

Пути и принципы развития консортивных связей

П.Ю. Колмаков, Е.В. Антонова

Учреждение образования «Витебский государственный университет
имени П.М. Машерова»

Микоризные корневые окончания претерпевают устойчивые пути своего динамического развития, связанные с изменениями анатомического строения. Данный вопрос может быть рассмотрен через «функциональное динамическое равновесие», которое во многом зависит как от внешних факторов окружающей среды, так и от физиологических процессов, которые происходят внутри грибного и растительного компонентов. В статье, согласно цели исследования, впервые сформулированы и охарактеризованы принципы динамического и устойчивого путей эволюционного развития консортивных связей в природе.

Материал и методы. Материал исследования – микоризные корневые окончания Ели обыкновенной *Picea abies* (L.) Karst. (семейство Pinaceae Lindl.). Методы: сравнительное изучение неокрашенных поперечных срезов микоризных окончаний с использованием замораживающего микротомы Leica CM 1860 и микроскопа с сопутствующим программным обеспечением Leica DM 2500 в научно-исследовательской лаборатории.

Результаты и их обсуждение. В основе взаимоотношений составляющих компонентов любой экосистемы лежат динамическое равновесие и его разновидности. Разноуровневые эволюционные ступени функциональных партнеров приводят к многообразию динамических взаимодействий, направленных на достижение взаимовыгодной сбалансированности протекающих филогенетических явлений.

С непрерывным течением всего процесса развития консортивных связей изменяется анатомическая структура микоризы, но неизменным остается стремление всей системы взаимодействующих компонентов к непрекращающемуся во времени и пространстве динамическому равновесию и сохранению жизненно важного рационального баланса между партнерами.

Заключение. Логический процесс развития консортивных взаимоотношений грибного и растительного компонентов состоит в сохранении динамического равновесия на всех жизненных этапах развития корневого окончания. На примере микоризы хвойных прослеживаются принципы динамического и устойчивого путей эволюционного развития консортивных связей в природе: постоянства, устойчивости во времени и пространстве, непрерывности процесса, комфортности. Динамизм взаимоотношений консортов способствует эволюционной адаптации взаимодействующих партнеров друг к другу. Благодаря динамическому равновесию достигается и поддерживается единство и целостность гармоничной природной структуры.

Ключевые слова: динамическое и устойчивое развитие корневого окончания, пути и принципы, консортивные связи.

Ways and Principles of Consort Links Development

P.Yu. Kolmakov, E.V. Antonova

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

Mycorrhiza root endings undergo dynamic development in connection with their anatomical structure. This issue can be considered through «functional dynamic balance» which depends to a great extent on both outer environmental factors and physiological processes inside the fungi and plant components. According to the research purpose, for the first time, principles of dynamic and stable ways of evolution development of consort links in nature are formulated and characterized in the article.

Material and methods. The research material is *Picea abies* (L.) Karst. (the family of Pinaceae Lindl.) mycorrhiza root endings. The research methods are comparative study of tintless cross sections of mycorrhiza endings applying the freezing microtome Leica CM 1860 and microscope with software Leica DM 2500 at the research laboratory.

Findings and their discussion. The basis of the interrelations of the components of any ecosystem is the dynamic balance and its subtypes. Different level evolution steps of functional partners result is the variety of dynamic interactions aimed at reaching mutually beneficial balance of the ongoing phylogenetic phenomena.

With the continuous flow of the whole process of consort links development the anatomic structure of mycorrhiza changes but the direction of the whole system of the interacting components to the non-stop in space and time dynamic balance and preservation of vitally important rational balance between partners remains stable.

Conclusion. The logical process of the development of consort interrelations between the fungi and the plant components means preservation of the dynamic balance at all life stages of the development of the root ending. On the example of conifers

mycorrhiza principles of the dynamic and stable ways of the evolution development of consort links in nature are traced: stability in time and space, continuity of the process, comfort. The dynamism of consort interrelations promotes evolution adaptation of the interacting partners to each other. Due to dynamic balance unity and wholesomeness of the harmonic nature structure is reached and preserved.

Key words: *dynamic and stable development of the root ending, ways and principles, consort links.*

Одной из основных проблем современной экологии является биологическое регулирование, сохранение устойчивости экосистемы, ее равновесия [1]. Яркий пример сложного биологического явления – симбиоз грибов с корнями высших растений. Определенные микосимбиотические структуры образуются в результате взаимного влияния разнородных организмов друг на друга [2]. Основа паразитизма и симбиотрофии – это способ естественного извлечения организмами из окружающей среды материальных условий для своего развития. Возможно, что паразитические и симбиотические взаимодействия особей имеют общее происхождение. Дальнейшее эволюционное развитие таких начальных форм взаимоотношений стало происходить различными путями, обусловленными разными конечными целями, – физиологическая и ценоцитная ассоциация организмов с установлением динамического равновесия. Виды и типы взаимодействий живых организмов эволюционно не трансформируются друг в друга с течением времени, а развиваются параллельно от начальных общих форм. Существование различных видов паразитизма, форм эндомикориз, эктомикоризы и ее производных объясняется параллельной их эволюцией в течение длительного времени [3] и разными путями в достижении функционального динамического равновесия.

Сочетание связанных в жизнедеятельности организмов – консорция [4]. Различные особи взаимодействуют друг с другом с образованием новых филогенетически значимых функциональных связей. В состоянии консорции вступают представители из разных таксономических групп высокого ранга. Результат такого взаимодействия – формирование и дальнейшее развитие разнообразных в эволюционном отношении жизненных комплексов.

В ультраструктуре сети Гартига в микоризных ассоциациях наблюдается обилие свободно располагающихся в общей цитоплазме ядер с возможностью парасексуальных процессов, а это уже вариативность дальнейшего развития коэволюции организмов разных таксонов высокого ранга. С течением длительного времени «социальный комплекс организмов» [5] будет становиться все больше и «физиологическим комплексом», ведущим к усовершенствованию проводящей и фотосинтезирующей систем объединенных в одно целое разнородных организмов.

Микоризные корневые окончания претерпевают устойчивые пути своего динамического развития, связанные с изменениями анатомического строения. Данный вопрос может быть рассмотрен через «функциональное динамическое равновесие», которое во многом зависит как от внешних факторов окружающей среды, так и от физиологических процессов, которые происходят внутри грибного и растительного компонентов.

Характерные структурные признаки микоризных окончаний: хорошо выраженный наружный грибной чехол, имеющий разнообразную форму и строение, сеть Гартига. В более старых микоризах или при неблагоприятных для роста условиях присутствует и внутриклеточная инфекция. В несформировавшихся микоризах может не быть либо наружного чехла, либо сети Гартига [2]. В литературных источниках нет конкретных данных о структурно-функциональной зависимости указанных признаков друг от друга.

Цель исследования – отразить пути и принципы динамического и устойчивого развития консортивных связей в природе на примере микоризных корневых окончаний Ели обыкновенной.

Материал и методы. Материал исследования – микоризные корневые окончания Ели обыкновенной *Picea abies* (L.) Karst. (семейство *Pinaceae* Lindl.). В подписях под рис. 1–4 приведены номера образцов.

Методика исследований рассмотрена нами в работе по проникновению грибного компонента в корневые окончания *Picea abies* (L.) Karst. [6].

Результаты и их обсуждение. Экосфера является гомеостатической системой, находящейся в состоянии динамического равновесия, способной к саморегуляции и обладающей возможностью, в определенных пределах, противостоять изменениям внешней среды [7]. В основе взаимоотношений составляющих компонентов любой экосистемы лежат динамическое равновесие и его разновидности.

сти. Разноуровневые эволюционные ступени функциональных партнеров приводят к многообразию динамических взаимодействий, направленных на достижение взаимовыгодной сбалансированности протекающих филогенетических явлений.

Микоризный статус высших растений привязан к природным зонам Земли [8]. Особенности распространения разных видов микоризы способствуют их параллельному эволюционному развитию в глобальном масштабе.

Взаимоотношения функциональных партнеров, сравнение их динамического равновесия в различных схемах геоботанического районирования целесообразны только при расширенном понимании самого термина консорции. Предлагается считать одним типом консорции, по мнению Б.А. Быкова [9], совокупность организмов, относящихся к одной экобиоморфе.

Взаимодействия грибного и растительного компонентов изначально могут быть рассмотрены в пределах консорции на организменном уровне как первичной структуры, где можно выделить микобионт и фитобионт.

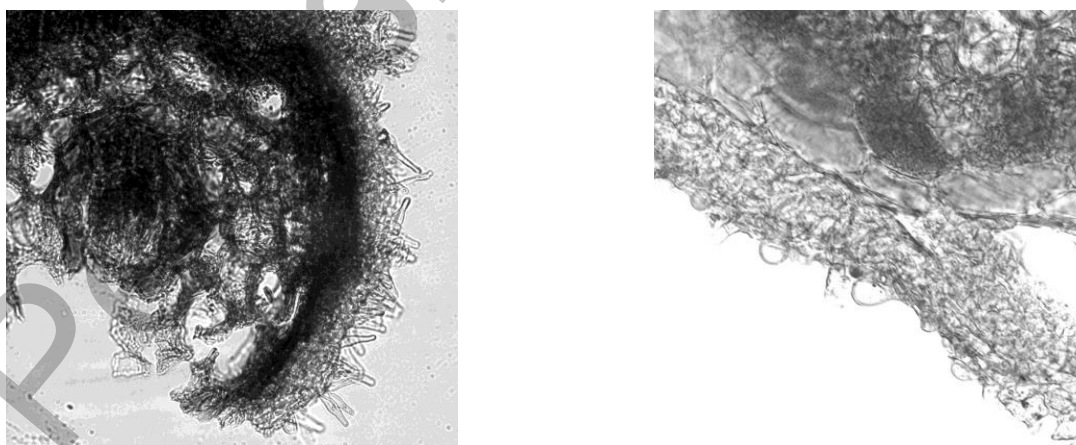
Сложнее исследовать особенности динамического равновесия в ценопопуляционных консорциях. Это должно происходить внутри одного сообщества, поскольку популяции одного и того же вида из разных сообществ образуют разные консорции [10].

Чем выше единица [11] геоботанического районирования, используемая в сравнительных исследованиях, тем отчетливее прослеживается специфика консортивных связей фитобионта с микобионтами. Фитобионт в каждой единице геоботанического районирования будет одним и тем же, а вот набор и сочетание его микобионтов различны. Степень этого различия указывает на эколого-биологические особенности фитобионта в той или иной единице геоботанического районирования.

С непрерывным течением всего процесса развития консортивных связей изменяется анатомическая структура микоризы, но неизменным остается стремление всей системы взаимодействующих компонентов к непрекращающемуся во времени и пространстве динамическому равновесию и сохранению жизненно важного рационального баланса между партнерами.

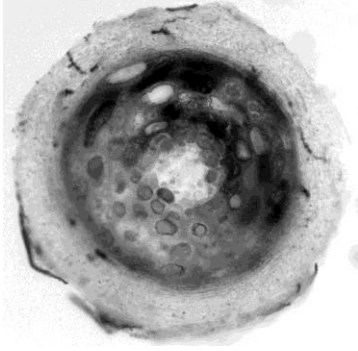
На примере микоризы хвойных прослеживаются принципы динамического и устойчивого путей эволюционного развития консортивных связей в природе: постоянства, устойчивости во времени и пространстве, непрерывности процесса, комфортности.

На рис. 1–4 последовательно показаны пути развития консортивных связей в микоризных корневых окончаниях Ели обыкновенной.



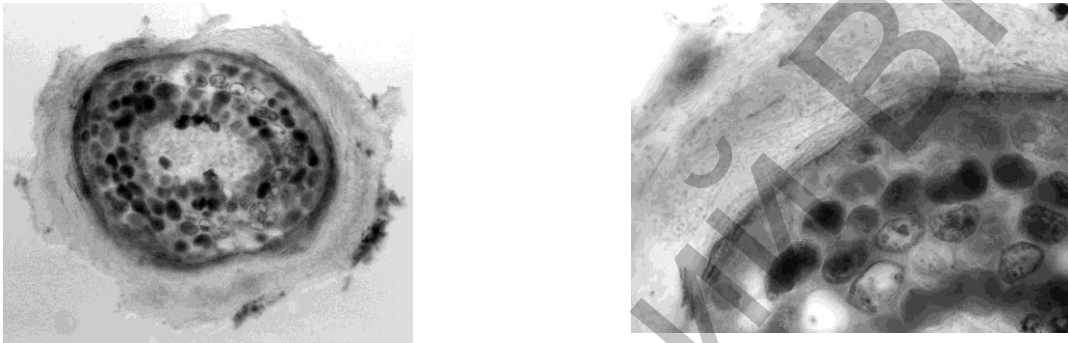
Единичный грибной чехол плектенхиматического сложения [2]. Стерильные элементы гимения плотным слоем обволакивают чехол грибного компонента. Наружный слой экзодермы со сплюснутыми клетками и сильной суберинизацией. № образцов: 01-2014, 11-2016.

Рис. 1. Первый путь динамического и устойчивого развития корневого окончания



Увеличение размера чехла грибного компонента. Толщина чехла равна половине толщины первичной коры. Грибной чехол одиночный и равномерный. № образца: 18-2016.

Рис. 2. Второй путь динамического и устойчивого развития корневого окончания



Все клетки первичной коры переполнены грибным компонентом. Чехол равномерный двойной. № образца: 21-2016.

Рис. 3. Третий путь динамического и устойчивого развития корневого окончания



Очень сильная суберинизация всей первичной коры. Угнетение грибного компонента наружного чехла и разобщение внутриклеточных грибных структур (пелотонов и везикул) до определенного уровня. Вся система «дерево-гриб» застыла во времени, достигнув динамического равновесия: устойчивости. № образца: 25-2016.

Рис. 4. Четвертый путь динамического и устойчивого развития корневого окончания

На каждом этапе четко прослеживаются достижение динамического равновесия и сохранение жизненно важного рационального баланса между взаимодействующими партнерами. Динамизм взаимоотношений консортов способствует эволюционной адаптации организмов друг к другу. Благодаря динамическому равновесию достигается и поддерживается единство и целостность гармоничной природной структуры.

Заключение. Логический процесс развития консортивных взаимоотношений грибного и растительного компонентов состоит в сохранении динамического равновесия на всех жизненных этапах развития корневого окончания. От момента образования микоризного окончания и до его естественного отмирания сохраняется функциональное динамическое равновесие между всеми структурными компонентами консорции с постепенным изменением баланса в связи «дерево–гриб». На примере микоризы хвойных прослеживаются следующие принципы динамического и устойчивого путей эволюционного развития консортивных связей в природе:

- микориза постоянно образуется и отмирает на протяжении всего времени существования консорции (*принцип устойчивости во времени и пространстве*);
- грибной компонент можно найти во всех структурах корневого окончания: снаружи корня, между клетками, в клетках. Грибной партнер не приходит и не уходит во времени, а постоянно присутствует в корне (*принцип постоянства*);
- непрерывность процесса достижения динамического равновесия на всех этапах онтогенетического развития микоризы (*принцип непрерывности процесса*);
- каждый из взаимодействующих компонентов консорции стремится к максимальному функционально комфортному физиологическому состоянию (*принцип комфортности*). При этом сохраняются единство и целостность организационной структуры каждого из партнеров в пределах консорции и жизненно важный рациональный баланс между ними.

Консортивные связи – эволюционно развивающиеся взаимоотношения организмов в природе. В процессе длительного филогенетического взаимодействия грибной и растительный компоненты становятся ближе друг к другу за счет динамического и устойчивого путей развития консортивных связей во времени и пространстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радкевич, В.А. Экология / В.А. Радкевич. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 320 с.
2. Селиванов, И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза / И.А. Селиванов. – М.: Наука, 1981. – 232 с.
3. Wang, B. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants / B. Wang, Y.-L. Qiu // *Mycorrhiza*. – 2006. – Vol. 16. – P. 299–363.
4. Гребенщиков, О.С. Геоботанический словарь / О.С. Гребенщиков. – М.: Наука, 1965. – 228 с.
5. Каратыгин, И.В. Козволюция грибов и растений / И.В. Каратыгин. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 118 с.
6. Колмаков, П.Ю. Проникновение грибного компонента в корневые окончания *Picea abies* (L.) Karst. / П.Ю. Колмаков, Е.В. Антонова // *Вестн. Віцеб. дзярж. ун-та*. – 2017. – № 4(97). – С. 40–47.
7. Пальцев, А.И. О питании и здоровье / А.И. Пальцев. – Новосибирск: Сиб. универс. изд-во, 2008. – 196 с.
8. Read, D.J. Mycorrhizal fungi as drivers of ecosystem processes in heathland and boreal forest biomes / D.J. Read, J.R. Leake, J. Perez-Moreno // *Can. J. Bot.* – 2004. – № 82. – P. 1243–1263.
9. Быков, Б.А. Геоботанический словарь / Б.А. Быков. – Алма-Ата: Наука, 1973. – 216 с.
10. Работнов, Т.А. О консорциях / Т.А. Работнов // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд-е биологии*. – 1969. – Т. 74, вып. 4. – С. 109–116.
11. Гельтман, В.С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В.С. Гельтман. – Минск: Наука и техника, 1982. – 326 с.

REFERENCES

1. Radkevich V.A. *Ekologiya* [Ecology], Minsk, Vysheishaya shkola, 1983, 320 p.
2. Selivanov I.A. *Mikosimbiotrofizm kak forma konsortivnykh svyazei v rastitelnom pokrove Sovetskogo Soyuz* [Mycosymbiotrochism as a Form of Consort Links in the Vegetation of the Soviet Union], M., Nauka, 1981, 232 p.
3. Wang, B. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants / B. Wang, Y.-L. Qiu // *Mycorrhiza*. – 2006. – Vol. 16. – P. 299–363.
4. Grebenshchikov O.S. *Geobotanicheski slovar* [Geobotanical Dictionary], M., Nauka, 1965, 228 p.
5. Karatygin I.V. *Koevolutsiya gribov i rastenii* [Coevolution of Fungi and Plants], SpB, Gidrometeoizdat, 1993, 118 p.
6. Kolmakov P.Yu., Antonova E.V. *Vesnik VDU* [Journal of VSU], 2017, 4(97), pp. 40–47.
7. Paltsev A.I. *O pitanii i zdoroviye* [About Nourishment and Health], Novosibirsk, Sibirskoye un-tskoye izd-vo, 2008, 196 p.
8. Read, D.J. Mycorrhizal fungi as drivers of ecosystem processes in heathland and boreal forest biomes / D.J. Read, J.R. Leake, J. Perez-Moreno // *Can. J. Bot.* – 2004. – № 82. – P. 1243–1263.
9. Bykov B.A. *Geobotanicheski slovar* [Geobotanical Dictionary], Alma-Ata, Nauka, 1973, 216 p.
10. Rabotnov T.A. *Bulleten Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otdeleniye biologii* [Bulletin of Moscow Society of Nature Explorers. Department of Biology], 1969, 74(4), pp. 109–116.
11. Geltman V.S. *Geograficheski i tipologicheski analiz lesnoi rastitelnosti Belorussii* [Geographical and Typological Analysis of Forest Vegetation of Belarus], Minsk, Nauka i tekhnika, 1982, 326 p.

Поступила в редакцию 10.10.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: pavel_kolmakov@list.ru – Колмаков П.Ю.