

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Бибикова Никиты Михайловича на тему «Микобиота, ассоциированная с корневой системой, и анатомия микоризы орхидных на примере тропических и бореальных видов», представленную на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.18 – «Микология»

Актуальность

Развитие орхидных, относимых часто к редким и исчезающим организмам, тесно связана с недостаточно изученным симбиозом с грибами, составляющим микоризу, их трофическим статусом. Поэтому изучение биоразнообразия микоризообразующих грибов, их видоспецифичности и конкурентоспособности, определение типов микоризы у орхидей, использование её для реинтродукции и сохранения орхидей, являющихся как декоративными, так и лекарственными растениями – весьма актуально.

Цель работы – изучить микобиоту, ассоциированную с корневой системой, и структурные особенности грибной колонизации орхидных на примере тропических и бореальных видов.

Научная новизна исследований

В ходе работы впервые был изучен состав ассоциированной микобиоты корней орхидных *Eulophia graminea*, выявлены неизвестные ранее микобионты и эндофиты, ассоциированные с корнями зевксыны шлемовидной (*Zeuxine strateumatica*), скрученника гонконского (*Spiranthes hongkongensis*) и гудайеры ползучей (*Goodyera repens*), такие как *Ceratobasidium* spp., *Pithomyces cynodontis*, *Scytalidium circinatum*, *Curvularia lunata*, *Diaporthe phaseolorum*, *Nigrospora oryzae* и *N. sphaerica*.

Предположена трофическая, географическая и экологическая приуроченность ассоциированных грибов. Впервые использован метод высокопроизводительного секвенирования для изучения состава ассоциативной микобиоты *Goodyera repens* на территории России и выявлены факторы, влияющие на состав грибного сообщества в корнях *G. repens* разных регионов России. Получены новые данные по антибиотической активности микобионтов и эндофитов орхидных и выявлены изоляты родов *Penicillium*, *Fusarium*, *Umbelopsis* и *Trichoderma*, обладающие высокой антибиотической активностью. Впервые показано влияние гетерогенных элементов кортекса корней эпифитных орхидных на процесс колонизации корня микобионтом.

Таким образом, научная новизна работы состоит в углублении представлений о биоразнообразии, специфичности и экологии микобионтов и эндофитов орхидных, установлении факторов, влияющих на состав ассоциированной микобиоты и регуляции колонизации корней эпифитных орхидных.

Теоретическая и практическая значимость работы обусловлена интересом к орхидной микоризе в связи широким применением орхидных как декоративных и лекарственных растений. На данный момент культивирование орхидных совместно с микобионтами не распространено в промышленных масштабах, однако лабораторные исследования показывают эффективность этого подхода. Биоразнообразие ассоциированных грибов интересно с точки зрения получения новых изолятов грибов, продуцирующих биологически активные вещества. С целью поиска новых биологически активных веществ все чаще изучается антимикробная активность изолятов из неизученных ранее местообитаний, в частности корней орхидных. Высокая антимикробная активность имеет и

биологический смысл, свидетельствуя о конкурентоспособности изолята. Более того, установление биотических и абиотических факторов, влияющих на биоразнообразие микобионтов в корнях орхидных, способствует не только более глубокому пониманию механизмов функционирования и коэволюции популяций орхидных и их микобионтов, но и позволит найти правильный подход к сохранению и реинтродукции популяций исчезающих видов растений.

Основные защищаемые положения диссертации

Н.М. Бибиков ставит 4 задачи исследований: 1) изучение биоразнообразие грибов, ассоциированных с бореальными и тропическими орхидными на примере *Goodyera repens*, *Zeuxine strateumatica*, *Eulophia graminea* и *Spiranthes hongkongensis*; 2) установление факторов, влияющих на состав грибного сообщества корней орхидных различных экологических групп; 3) изучение культурально-морфологических и экологических особенностей микобионтов исследуемых видов орхидных; и 4) изучение структурных особенностей грибной колонизации тропических эпифитных орхидных в сравнении с наземным бореальным видом *G. repens*.

На защиту он вносит 3 положения о том, что: 1) относящиеся к роду *Ceratobasidium* микобионты *Zeuxine strateumatica*, *Spiranthes hongkongensis* и *Goodyera repens* являются гемибитотрофами и обладают географической и таксономической специфичностью; 2) что при доступе *Goodyera repens* к корням хвойных растений, микобионты семейства *Ceratobasidiaceae* частично замещаются микобионтами эктомикоризы, и, наконец, 3) что водозапасающие клетки кортекса корней эпифитных орхидных могут быть колонизированы микобионтом.

Связь работы с научными программами

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства Науки и Высшего Образования (проект № 075-15-2021-1396).

Апробация и структура работы

Результаты работы представлены на 3-х международных, одной отечественной конференции и молодёжной школе-конференции. По материалам диссертации опубликованы 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и РИНЦ и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ.

Диссертация Н.М. Бибикова состоит из «Введения», «Обзора литературы», «Материалов и методов», «Результатов и обсуждения», «Заключения», «Списка сокращений», «Списка литературы», причём диссертант использовал 264 публикации (11 на кириллице), и 3 приложения. Диссертация Н.М. Бибикова содержит 30 рисунков и 19 таблиц.

Им выявлено методами метабаркодинга и чистых культур в ассоциации с изучаемыми видами орхидных 487 видов грибов, относящихся к 95 порядкам из 27 классов 7 отделов. Из корней наземных орхидных *Zeuxine strateumatica*, *Spiranthes hongkongensis* и *Eulophia graminea* из Шэньчжэня выделено 76 изолятов, принадлежащих к 19 видам: из корней *Z. strateumatica*, *S. hongkongensis* и *E. graminea* выделено 17 изолятов отдела Ascomycota и 2 изолята отдела Basidiomycota. Все выявленные виды отмечались ранее в ассоциации с растениями как эндофиты, патогены или микоризообразователи. По составу ассоциативной микобиоты они специфичны, а их наиболее универсальные эндофиты обладают активностью против мицелиальных грибов, предположительно влияющей на способность грибов колонизировать корни орхидных. Впервые отмечены как бессимптомные эндофиты 6 выделенных из корней орхидей видов (*Pithomyces cynodontis*, *Scytalidium circinatum*, *Curvularia lunata*, *Diaporthe*

phaseolorum, *Nigrospora oryzae* и *Nigrospora sphaerica*). В корнях *Z. strateumatica* и *S. hongkongensis* выявлены микобионты рода *Ceratobasidium*.

Н.М. Бибилов отмечает, что структура грибных сообществ, ассоциированных с *Goodyera repens*, обуславливается типом местообитания. Микобионты эктомикоризы способны частично замещать микобионтов семейства *Ceratobasidiaceae* в корнях *Goodyera repens*, а их наличие обусловлено доступностью корней хвойных деревьев. Он также заключает, что географическое положение, климат и особенности местообитания формируют уникальное биоразнообразие орхидных и микобионтов, вследствие чего устанавливаются симбиотические взаимоотношения исходя из обоюдной доступности симбионтов. Например, представители рода *Ceratobasidium*, формирующие микоризу с *Zeuxine strateumatica*, *Spiranthes hongkongensis* и *Goodyera repens*, обладают географической и таксономической специфичностью и предположительно являются гемибиотрофами, а роды *Goodyera* и *Anoectochilus*, произрастающие в регионах, различающихся по климату, формируют микоризу с филогенетически отдаленными кладами микобионтов семейства *Ceratobasidiaceae*.

Автором показано влияние специализации эпифитных орхидных на колонизацию корней микобионтами, а также что водозапасающие клетки, веламен и пропускные клетки экзодермы строго контролируют процесс проникновения гиф в кортекс. Колонизация водозапасающих клеток свидетельствует о способности микобионта проникать сквозь лигнифицированные клеточные стенки, и предполагает наличие соответствующих специфичных ферментов. Н.М. Бибилов показал, что лигнифицированные клетки кортекса корней эпифитных орхидных могут быть колонизированы микобионтом, в отличие от лигнифицированных

клеток экзодермы, а доля колонизированных клеток кортекса корней эпифитов ниже по сравнению с наземными видами.

Заключение и 6 выводов подтверждены материалами, представленными в диссертации.

Следует отметить отсутствие опечаток (за очень редким исключением), присущих таким крупным публикациям, как диссертационная работа.

Реферат диссертации в полной мере отражает все основные положения работы и соответствует её содержанию.

Однако к работе есть замечания и вопросы:

Замечания и вопросы

1. В Западных научных работах при использовании питательных сред обычно указывают фирму, производящую её ингредиенты и марку оборудования (в данном случае термостата), и страну. Очевидно, автор (п/глава 2.4) делал среды из собственных ингредиентов, например, картофеля? Где доставалось сусло? Эти параметры необходимы для возможности повторения идентичных исследований.
2. Может ли быть отличие микоризы в местах естественного произрастания и, очевидно, искусственно посаженных трёх видов наземных орхидных на антропогенном газоне в Шэньчжэне?

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.5.18 – «Микология». (по биологическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о

присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Никита Михайлович Бибииков заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.18 – «Микология».

Официальный оппонент:

доктор биологических наук, ГЛАВНЫЙ НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК НИО Экспериментальной биологии и патологии растений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН)

ТКАЧЕНКО Олег Борисович

22 сентября 2025 года.

Контактные данные:

тел.: , e-mail:

(03.02.01 – «Ботаника», 03.02.12 – «Микология»),

127276, г. Москва, Ботаническая ул., д. 4

ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина

Российской академии наук (ГБС РАН)

Тел.: (499) 977-91-45, факс: (499) 977-91-72, e-mail: info@gbsad.ru