса характеризуются определенной видоспецифичностью. Возникает вопрос, все ли компоненты интерфейса одинаково изменчивы, или среди них имеются более консервативные в эволюционном плане, если да, то какие?

2. Известно, что наряду с клубеньками, образованными ризобиями на корнях бобовых растений, могут формироваться актиноризные клубеньки. Можно ли на

основании литературных данных оценить различия по составу интерфейса этих клубеньков?

3. Диссертант показал, что перекись водорода выполняет различные функции при развитии симбиотических клубеньков. А известно что-нибудь о других активных формах кислорода в функционировании симбиотических клубеньков бобовых растений?

С учетом всего вышесказанного полагаю:

Содержание диссертации Цыгановой Анны Викторовны на тему: «Симбиотический интерфейс в развитии клубеньков Бобовых» соответствует специальности 1.5.21. Физиология и биохимия растений;

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение.

Нарушений пунктов 9, 11 Порядка присуждения Санкт-Петербургским государственным университетом ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук соискателем ученой степени мною не установлено.

Диссертация соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени доктора наук, установленным приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете» и рекомендована к защите в СПбГУ.

Таким образом, диссертация Цыгановой Анны Викторовны на тему: «Симбиотический интерфейс в развитии клубеньков Бобовых» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Цыганова Анна Викторовна заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по научной специальности 1.5.21. Физиология и биохимия растений. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Член диссертационного совета

Профессор кафедры физиологии и биохимии растений  
биологического факультета Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего  
образования Санкт-Петербургского государственного  
университета,

доктор биологических наук, специальность 03.00.12 —  
Физиология и биохимия растений.

Шишова Мария Федоровна  
19.11.2024 г.