

## **ОТЗЫВ**

**на автореферат диссертации Цавкеловой Елены Аркадьевны  
на тему: «Структурно-функциональные особенности микробных  
сообществ эпифитных орхидей: биоразнообразие, роль и  
биотехнологическая значимость ассоциативных микроорганизмов»,  
представленной на соискание учёной степени доктора биологических  
наук по специальностям 03.02.03 – «микробиология» и 03.01.06 –  
«биотехнология (в том числе бионанотехнологии) »**

Диссертация Цавкеловой Еленой Аркадьевной посвящена изучению состава и функциональной активности фитомикробиома эпифитных орхидных, а также роли микроорганизмов, входящих в состав ассоциативных сообществ, при взаимодействии с растением на разных этапах его онтогенетического развития от семени до генеративно-зрелых форм, а также факторам, определяющим благоприятное сосуществование партнёров и коммуникацию между ними. Отдельное внимание в работе уделено использованию изученных микроорганизмов в биотехнологии.

Микробно-растительные взаимоотношения привлекают всё большее внимание исследователей, что связано как с изучением фундаментальных вопросов по разнообразию микроорганизмов, колонизирующих различные части растений, и эколого-трофических свойств микробных сообществ, по поиску продуцентов новых метаболитов, в том числе соединений, имеющих антимикробную активность, изучению молекулярно-биологических механизмов биосинтеза различных сигнальных молекул и вторичных метаболитов. Но наибольшую актуальность эти исследования имеют в практической области сельского хозяйства, что связано с глобальным стремлением к переходу к "зелёным биотехнологиям", включающим использование рост-стимулирующих микроорганизмов и микробных ассоциаций для расширения адаптивных потенциалов, экологической устойчивости и продуктивности растений.

Эти факторы указывают на несомненную актуальность работы Е.А. Цавкеловой и важность поставленной цели исследования.

Высокую актуальность в современных условиях имеет поиск новых концепций и подходов в методологии для выявления особенностей и механизмов колонизации микроорганизмами ризо- и филлопланы, количественного учёта ассоциативных бактерий, а также биотестов для обнаружения активности искомым микробных стимуляторов роста растений. Диссертационная работа Е.А. Цавкеловой является фундаментальным исследованием, формирующим понимание целостности консорциумов любых растений с микроорганизмами и системной значимости ассоциативных микроорганизмов для стабильного и успешного функционирования растительно-микробных сообществ.

Научная новизна диссертации определяется, прежде всего, выбором в качестве исследуемого фитомикробиома ассоциативного микробного сообщества эпифитных растений – представителей крупнейшего семейства однодольных, – орхидных. Дизайн и методология работы, набор использованных подходов и приёмов, выполненных на современном уровне, обладают особой ценностью и могут служить примером аналогичных исследований в области растительно-микробных взаимодействий.

На основании полученного фактологического материала Е.А. Цавкеловой сделаны существенные обобщения и выявлены новые закономерности ассоциативных отношений в консорциуме «растение-микроорганизмы», развиты и дополнены теоретические модели биохимических и генетических механизмов этих взаимоотношений. Автором впервые проведен анализ качественного состава и количественной оценки и роли доминирующих и минорных популяций бактерий в ризоплане и филлоплане эпифитных орхидей, выявлены отличия в составе микробных сообществ дикорастущих и оранжерейных растений. Установлена

приуроченность актинобактерий к надземным частям эпифитных растений, отмечена важнейшая роль представителей сфингомонад как эндофитов и представителей группы ростстимулирующих бактерий. Автором впервые получены данные о способах колонизации поверхности и внутренних частях корней орхидных, распространении бактериальных клеток в апопласте коры, размещении в формирующемся веламене при прорастании семян и на корнях взрослых растений. Установлены отличия при проникновении бактерий внутрь корня, связанные с пропускной способностью губчатого веламена.

Автором получены новые фундаментальные данные о регуляции активности генов, ответственных за биосинтез ауксинов и гиббереллинов у ризобактерий, а также грибов – представителей рода *Fusarium*. Наиболее значимыми являются результаты, показывающие, что оба пути биосинтеза индолил-3-уксусной кислоты (и через индолил-3-пируват, и через индол-3-ацетамид) являются функционально-активными среди микроорганизмов, входящих в ассоциативные микробные сообщества растений и оказывающих нейтральное или стимулирующее действие на рост и развитие растений. Наиболее интересны результаты, показывающие штаммоспецифичность микромицетов в биосинтезе гиббереллинов (ГК).

Особого внимания заслуживают результаты, полученные в рамках исследования возможности использования выделенных микроорганизмов и их активностей в различных областях биотехнологии. Так, целлюлозолитическая активность одного из характерных представителей ассоциативного микосообщества воздушных корней орхидей, представителя рода *Tichoderma*, оказалась достаточной для предобработки таких субстратов, как бумажные отходы, чья последующая конверсия с помощью термофильных метаногенных сообществ с образованием биогаза рассматривает новые возможности применения микроорганизмов для биотрансформации целлюлозосодержащих субстратов. Среди изученных

метаногенных сообществ оказались успешно осуществляющие биоконверсию в биогаз биомассы фототрофных цианобактерий. Учитывая актуальность темы получения альтернативных источников биотоплива, переработки техногенных отходов и поиска новых субстратов для микробиологической биотрансформации в биотопливо, полученные автором результаты создают научные основы для разработки и применения новых подходов при получении биогаза.

К другому аспекту биотехнологии можно отнести результаты Е.А. Цавкеловой по получению трансгенных штаммов *Fusarium oxysporum* с восстановлением биосинтеза гиббереллинов за счёт введения космиды, несущей кластер генов, ответственных за биосинтез ГК. Помимо доказательства функционирования этих генов у исходно не способных к биосинтезу ГК видов, полученные данные предлагают новые подходы к созданию новых продуцентов направленного биосинтеза гиббереллинов.

Бесспорного интереса заслуживает разработка и оптимизация предложенной автором технологии по инокуляции семян орхидей ростстимулирующими культурами ризобактерий. Автору удалось выявить основные факторы для бактериальных популяций (биосинтез ИУК и отсутствие чрезмерного экзополисахаридного матрикса), определяющие селекцию подходящих для биотехнологических целей ризобактерий.

В целом, диссертация Е.А. Цавкеловой отличается несомненной новизной и актуальностью в микробиологии и биотехнологии. Работа выполнена на высоком профессиональном уровне. Цавкеловой Е.А. были применены современные и высокотехнологичные методы, которые в сочетании с общепринятыми традиционными подходами позволили реализовать цель и задачи исследования.

Принципиальных замечаний к работе нет. Диссертация заслуживает самой высокой оценки.

Автореферат Е.А. Цавкеловой отражает результаты проведенного исследования. Автореферат содержит информативные рисунки и таблицы. Полученные данные достоверны. Выводы корректно сформулированы и вытекают из результатов, соответствуют цели исследования и поставленным задачам. Положения, выносимые на защиту, подтверждены экспериментальными результатами, выводы обоснованы. Основные результаты отражены в 38 печатных работах автора, в том числе 31 статье в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ имени М.В. Ломоносова. Полученные результаты и разработанные автором методики представлены в учебно-методических пособиях и патенте РФ.

Диссертационная работа Е.А. Цавкеловой на тему «Структурно-функциональные особенности микробных сообществ эпифитных орхидей: биоразнообразие, роль и биотехнологическая значимость ассоциативных микроорганизмов» полностью отвечает требованиям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а её автор заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальностям 03.02.03 – «микробиология» и 03.01.06 – «биотехнология (в том числе бионанотехнологии)».

20 апреля 2021 г.

Главный научный сотрудник  
Лаборатории физиологических и молекулярных механизмов адаптации  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева  
Российской академии наук

доктор биологических наук,  
чл.-корр. РАН

Кузнецов Владимир Васильевич

20.04.2021  
Кузнецов  
Тимова Е.Г.

Сведения об авторе отзыва:

Кузнецов Владимир Васильевич

тел.: 7(499)678-54-14 (рабочий), e-mail: vlkuzn@mail.ru

Учёная степень: доктор биологических наук, чл.-корр. РАН

Специальность, по которой защищена диссертация: 03.01.05 - Физиология и биохимия растений

Место работы:

127276, Москва, ул. Ботаническая, 35

Лаборатория физиологических и молекулярных механизмов адаптации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук

Подпись сотрудника

Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН

Кузнецова В.В. удостоверяю:

Начальник отдела кадров

*20.04.2025г.*



Е.Г. Базанова