

Сведения о результатах публичной защиты

Цыганова Анна Викторовна

Диссертация «Симбиотический интерфейс в развитии клубеньков *Pisum sativum* L. и *Medicago truncatula* Gaertn.»

Председатель д.б.н. Ярмишко Василий Трофимович

Присутствовали: д.б.н. Лянгузова Ирина Владимировна (ученый секретарь);

д.б.н. Андреев М. П., Горшков В. В. (удал.), д.б.н. Казнина Н. М. (удал.), д.б.н. Крышень А. М. (удал.), д.б.н. Медведев С. С., д.б.н. Родионов А. В. (удал.), д.б.н. Сафронова И. Н., д.б.н. Тарасова В. Н. (удал.), д.б.н. Холод С. С., д.б.н. Цыганов В. Е., д.б.н. Шишова М. Ф., д.б.н. Шнеер В.С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.002.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ БОТАНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
ИМ. В.Л. КОМАРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело N _____

решение диссертационного совета от 20 октября 2022 г. № 159

О присуждении Цыгановой Анне Викторовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора биологических наук.

Диссертация «Симбиотический интерфейс в развитии клубеньков *Pisum sativum* L. и *Medicago truncatula* Gaertn.» по специальности 1.5.21. Физиология и биохимия растений принята к защите 22 июня 2022 г. (протокол заседания №154) диссертационным советом 24.1.002.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук, 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 2, приказ Рособнадзора № 737-465 от 04.04.2008 с внесенными изменениями, утвержденными приказами: приказ Рособнадзора № 426-214 от 15.03.2010, приказы Минобрнауки России № 194/нк от 22.04.2013, № 153/нк от 15.02.2016, № 403/нк от 10.05.2017; № 409/нк от 12.04.2018, № 175/нк от 02.10.18, № 335/нк от 18.04.2019, № 661/нк от 30.10.2020, № 561/нк от 03.06.2021, № 458/нк от 07.06.2021, № 573/нк от 09.06.2021.

Соискатель Цыганова Анна Викторовна, 11 июня 1971 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук «Тканевая и клеточная дифференцировка печени крыс при хроническом воздействии солей тяжелых металлов» защитила в 1999 году в диссертационном совете, созданном на базе Казахского национального университета им. Аль-Фараби.

Работает ведущим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» Российской академии сельскохозяйственных наук.

Диссертация выполнена в Лаборатории молекулярной и клеточной биологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» Российской академии сельскохозяйственных наук.

Научный консультант – доктор биологических наук Цыганов Виктор Евгеньевич, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии», заведующий лабораторией молекулярной и клеточной биологии.

Официальные оппоненты:

Лутова Людмила Алексеевна – доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», профессор кафедры генетики;

Топунов Алексей Федорович – доктор биологических наук, Федеральное государственное учреждение Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, институт биохимии им. А.Н. Баха Российской академии наук, заведующий лабораторией биохимии азотфиксации и метаболизма азота;

Горшкова Татьяна Анатольевна – доктор биологических наук, профессор, Казанский институт биохимии и биофизики – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», заведующая отделом физиологии и молекулярной биологии растений дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук в своем положительном отзыве, подписанном Федоровой Еленой Эриковной, кандидатом биологических наук, ведущим научным сотрудником, заведующей Группой растительно-микробных взаимодействий, указала, что диссертация «Симбиотический интерфейс в развитии клубеньков *Pisum sativum* L. и *Medicago truncatula* Gaertn.» посвящена актуальной проблеме физиологии и биохимии растений – оптимизации азотфиксирующего симбиоза. Проведенные исследования являются актуальными и соответствуют уровню европейских и мировых работ в этой области науки. Полученные результаты могут быть использованы не только в биологических, сельскохозяйственных, биотехнологических научных институтах, а также в ВУЗах при чтении курсов по физиологии и биохимии растений, биотехнологии, но и как справочный материал для цитологов в данной области исследований. По теоретическому уровню, объему проведенных исследований, научной новизне и практической значимости диссертационная работа полностью соответствует требованиям ВАК РФ,

предъявляемым к диссертациям в соответствии с пунктом 8 «Положения о порядке присуждения ученой степени». Автор работы, Цыганова Анна Викторовна, заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.21. Физиология и биохимия растений.

Соискатель имеет 63 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 31 работа, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 27 работ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ivanova K.A., Chernova E.N., Kulaeva O.A., **Tsyganova A.V.**, Kusakin P.G., Russkikh I.V., Tikhonovich I.A., Tsyganov V.E. The regulation of pea (*Pisum sativum* L.) symbiotic nodule infection and defense responses by glutathione, homoglutathione, and their ratio // *Frontiers in Plant Science*. 2022. 13: 843565.
2. **Tsyganova A.V.**, Brewin N.J., Tsyganov V.E. Structure and development of the legume-rhizobial symbiotic interface in infection threads (review) // *Cells*. 2021. 10: 1050.
3. Tsyganov V.E., **Tsyganova A.V.** Symbiotic regulatory genes controlling nodule development in *Pisum sativum* L (review) // *Plants*. 2020. 9 (12): 1741.
4. Dolgikh E.A., Kusakin P.G., Kitaeva A.B., **Tsyganova A.V.**, Kirienko A.N., Leppyanen I.V., Dolgikh A.V., Ilina E.L., Demchenko K.N., Tikhonovich I.A., Tsyganov V.E. Mutational analysis indicates that abnormalities in rhizobial infection and subsequent plant cell and bacteroid differentiation in pea (*Pisum sativum*) nodules coincide with abnormal cytokinin responses and localization // *Annals of Botany*. 2020. 125 (6): 905-923.
5. **Tsyganova A.V.**, Seliverstova E.V., Brewin N.J., Tsyganov V.E.

Comparative analysis of remodelling of the plant–microbe interface in *Pisum sativum* and *Medicago truncatula* symbiotic nodules // *Protoplasma*. 2019. 256 (4): 983-996.

6. **Tsyganova A.V.**, Seliverstova E.V., Brewin N.J., Tsyganov V.E. Bacterial release is accompanied by ectopic accumulation of cell wall material around the vacuole in nodules of *Pisum sativum* *sym33-3* allele encoding transcription factor PsCYCLOPS/PsIPD3 // *Protoplasma*. 2019. 256 (5): 1449-1453.

7. Serova T.A., **Tsyganova A.V.**, Tikhonovich I.A., Tsyganov V.E. Gibberellins inhibit nodule senescence and stimulate nodule meristem bifurcation in pea (*Pisum sativum* L.) // *Frontiers in Plant Science*. 2019. 10: 285.

8. **Tsyganova, A.V.**, Tsyganov, V.E. Plant cell wall in symbiotic interactions. Pectins (review) // *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*. 2019. 54 (3): 446-457.

9. **Tsyganova A.V.**, Brewin N.J., Tsyganov V.E. Analysis of epitope distribution of arabinogalactan protein-extensins in pea (*Pisum sativum*) nodules of wild-type and mutants impaired in infection thread growth // *Ecological Genetics*. 2019. 17 (3): 5-12.

10. **Tsyganova, A.V.**, Ivanova, K.A., Tsyganov, V.E. Histological and ultrastructural nodule organization of the pea (*Pisum sativum*) mutant SGEFix⁻⁵ in the *Sym33* gene encoding the transcription factor PsCYCLOPS/PsIPD3 // *Ecological Genetics*. 2019. 17(1): 65–70.

11. Serova T.A., **Tsyganova A.V.**, Tsyganov V.E. Early nodule senescence is activated in symbiotic mutants of pea (*Pisum sativum* L.) forming ineffective nodules blocked at different nodule developmental stages // *Protoplasma*. 2018. 255 (5): 1443-1459.

12. **Tsyganova A.V.**, Kitaeva A.B., Tsyganov V.E. Cell differentiation in nitrogen–fixing nodules hosting symbiosomes (review) // *Functional Plant Biology*. 2018. 45: 47–57.

13. Ivanova K.A., **Tsyganova A.V.**, Brewin N.J., Tikhonovich I.A., Tsyganov V.E. Induction of host defences by *Rhizobium* during ineffective

nodulation of pea (*Pisum sativum* L.) carrying symbiotically defective mutations *sym40* (*PsEFD*), *sym33* (*PsIPD3/PsCYCLOPS*) and *sym42* // *Protoplasma*. 2015. 252: 1505–1517.

14. Provorov N.A., **Tsyganova A.V.**, Brewin N.J., Tsyganov V.E., Vorobyov N.I. Evolution of symbiotic bacteria within the extra- and intracellular plant compartments: experimental evidence and mathematical simulation (Mini-review) // *Symbiosis*. 2012. 58: 39–50.

15. **Цыганова А.В.**, Цыганов В.Е. Роль поверхностных компонентов ризобий в симбиотических взаимодействиях с бобовыми растениями (обзор) // *Успехи современной биологии*. 2012. 132(2): 211–222.

16. **Tsyganova A.V.**, Tsyganov V.E., Findlay K.C., Borisov A.Y., Tikhonovich I.A., Brewin N.J. Distribution of legume arabinogalactanprotein-extensin (AGPE) glycoproteins in symbiotically defective pea mutants with abnormal infection threads // *Tsitologiya*. 2009. 51(1): 53–62.

17. **Цыганова А.В.**, Цыганов В.Е., Борисов А.Ю., Тихонович И.А., Бревин Н. Дж. Сравнительный цитохимический анализ распределения перекиси водорода у неэффективного мутанта гороха *SGEFix⁻¹* (*sym40*) и исходной линии *SGE* // *Экологическая генетика*. 2009. 7 (3): 3–9.

На диссертацию и автореферат поступило 11 отзывов от:

1. **Андропова Евгения Евгеньевича** – доктора биологических наук, зав. лаб. микробиологического мониторинга и биоремедиации почв ФГБНУ Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии.
2. **Веселова Дмитрия Станиславовича** – доктора биологических наук, главного научного сотр. лаб. физиологии растений, и.о. директора Уфимского Института биологии – обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимского ФИЦ РАН.
3. **Воденеева Владимира Анатольевича** – доктора биологических наук, зав. каф. биофизики ФГАОУ ВО Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

4. **Гармаш Елены Владимировны** – доктора биологических наук, ведущего научного сотрудника лаб. экологической физиологии растений Института биологии – обособленного подразделения ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.
5. **Дейнеко Елены Викторовны** – доктора биологических наук, профессора, главного научного сотрудника, зав. лаб. биоинженерии растений Федерального исследовательского центра Института цитологии и генетики СО РАН.
6. **Демидчика Вадима Викторовича** – доктора биологических наук, профессора, член-корреспондента НАН Беларуси, декана биологического факультета Белорусского государственного университета.
7. **Смоликовой Галины Николаевны** – кандидата биологических наук, доцента кафедры физиологии и биохимии растений Санкт-Петербургского государственного университета.
8. **Ткаченко Оксаны Викторовны** – кандидата сельскохозяйственных наук, доцента кафедры растениеводства, селекции и генетики Агрономического факультета ФГБОУ ВО Вавиловского университета (Саратов).
9. **Шалахметовой Тамары Минажевны** – доктора биологических наук, профессора каф. биоразнообразия и биоресурсов факультета биологии и биотехнологии НАО Казахский национальный университет им. Аль-Фараби.
10. **Щёголева Сергея Юрьевича** – доктора химических наук, зав. лаб. иммунохимии Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН (ИБФРМ РАН) – обособленного структурного подразделения ФГБУН ФИЦ Саратовского научного центра РАН.
11. **Яруллиной Любови Георгиевны** – доктора биологических наук, профессора, ведущего научного сотрудника Института биохимии и генетики – обособленного структурного подразделения ФГБУН УФИЦ РАН (Уфа).

Все отзывы положительные. В отзывах отмечено, что диссертационная работа является полным, системным и актуальным исследованием, отличается информативной емкостью, четкостью и логичностью изложения. Цели и задачи исследования выполнены полностью. Работа имеет большое теоретическое и практическое значение, выполнена на очень высоком методическом уровне.

В ряде отзывов имеются замечания, вопросы и комментарии.

Веселов Дмитрий Станиславович приводит небольшое уточнение, касающееся интерпретации результатов иммулолокализации цитокининов. В работе был использован метод фиксации с помощью глутаральдегида, который фиксирует не рибозид зеатина, а его свободное основание, и антитела против рибозида зеатина, которые также могут реагировать со свободным зеатином. Считает, что интерпретировать эти данные следует с осторожностью.

Воденев Владимир Анатольевич спрашивает, как можно объяснить, что перекись водорода начинает откладываться отдельными островками, если перекись водорода является молекулой с высоким коэффициентом диффузией, и какие факторы resultируют локализацию H_2O_2 в ограниченном объеме?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **Лутова Людмила Алексеевна** является крупным специалистом в области генетики и физиологии растений и имеет многочисленные публикации в области изучения закономерностей развития растений, фитогормональной регуляции и растительно-микробных взаимодействий; **Топунов Алексей Федорович** является крупным специалистом в области физиологии и биохимии растений и имеет многочисленные публикации по физиологии и биохимии бобово-ризобиального симбиоза; **Горшкова Татьяна Анатольевна** является

ведущим специалистом-физиологом растений в области биологии растительных клеточных стенок, имеющего публикации в области изучения роста и развития растений, а также растительно-микробных взаимодействий. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук** является ведущим учреждением в Российской Федерации, занимающимся фундаментальными научными исследованиями и прикладными разработками в области физиологии и биохимии растений; широко известно своими достижениями в изучении межклеточных взаимодействий, процессов клеточной дифференцировки и онтогенеза растений, адаптации растений и фиксации азота, что позволяет ведущей организации определить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработана новая модель процесса интернализации ризобий, базирующаяся на модификации симбиотического интерфейса и подавлении защитных реакций хозяина; предложен оригинальный системный подход к анализу видоспецифичной и онтогенетической модификации симбиотического интерфейса и выявлена ее связь с подавлением защитных реакций растения-хозяина при установлении бобово-ризобиального симбиоза; доказано участие разнообразных пектинов, в том числе гомогалактуронанов с различной степенью метилэтерификации и рамногалактуронана I, гемицеллюлоз (фукозилированного ксилоглюкана), экстенсинов, арабиногалактановых белков и активных форм кислорода (перекиси водорода) в составе симбиотического интерфейса у модельного бобового люцерны слабоусеченной (*Medicago truncatula* Gaertn.) и значимого для сельского хозяйства гороха (*Pisum sativum* L.). Показано, что гликопротеины с арабинановыми цепями в составе могут служить маркерами дифференцировки симбиосом, а также было показано участие в формировании и функционировании симбиосом антиоксидантов (глутатиона) и основных фитогормонов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: доказаны положения, вносящие вклад в существующие представления о фундаментальных закономерностях биологической азотфиксации и устойчивости растений к патогенам, имеющие важное прикладное значение для повышения их эффективности; применительно к проблематике диссертации результативно использовано большое количество современных методов микроскопии, цито- и иммунохимических методов, оптимально подобранных для решения поставленных задач, а также методов статистической обработки результатов, позволивших получить новые сведения о компонентном составе симбиотического интерфейса и его модификации; изложены положения, восполняющие существующий пробел в понимании молекулярных механизмов формирования и функционирования симбиотических клубеньков бобовых растений; раскрыты механизмы регуляции органогенеза клубенька и его инфекции в результате изменения компонентного состава клеточных стенок, апопластной среды и органеллоподобных симбиосом; изучены закономерности формирования и функционирования эффективных и неэффективных симбиотических клубеньков гороха и их связь с проявлением растениями защитных реакций.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: определены перспективы практического использования результатов диссертационного исследования в сельском хозяйстве; создана основа при разработке практических рекомендаций для совершенствования агротехнологических и селекционных программ на основе растительно-микробных взаимодействий; представлены необходимые предпосылки для создания эффективной системы азотфиксации у небобовых растений; полученная в ходе выполнения данной диссертационной работы информация обогащает современное знание о молекулярных и клеточных механизмах формирования и функционирования симбиотических клубеньков бобовых растений.

Полученные результаты могут быть использованы в биологических,

сельскохозяйственных, биотехнологических научных институтах, а также в ВУЗах при чтении курсов по физиологии и биохимии растений, биотехнологии.

Оценка достоверности результатов исследования выявила комплексность подходов и современный методический уровень исследований. Результаты получены с использованием надежных генетических моделей, современного высокоточного оборудования, должной статистической обработкой полученных результатов и предполагает возможность воспроизведения экспериментов при постановке в аналогичных условиях.

Теория основана на проверяемых данных и согласуются с опубликованными данными по теме диссертации. Положения, выносимые на защиту, выводы и практические рекомендации хорошо аргументированы, полностью отвечают поставленной цели и задачам.

Идея базируется на обобщении передового опыта в области изучения бобово-ризобияльного симбиоза и на использовании адекватных генетических моделей – симбиотических мутантов гороха и люцерны, блокированных на разных стадиях развития симбиотического клубенька, выявлении новых фенотипических проявлений мутаций в симбиотических генах гороха и люцерны, и применении передовых методов лазерной сканирующей конфокальной, флуоресцентной и электронной микроскопии.

Проанализировано большое число литературных источников, российских и зарубежных. Проведено сравнение авторских данных и данных, опубликованных в работах других авторов. Установлено качественное совпадение авторских результатов с данными, полученными ранее для других бобовых растений.

Личный вклад соискателя состоит в планировании исследований, в постановке цели и задач, анализе и обобщении имеющихся литературных данных, определении методов исследования, непосредственном участии в сборе и обработке данных в ходе экспериментов, в статистической обработке, анализе, обобщении и интерпретации полученных данных, формулировке и

интерпретации выводов, а также в написании статей, опубликованных по теме диссертационной работы, и представлении результатов на научных конференциях. Диссертация написана соискателем самостоятельно.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: модель роста и развития инфекционной нити, разработанная соискателем должна быть первым выводом.

Соискатель Цыганова А.В. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

Вопрос д.б.н. Медведева С.С. Как Вы понимаете понятие «интерфейс»?

Ответ. Симбиотический интерфейс – это среда между границей (плазматической мембраной) одного организма и границей (плазматической мембраной) другого организма, через которую они взаимодействуют.

Вопрос д.б.н. Медведева С.С. Какова роль пероксида водорода в регуляции роста инфекционной нити?

Ответ. В клубеньках гороха дикого типа пероксид водорода был ассоциирован прежде всего со стенками инфекционных нитей и клеточными стенками. Он непосредственно вовлечен в регуляцию роста за счет формирования поперечных связей между молекулами различных полисахаридов и белков клеточных стенок с различными эффектами на эластичность клеточной стенки. Так, в клетках меристемы и в клетках из зоны инфекции, которые активно растут, капли пергидроксида церия были немногочисленны, а клеточные стенки инфицированных клеток из зоны азотфиксации, которые уже прекратили рост, были пропитаны многочисленными кристаллами пергидроксида церия, что говорит о повышении жесткости клеточных стенок.

Вопрос д.б.н. Шишовой М.Ф. Можно ли построить кросс-модель взаимодействия перекиси водорода и глутатиона в процессе развития? И можно ли построить такую модель для симбиотических мутантов?

Ответ. Да, такие модели можно построить. Так, например, увеличение содержания глутатиона связано с активной азотфиксацией в зрелых

бактероидах, в то же время в стареющих бактериоидях уровень глутатиона снижается, и вокруг них в дегенерирующих клетках начинает накапливаться пероксид водорода. У неэффективного по симбиотическим признакам мутанта гороха *sym33-3*, у которого нет выхода бактерий в цитоплазму растительных клеток, пероксид водорода накапливается в виде немногочисленных крупных капель пергидроксида церия на клеточной поверхности, а в цитоплазме повышен уровень глутатиона. Поэтому можно построить модель по принципу: повышение содержания глутатиона – уменьшение количества перекиси и наоборот.

Вопрос д.б.н. Казниной Н.М. Можно ли сказать, что глутатион при эффективном симбиозе не будет участвовать в защитных реакциях, а выполняет функцию в азотфиксации? И что здесь выполняет защитные функции, другие какие-то соединения?

Ответ. Нами было показано увеличение количества глутатиона в зрелых азотфиксирующих симбиосомах (бактероидах). Для функционирования нитрогеназы необходимы микроаэрофильные условия, однако при нормальной жизнедеятельности клетки постоянно образуются активные формы кислорода. Поэтому я связываю увеличение количества глутатиона в симбиосомах и бактериоидях прежде всего с антиоксидантной (защитной) функцией данного тиола.

Вопрос д.б.н. Казниной Н.М. Получено очень много новых данных. А как их можно использовать на практике?

Ответ. Уже довольно длительное время усилия многих ученых направлены на создание эффективной азотфиксации на небобовых растениях. Их усилия направлены в основном на рецепторы, которые запускают сигнальный каскад симбиоза. Мною было показано, что симбиотический интерфейс также играет огромную роль в установлении эффективного симбиоза, и в не последнюю очередь, в подавлении иммунного ответа. Возможно, в будущем это будет одной из точек приложения генной инженерии.

Вопрос д.б.н. Шнеер В.С. На одном из Ваших последних слайдов было приведено сравнение Ваших объектов. Там были отражены те моменты, которые Вы изучали сами. Вообще, как Ваше впечатление, чего больше – общего или разного? Каждое бобовое имеет свои особенности взаимодействия?

Ответ. По моим данным и данным, полученным в последнее время на различных бобовых растениях, было показано, что среди бобовых растений общих признаков, относящихся к симбиотическому интерфейсу, гораздо больше, чем видоспецифичных, не менее интересных для процессов эволюции, возможно.

Вопрос д.б.н. Шнеер В.С. А сами бактерии вносят вклад в симбиотический интерфейс?

Ответ. Да, бактериальные компоненты симбиотического интерфейса не менее важны для установления эффективного взаимодействия. Что же касается различных видов ризобий, то есть скорее разница в наборе бактериальных компонентов, участвующих в установлении симбиоза, между бобовыми, формирующими детерминированные и недетерминированные клубеньки. Так, при установлении симбиоза в случае недетерминированных клубеньков большую роль играют экзополисахариды ризобий, в частности сукциногликан, а при детерминированном – это капсулярные полисахариды.

На заседании 20 октября 2022 г. диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, имеющее важное хозяйственное значение присудить Цыгановой А.В. ученую степень доктора биологических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек (9 очно, 5 удаленно), из них 7 докторов наук по специальности 1.5.21. Физиология и биохимия растений, участвовавших в

заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 14, против 0.

Председатель

диссертационного совета

Ученый секретарь

диссертационного совета

21.10.2022



Ярмишко Василий Трофимович

Лянгузова Ирина Владимировна