

УДК 635:918+581+579:262

UDC 635:918+581+579:262

**ДИНАМИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА  
ОРАНЖЕРЕЙНЫХ БИОЦЕНОЗОВ В  
ЭКСПОЗИЦИЯХ ТРОПИЧЕСКИХ И  
СУБТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ**

**DYNAMIC COMMUNITIES OF GREENHOUSE  
BIOCENOSSES IN EXPOSITIONS OF TROPICAL  
AND SUBTROPICAL PLANTS**

Коломейцева Галина Леонидовна  
д.б.н.

*Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Главный ботанический сад им.  
Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН),  
Москва, Россия*

Kolomeitseva Galina Leonidovna  
Dr.Sci.Biol.

*Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of the  
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Цавкелова Елена Аркадьевна  
к.б.н.

*ФГБОУ ВПО Московский государственный  
университет имени М.В.Ломоносова, Москва,  
Россия*

Tsavkelova Elena Arkadyevna  
Cand.Biol.Sci.

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

Колобов Евгений Султанович  
к.б.н.

*Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Главный ботанический сад им.  
Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН),  
Москва, Россия*

Kolobov Yevgenii Sultanovich  
Cand.Biol.Sci.

*Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of the  
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

В статье обсуждаются особенности формирования динамических сообществ оранжерейных биоценозов Фондовой оранжереи ГБС им. Н.В. Цицина РАН. Показано, что в модельных тропических и субтропических экспозициях образуются собственные консорциумы, включающие комплекс различных сосудистых растений, мхов, грибов и бактерий. Рассмотрено разнообразие микроорганизмов, формирующих тесные взаимоотношения с оранжерейными орхидеями и саговниками, обсуждается взаимодействие ассоциативных бактерий с растением-хозяином и их влияние на его рост и развитие

In this article, the features of dynamic communities' formation under greenhouse conditions of Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences are discussed. It has been shown, that complex consortia consisted of different species of higher plants, mosses, fungi and bacteria are formed in the model exhibitions of tropical and subtropical regions. The diversity of microorganisms, responsible for close interactions with greenhouse orchids and sago palms is reported, and the effects of associative bacteria on growth and development of the host-plant is discussed

Ключевые слова: ТРОПИЧЕСКИЕ И СУБТРОПИЧЕСКИЕ РАСТЕНИЯ, ОРАНЖЕРЕЙНЫЙ БИОЦЕНОЗ, ОРХИДЕИ, САГОВНИКИ, АССОЦИАТИВНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ

Keywords: TROPICAL AND SUBTROPICAL PLANTS, GREENHOUSE BIOCENOSSES, ORCHIDS, CYCADS, ASSOCIATIVE MICROORGANISMS

В связи с ограниченностью ресурсов тропикогенной флоры в нашей стране, не имеющей сегодня территорий в районах тропиков и субтропиков, оранжерейные коллекции являются важными научными и

научно-просветительными центрами ботанических садов России. Они играют значительную роль в изучении, сохранении, возобновлении и использовании биоразнообразия тропической флоры. Оранжереи каждого ботанического сада по-своему уникальны. Возраст оранжерейных комплексов, их географическое положение, конструкционные особенности, технические возможности, научная направленность, преемственность и уровень квалификации сотрудников, даже ведомственная подчиненность, – все это определяет широту спектра представленных в коллекциях растений, специализацию и особенности их экспонирования. В Фондовой оранжерее ГБС РАН коллекции и экспозиции тропических и субтропических растений содержат 6800 видов, подвидов и сортов и комплектуются по систематическому, географическому и ботанико-географическому принципам [1, 2].

Литературы по вопросам научного комплектования отечественных оранжерейных коллекций не так уж много, в основном, это путеводители и каталоги растений ботанических садов [3, 4], где не учитывается наполнение оранжерей другими привнесенными видами макро- и микроорганизмов, которые, однако, оказывают значительное воздействие на адаптацию вновь интродуцированных и коллекционных видов тропической флоры. В связи с этим актуальность настоящего исследования очевидна и связана с изучением состава сообществ оранжерейных биоценозов, которые формируются под влиянием окружающих условий умеренного климата, и по своей сути являются динамическими – с возможным появлением новых представителей внутри этих консорциумов и элиминированием другой части видов. Целью данной работы была идентификация доминирующего состава заносного компонента оранжерейных сообществ, при этом в качестве объектов исследования были выбраны не только представители флоры (заносные

покрытосеменные, папоротниковидные и мохообразные растения), но и микроорганизмы (грибы и бактерии).

Элементарная ботанико-географическая экспозиция представляет собой совокупность растений из отдельного ботанико-географического района, согласно ботанико-географическому районированию С.М. Разумовского [5]. Древесные растения-эдификаторы представлены коренными породами зональных типов растительности, руководящими видами (древесными породами первого яруса), а также видами важнейших эдафически обусловленных сообществ и представителями эндемичных флор. Наряду с ними в ботанико-географических экспозициях Фондовой оранжереи ГБС РАН экспонируются интразональные виды, приуроченные к особым местообитаниям (например, виды прибрежных сообществ) и виды вторичных сообществ, возникших в результате природных катаклизмов или антропогенного влияния [1].

Оранжерейные ботанико-географические экспозиции, имитирующие биоценозы тропиков и субтропиков – это всего лишь модели естественных растительных сообществ, в которых общий уровень энтропии сильно понижен под воздействием неблагоприятных факторов среды и в борьбе за ресурсы. Как бы полно и наглядно не моделировались растительные сообщества в оранжереях, здесь всегда присутствует комплекс неблагоприятных факторов, подавляющих и угнетающих жизненность растений, а иногда вызывающих их избирательную или массовую гибель. В условиях недостатка ресурсов, того или иного внешнего пресса, не полной изолированности от окружающей среды в оранжерейной экспозиции постепенно формируется собственная экосистема, включающая комплекс живых организмов, в том числе непреднамеренно занесенные сосудистые растения, мхи, грибы, водоросли, бактерии. Эту постепенно складывающийся особый консорциум высших растений,

низших растений, микроорганизмов, а также представителей фауны можно рассматривать как одну из форм адаптации оранжерейной биосистемы к стрессовым воздействиям культивирования в условиях защищенного грунта.

Взаимовлияние оранжерейных растений сводится не только к конкуренции за ресурсы (свет, воду), но и обусловлено ярусностью экспозиций (расположением побеговых и корневых систем относительно друг друга), ритмами активного роста и покоя (изменением светового режима под пологом руководящих видов во время листопада), аллелопатическими связями. Поскольку большинство системообразующих факторов оранжерей (климатические параметры, конструкционные особенности оранжерей, эдафические условия, минеральный, кислотный и газовый баланс среды и др.) оптимизированы по экологическим требованиям коллекционных тропических и субтропических растений (эдификаторов оранжерейных консорциумов), выживают и входят в устойчивые оранжерейные сообщества только те организмы, экологическая амплитуда которых совпадает с предлагаемыми условиями. Было установлено, что в Фондовой оранжерее ГБС РАН непреднамеренно занесенный компонент оранжерейных сообществ представлен как местными, так и тропическими видами.

Флора сорных оранжерейных покрытосеменных растений содержит местный и тропический компоненты. Хотя на территории ботанического сада логично ожидать, что сорничать в оранжерее могут не только аборигенные, но и интродуцированные виды открытого грунта, в качестве оранжерейных сорняков нами были отмечены исключительно местные виды. Они, как правило, не возобновляются внутри оранжерей, их семена

регулярно проникают в закрытый грунт через фрамуги и двери, либо заносятся с субстратом. В качестве постоянного местного компонента оранжерейных биоценозов в Фондовой оранжерее ГБС РАН выступают *Betula pendula* Roth, *Taraxacum officinale* Webb, *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Tussilago farfara* L.

Сравнительно небольшая часть тропических и субтропических растений-интродуцентов хорошо приспособлена к оранжерейному культивированию и образует вполне устойчивые популяции, способные к семенному возобновлению. В группу оранжерейных сорняков-апомиктов входят как повсеместно распространенные (*Oxalis corniculata*), так и тропические виды (*Ruellia amoena*). Вторую группу составляют растения, способные к быстрому освоению пространства, благодаря своей жизненной форме – это длиннокорневищные травянистые многолетники. В третью группу входят растения, быстрое вегетативное размножение которых осуществляется с помощью листовых выводковых почек (некоторые виды молочаев).

Несбалансированный избыточный полив способствует заселению поверхности субстрата споровыми растениями – папоротниками и мохообразными. И те, и другие также могут быть как местного, так и тропического происхождения. Среди папоротников это *Adiantum capillus-veneris*, *Phyllitis scolopendrium* (редко встречающийся в Европейской России, но обычный на Кавказе), *Dryopteris expansa* (обычный вид средней России), распространяющийся с помощью выводковых почек *Asplenium daucifolium*. В составе динамических биоценозов Фондовой оранжереи ГБС РАН отмечены мхи *Amblystegium serpens*, *Leptobryum pyriforme*, *Leptodictyum riparium* [6], тяготеющие к избыточно увлажненным участкам на поверхности субстратов и комлевым частям растений-эдификаторов (табл.1).

Таблица 1 - Жизненные формы и способы размножения некоторых заносных оранжерейных растений (покрытосеменные, папоротниковидные и мохообразные)

Семейство	Вид	Родина	Жизненная форма	Основной способ размножения
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L. var. <i>atropurpurea</i>	Обычное сорное садовое растение, происхождение не известно	Длиннокорневищный травянистый многолетник	Семенами
Scrophulariaceae	<i>Cymbalaria muralis</i> Gaertn., B.Mey. & Scherb.	Горы Европы	Длиннокорневищный травянистый многолетник	Семенами и делением корневища
Acanthaceae	<i>Ruellia amoena</i> Sasse & Moc	Тропики Южной Америки	Короткорневищный травянистый многолетник	Семенами
Acanthaceae	<i>Ruellia humilis</i> Nutt.	Тропики Южной Америки	Длиннокорневищный травянистый многолетник	Семенами
Commelinaceae	<i>Tradescantia fluminensis</i> Vell.	Тропики Южной Америки	Длиннокорневищный травянистый многолетник	Делением корневища
Urticaceae	<i>Soleirolia soleirolii</i> Req. ( <i>Helxina soleirolii</i> )	Средиземноморье	Длиннокорневищный травянистый многолетник	Делением корневища
Urticaceae	<i>Pilea microphylla</i> Liebm.	Тропики Америки	Длиннокорневищный травянистый многолетник	Стеблевыми черенками
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	Маскаренские острова	Кустарник	Семенами
Aspleniaceae	<i>Asplenium daucifolium</i> Lam.	Мадагаскар и Маскаренские острова	Короткорневищный травянистый многолетник	Листовыми пропугулами
Aspleniaceae	<i>Phyllitis scolopendrium</i> (L.) Newman	Европа, Азия, Северная Америка	Короткорневищный травянистый многолетник	Спорами
Dryopteridaceae	<i>Dryopteris expansa</i> (C. Presl) Fraser-Jenk. & Jermy	Европа, Северная Америка	Короткорневищный травянистый многолетник	Спорами
Pteridaceae	<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	Тропики Америки и Азии	Длиннокорневищный травянистый многолетник	Спорами
Amblystegiaceae	<i>Amblystegium serpens</i> Schimp.	Широко распространен в Европе, Азии, Северной Америке	Ортотропно нарастающий дерновинный мох	Спорами
Amblystegiaceae	<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	Голарктика, тропики Африки, Центральной Америки, Австралии	Ортотропно нарастающий дерновинный мох	Спорами
Pottiaceae	<i>Barbula convoluta</i> Hedw.	Широко распространен	Ортотропно нарастающий дерновинный мох	Спорами, выводков. пропугулами делением стебля
Bryaceae	<i>Bryum capillare</i> Hedw.	Широко распространен	Ортотропно нарастающий мелкодерновинный мох	Спорами, выводков. пропугулами делением стебля
Bryaceae	<i>Leptobryum pyriforme</i> (Hedw.) Wilson	Широко распространен	Ортотропно нарастающий дерновинный мох	Спорами, выводков. пропугулами делением стебля

Несмотря на постоянно проводимые санитарные мероприятия, непреднамеренно занесенный компонент оранжерейных сообществ невозможно полностью искоренить, поскольку занос местных видов и обсеменение коллекционных тропических апомиктов осуществляется

регулярно. Механическая, химическая и биологическая борьба с сорными растениями и болезнетворными микроорганизмами не искореняет, а в лучшем случае лишь поддерживает их численность на безопасном уровне.

Особую роль в формировании оранжерейных сообществ играют грибы и бактерии, участвующие в деструкции растительных остатков и минерализации субстратов и находящиеся в тесном взаимодействии с корнями коллекционных растений. Взаимосвязи тропических и субтропических растений-эдификаторов с оранжерейными микроорганизмами включают ассоциативные (нейтральные), симбиотические (аллелопаразитические) и антагонистические (паразитические) отношения. При перенесении растений из природных условий тропиков в защищенный грунт умеренной зоны нарушаются все прежние биотические связи, коллекционным растениям приходится не только решать задачи адаптации к изменившимся условиям, но и приспособливаться к иной микрофлоре, населяющей оранжерейный биоценоз. Наиболее полно нами были исследованы ассоциативные взаимоотношения симбиотрофных растений – орхидей и саговников.

Было установлено, что в состав микобиоты дикорастущих и оранжерейных тропических орхидей входят близкородственные представители микромицетов. Доминирующими оказались виды, принадлежащие к родам *Fusarium* и *Trichoderma*. При оранжерейном культивировании орхидеи формируют ассоциативные отношения с грибами, сходными с их естественными партнерами в природных местах обитания. В то же время различные экологические условия, в которых произрастают орхидеи в тропическом лесу и в оранжерее умеренной зоны, оказывают влияние на состав микобиоты: многие выделенные из дикорастущих вьетнамских орхидей микромицеты встречаются исключительно в теплом климате и не обнаружены в Фондовой оранжерее ГБС (например, *Chaetospermum* sp., *Pestalotiopsis* sp.) [7]. При интродукции

дикорастущих растений в оранжереи умеренной зоны смена видового состава эндофитных грибов может сдвигать вирулентность пары орхидея-гриб от симбиотрофизма к паразитизму со стороны гриба.

Исходя из литературных данных [8], грибы из рода *Trichoderma* часто встречаются среди гифомицетов, заселяющих корни дикорастущих тропических орхидей. Известно, что наиболее активная деятельность грибов из рода *Trichoderma* наблюдается преимущественно во влажных, хорошо прогреваемых почвах с показателем кислотности, близким к нейтральному [9]. Учитывая, что для тропических орхидей необходимы те же условия, можно предположить, что в природе и в оранжереях, где выращивают эти растения, создаются оптимальные условия для развития и проявления биологической активности триходермы. Колонизируя ризоплану орхидей, *Trichoderma*, благодаря своим антагонистическим свойствам, может выступать в качестве естественной защиты растений-хозяев от фитопатогенных грибов.

Другие широко представленные в природе и изолированные из корней оранжерейных орхидных грибы из родов *Alternaria* и *Phoma* не были обнаружены нами на корнях растений, произрастающих в естественных местах обитания (Вьетнам).

Помимо доминирующего микросимбионта (гриба), в корнях орхидных присутствуют и другие микроорганизмы – фототрофные бактерии (цианобактерии) и гетеротрофные бактерии. Фототрофы локализуется преимущественно на поверхности воздушных корней, используя мертвые клетки веламена в качестве удобной экологической ниши с регулярным увлажнением, оптимальной освещенностью и отсутствием конкурентов за питательные вещества. Заселению поверхности воздушных корней орхидных в оранжерейных условиях особенно благоприятствует структура веламена, способствующая диффузии газов и одновременно создающая микроаэрофильные условия,

пропускающая через себя и накапливающая вещества, поступающие к корню из окружающей среды. Бактерии, так же как и грибы, в условиях культуры вступают в тесные ассоциативные взаимоотношения с растением-хозяином и могут становиться не только факультативными паразитами, но и полноправными симбионтами, поселяясь в клетках коровой паренхимы корней. Наиболее распространенными и доминирующими являются представители родов *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Sphingomonas*, *Streptomyces*, *Xanthomonas*. У тропических орхидей, занимающих разные экологические ниши, разнообразие бактерий отличается. Воздушные корни эпифитов (например, *Dendrobium moschatum*, *Acampe praemorsa*) заселены бактериями, образующими яркие, пигментированные колонии. Наличие пигментов необходимо им, в частности, для защиты от воздействия ультрафиолета, так как эпифитные орхидеи произрастают в условиях постоянно яркой освещенности. Колонии же бактерий, ассоциированных с субстратными корнями, слабо пигментированы.

Некоторые бактерии оказывают благоприятное влияние на развитие растений за счет фиксации атмосферного азота, синтеза фитогормонов-стимуляторов роста, улучшения водного и минерального питания растений, а также образования фунгицидных и бактерицидных веществ, уменьшающих численность фитопатогенов [10]. Некоторые выделенные нами с корней орхидей виды бактерий (*Bacillus* sp., *Sphingomonas* sp., *Mycobacterium* sp.) способны активно стимулировать прорастание семян этих растений в искусственных условиях их проращивания [11], что отражает не только функциональную активность ассоциативных микроорганизмов, направленных на рост и развитие растения-хозяина, но и практическую возможность применения этих.

В Фондовой оранжерее ГБС РАН при сравнении состава бактериальных популяций, заселяющих апогеотропные корни саговника

*Cycas revoluta* Thunb., были выделены представители родов *Bacillus*, *Cellulomonas* и *Arthrobacter* [12]. Спектр сапротрофных бактерий, выделенных с поверхности корней, включал 12 таксонов, из них наиболее часто встречаемыми и обнаруженными во всех образцах были представители родов *Bacillus* и *Streptomyces*. Из 60-70% проанализированных образцов были выделены миксобактерии и артробактер, в 7-35% образцов выделены бактерии из родов *Cellulomonas* и *Rhodococcus*, а также грамотрицательные *Cytophaga*, *Flavobacterium*, *Aquaspirillum* и *Azotobacter*. В бактериальном комплексе субстратов, используемых в оранжерее для выращивания саговников, доминировали те же микроорганизмы: *Bacillus*, *Streptomyces* и *Arthrobacter* [13].

На примере оранжерейных саговников было выявлено, что плотность популяций бактерий отличалась в почве, на поверхности корней и во внутренних слоях коровой паренхимы корней, что может объясняться воздействием фенольных соединений, синтезируемых саговниками и устойчивостью к ним ассоциативной микрофлоры [13]. При этом сателлитные бактерии, локализуясь в перидерме, способны разрушать полимеры клеточных стенок растений и тем самым, возможно, формировать каналы через которые в паренхиму могут проникать симбионты саговников – нитчатые цианобактерии.

По результатам проделанной работы можно сделать ряд выводов. В модельных экспозициях и систематических коллекциях Фондовой оранжереи ГБС РАН постепенно образуются динамические оранжерейные сообщества. Эти биоценотические консорциумы включают помимо коллекционных растений-эдификаторов целый комплекс различных организмов, представленных как местными, так и тропическими видами. Состав оранжерейных сообществ является динамическим и может изменяться в зависимости от климатических и эдафических режимов оранжерей, таксономической принадлежности, условий культивирования и

морфологических особенностей оранжерейных растений. Среди ассоциативных микроорганизмов, сопряженных с корнями растений-эдификаторов, всегда выявляются доминирующие виды. Некоторые бактерии могут оказывать положительное влияние на рост и развитие коллекционных растений, существенно повышая их адаптационные возможности к стрессовым условиям культивирования в закрытом грунте.

Исследования проведены при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 12-04-31446 мол\_а) и ОБН РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий».

#### Список литературы

1. Порубиновская Г.В. Коллекции тропических и субтропических растений ГБС АН СССР и принципы их комплектования. Интродукция тропических и субтропических растений. М.: Наука, 1980. С. 27–42.
2. Головкин Б.Н., Демидов А.С., Кузьмин З.Е., Золкин С.Ю., Коломейцева Г.Л. Формирование коллекционных фондов тропических и субтропических растений // История науки и техники. 2010. № 5. С. 22–27.
3. Арнаутов Н.Н., Арнаутова Е.М., Васильева И.М. Каталог оранжерейных растений Ботанического сада Ботанического института им. В.Л.Комарова. СПб.: ООО Изд-во «Росток». 2003. 160 с.
4. Арнаутов Н.Н., Арнаутова Е.М., Васильева И.М. Путеводитель по оранжереям ботанического сада. СПб.: ООО Изд-во «Росток». 2004. 144 с.
5. Разумовский С.М. Труды по экологии и биогеографии (полное собрание сочинений). М.: Тов-во науч. изд. КМК. 2011. 722 с.
6. Игнатов М.С., Озерова Л.В. Мхи в оранжерее Главного ботанического сада в Москве // Астоа, 2012. Вып. 21. С. 169–172.
7. Цавкелова Е.А., Александрова А.В., Чердынцева Т.А., Коломейцева Г.Л., Нетрусов А.И. Ассоциативные микромицеты тропических вьетнамских орхидей // Микология и фитопатология. 2005. Т. 39. № 1. С. 46–52.
8. Селиванов И. А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука. 1981. 230 с.
9. Литвинов М.А. Почвенные гифомицеты / Жизнь растений: В 6-ти т. / Гл. ред. А. А. Федоров. Т. 2. Грибы / Под ред. М.В. Горленко. М.: Просвещение. 1976. С. 376–383.
10. Spaepen S., Vanderleyden J., Remans R. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling // FEMS Microbiol. Rev. 2007. V. 31. P. 425–448.
11. Tsavkelova E.A., Cherdyntseva T.A., Klimova S. Yu., Shestakov A.I., Botina S.G., Netrusov A.I. Orchid-associated bacteria produce indole-3-acetic acid, promote seed germination, and increase their microbial yield in response to exogenous auxin // Arch. Microbiol. 2007. 188. № 6. P. 655–664.

12. Шелепова О.В., Озерова Л.В., Колобов Е.С. Микроорганизмы, сопряженные с ризосферой растений рода *Zamia* L. в Фондовой оранжерее ГБС РАН // Бюл. Главн. ботан. сада. 2012. Вып. 199. № 2. С. 38–42.

13. Лобакова Е.С., Оразова М.Х., Добровольская Т.Г. Структура микробных комплексов апогеотропных корней и прикорневой зоны саговниковых растений // Микробиология. 2003. Т. 72. № 5. С. 707–713.