

ОТЗЫВ

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

Цавкелова Елена Аркадьевна начала заниматься исследовательской работой, начиная с 1998 года, еще будучи студенткой кафедры микробиологии биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Цавкелова Е.А. является сотрудницей кафедры по настоящее время. Еще при выполнении дипломной работы соискателем был проявлен интерес к междисциплинарным научным исследованиям, в рамках которых были изучены возможности образования микроорганизмами сигнальных эволюционно-консервативных молекул – биогенных аминов. Интерес к уникальным среди растительных объектов представителям семейства Орхидных был проявлен соискателем при работе над кандидатской диссертацией, в которой было проведено изучение некоторых наземных и эпифитных оранжевых видов этих растений и впервые показана возможность колонизации их корней ассоциативными микроорганизмами. Однако идентификация микроорганизмов была проведена на том этапе на примере лишь некоторых выделенных изолятов с помощью морфологических или физиолого-биохимических методов, которые не позволили отразить всего биоразнообразия популяций микроорганизмов, входящих в микробные сообщества этих растений. Также как и впервые предложенный в кандидатской работе Е.А. Цавкеловой подход по бактериализации семян орхидей требовал изучения механизмов взаимодействия семян и ювенильных растений с культурами бактерий, оптимизации и разработки для лучшей эффективности метода используемых сред и добавок к ним, а также разработки условий его применения, годным для использования различных бактерий, способных стимулировать рост растений.

Исследование механизмов растительно-микробных взаимодействий, изучение роли сигнальных молекул, имеющих гормональную функцию не только по отношению к растениям, но и к самим микроорганизмам-продуцентам, а также аспект биотехнологического использования бактерий и грибов и их различных функциональных активностей, которые определяют их метаболические связи внутри микробных сообществ ризопланы и филлопланы орхидей, послужили основными критериями для продолжения научно-исследовательской работы в рамках изучения эпифитных орхидей как отдельной экониши для микроорганизмов.

За пройденный период соискателем был впервые проведён целостный и комплексный подход по изучению биоразнообразия, механизмов и стратегий взаимодействия отдельных микроорганизмов и микробных сообществ с эпифитными растениями. Впервые проведён сравнительный анализ состава ассоциативных бактерий растений не только оранжевых, но и дикорастущих. Также впервые изучен состав филлопланы облиственных орхидей и изучены особенности колонизационной способности микроорганизмов корней безлистных эпифитных орхидей. Особый вклад соискателя отражён в комплексном использовании традиционных методов и современных

подходов к профилированию сообществ на основе высокопроизводительного секвенирования. Автором проведено скрупулёзное и доскональное изучение и сравнение микробного биоразнообразия культивируемых бактерий, выделенных при использовании ряда питательных сред, наиболее часто применяемых при анализе ризосферных микроорганизмов, и метагеномного анализа, позволяющего проанализировать состав сообществ. Подчёркивается необходимость совмещения этих двух подходов для полной характеристики структуры растительно-микробных ассоциаций.

Принципиально новые данные получены Е.А.Цакеловой при исследовании сигнальных свойств индолил-3-уксусной кислоты (ИУК). Показано, что этот фитогормон также имеет стимулирующее гормональное действие на бактериальные популяции ассоциативных бактерий, увеличивая их плотность и численность. Впервые изучены механизмы биосинтеза и регуляции образования ИУК и гибберелловых кислот на примере изолята ассоциативного гриба орхидей - *Fusarium proliferatum* ET1, что является важным для биотехнологического использования гриба. Выявлен ряд особенностей этого гриба, определяющих стратегию его взаимодействия с растением-хозяином, при которой ассоциативные взаимодействия направлены на стабильное сосуществование партнёров. Изучение активности ассоциативных бактерий в отношении биосинтеза стимуляторов роста растений привело к выводу о том, что именно индолил-3-уксусная кислота является определяющей для RGPB штаммов (бактерии, стимулирующие рост растений), заселяющих ризоплану эпифитных растений. Именно по уровню биосинтеза ИУК изолятами бактерий автором предложен способ селекции RGPB для эффективной стимуляции прорастания семян орхидей. Для практического биотехнологического применения также наиболее ценным достижением является изучение и подбор возможности использования не только аборигенных (исходно выделенных с орхидных) изолятов, но и нерезидентных культур RGPB, выделенных, например, из ризосферы сельскохозяйственных растений, что делает возможности использования метода бактериализации семян более доступными для широкого применения в биотехнологии орхидей. Существенным является изучение роли экзополисахаридного матрикса (ЭПМ), образуемого, в том числе, RGPB культурами, как лимитирующего фактора для использования RGPB.

Другими достижениями автора, которые также отражают биотехнологическую значимость работы, является изучение целлюлозолитической активности представителя *Trichoderma viride*, чья высокая активность была показана при биоразложении отходов отдельных бумаг и их смеси, что также позволило повысить их последующую биоконверсию анаэробным микробным сообществом в биогаз. Эти научные результаты открывают возможность для изучения использования новых целлюлозосодержащих субстратов для получения биотоплива. Анаэробные целлюлозолитические микробные сообщества, исследованные автором, также показали возможность эффективной биodeградации мортмассы цианобактерий на пример *Anabaena*, что также подтверждает возможность роста микроорганизмов на биомассе цианобактерий. Эти данные показывают потенциальную возможность использования биомассы цианобактерий как единственного субстрата, что особенно важно при развитии микробных сообществ, например, на воздушных корнях эпифитов, где основными деструкторами выступают грибы.

Цавкелова Е.А. на протяжении долгих лет совмещает научную работу с учебно-методической и преподавательской деятельностью. В 2007 и 2008 годах в рамках долгосрочных научных стажировок работала в Вестфальском Университете Вильгельма (Мюнстер, Германия) и в Тель-Авивском Университете (Тель-Авив, Израиль) в лабораториях проф. Б. Тудзински и проф. А. Шарона, соответственно. Широкие научные интересы, коммуникабельность, способность работать в команде и умение быть лидером, трудолюбие и инициативность позволили Е.А. Цавкеловой осваивать новые направления и расширять свой научный кругозор не только среди отечественных исследовательских лабораторий, но и зарубежных коллективов. Достижения в области растительно-микробных взаимодействий с орхидными вызывают интерес среди ведущих в этой области исследователей: были получены приглашения и Е.А. Цавкелова участвовала в написании ряда обзорных статей и главы в книге в коллективе зарубежных авторов. Результаты научно-исследовательской работы опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных высокорейтинговых журналах, а также учебно-методических пособиях. С 2014 г. она является куратором и основным исполнителем по реализации магистерской программы "Биоинженерия, биотехнология и биоэкономика" на биологическом факультете МГУ; является руководителем и соруководителем дипломных, бакалаврских, магистерских и аспирантских работ студентов, в том числе победителя секций "Микробиология" и "Биология" молодёжной научной конференции "Ломоносов" 2019 г.

Вышеперечисленные достижения и личные качества Е.А. Цавкеловой позволили ей самостоятельно выбрать стратегию, осуществить подбор методов и реализовать выполнение научно-исследовательской работы на соискание учёной степени доктора биологических наук, в которой получены ценные фундаментальные данные о роли и механизмах коммуникации между растением-хозяином и ассоциативными микробными сообществами, а также о возможностях прикладного использования микроорганизмов как в современной агробиотехнологии, так и, например, при получении биотоплива из альтернативных источников сырья.

Представленная диссертационная работа выполнена на высоком уровне, соответствует критериям Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном Университете имени М.В. Ломоносова, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, а Е.А. Цавкелова заслуживает присуждения искомой степени по специальностям 03.02.03 – микробиология и 03.01.06 – биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

Научный консультант, доктор биологических наук, профессор,
профессор кафедры микробиологии биологического факультета
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова»

Москва, 119234, Ленинские Горы, дом 1, стр.12

+7-495-939-54-83

anetrusov@mail.ru

26.02.2021

