

Выявлены различия в содержании элементов в образцах чаги от условий произрастания березовых насаждений (тип и подзоны леса, бонитет дерева, состав гумуса, рельеф местности, подстилка) и морфологических параметров чаги (масса), – данные не представлены.

Полученные результаты показывают сложный состав элементов *I. obliquus* в различных регионах Республики Беларусь, что может определяться условиями произрастания березовых насаждений. Образцы чаги могут быть использованы для разработки БАД и лекарственных средств. Чага является уникальной и универсальной природной субстанцией, хорошим источником необходимых организму химических элементов (эссенциальных) и других биологически активных веществ.

ВЗАИМОСВЯЗИ ВНУТРИ КОНСОРТНЫХ МИКОАССОЦИАЦИЙ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ И СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ

Некляев С.Э.^{1,2}, Ларина Г.Е.², Гниненко Ю.И.¹

¹ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства»,
Российская Федерация,

slava9167748107@yandex.ru

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», Российская Федерация;

larina.galina2014@gmail.com

INTERRELATIONSHIPS WITHIN CONCERT MYCOASSOCIATIONS OF *PICEA ABIES* L. AND *PINUS SYLVESTRIS* L. OF CONIFEROUS-BROADLEAFED FORESTS

Nekliaev S.E. ^{1,2}, Larina G.E. ², Gninenko Yu.I. ¹

Вопросы взаимодействия деревообитающих грибных сообществ между собой при занятии субстрата в лесных ценозах с преобладанием ели европейской (*Picea abies* L.) и сосны (*Pinus sylvestris* L.) остаются малоизученными. Нами были выделены стратегии адаптации микоценозов (банализация) к изменениям в условиях окружающей среды, показаны различия в достижении эффективной функциональной роли сообществ грибов: от активного антагонистического подавления (угнетения) до диверсификации со сменой уровня субстрата (адаптация). На проявление механизма взаимодействия грибов влияло как механическое строение, так и химический состав древесины, что позволило определить закономерности характера отношений между видами грибов на субстрате.

Вегетативная несовместимость широко распространена у грибов из разных таксонов – миксомицетов, оо-, аско-, базидио-, дейтеромицетов, а также типов питания – сапротрофов, некротрофов, биотрофов, коптротрофов и др. (Стороженко, 2014; Zabel et al., 2020). При заселении на древесные субстраты популяции многих грибов распадаются на большое число групп, что вызывает изоляцию колоний друг от

друга (Evolution ..., 2011; Boddy et al., 2016). Для многих видов грибов характерна трофическая пластичность и широкий диапазон выносливости с большими возможностями для распространения, в ситуации с дефицитом субстрата может получить сужающаяся кривая толерантности. Поэтому для увеличения экологической устойчивости локальных мест обитания при общем высоком пространственно-временном разнообразии у некоторых грибов сформировалась консортная приуроченность к деревьям конкретных семейств (Zabel et al., 2020; Hiscox et al., 2018). Цель нашей работы – изучение взаимодействия микоассоциаций в лесных ценозах с преобладанием ели европейской и сосны обыкновенной в хвойно-широколиственных лесах.

Для изучения структуры консортных микоассоциаций в период 2017-2024 гг. было проведено исследование 995 модельных старовозрастных деревьев *Picea abies* и *Pinus sylvestris* на 198 пробных площадях в лесопарковых насаждениях и зеленых зонах населенных пунктов на территории г. Москва, Московской и Рязанской области. Для отдельного модельного дерева проводили прямые измерения влажности, освещенности и pH древесины (ГОСТ 18610-82, 33776-2016). В отобранных образцах древесины, коры, корней, хвои и листья, имеющие плодоношения грибов, общепринятыми методами идентифицировали видовую принадлежность микомицетов по морфологическому строению с использованием специализированных определителей (Жуков и др., 2003; Змитрович 2008; Стороженко и др., 2014; Переведенцева, 2015; Благовещенская, 2015; Niemelä 2016 Кураков и др., 2023). Статистическую обработку проводили в пакете MS Excel 2016, STATISTICA 8.0.

На жизнедеятельность древесных пород семейств Pinaceae, Betulaceae, Salicaceae оказывают представители отделов Ascomycota и Basidiomycota. Если для молодых хвойных растений (ель, сосна) решающее влияние на развития оказывают аскомицеты из рода *Lophodermium*, *Dothistroma*, *Phacidium*, *Sclerophoma*, *Coleosporium*, *Sphaeropsis* *Cytospora*, *Melampsora*, *Gremmeniella*, *Ascocalyx*, *Cenangium*, *Biatorella*, *Truncatella*, то в старших возрастах занимают значительное место в микокомплексе базидиомицеты, в частности, представители из родов *Heterobasidion*, *Phaeolus*, *Phellinus*, *Stereum*, *Gloeophyllum*, *Coniophora*, *Neoantrodia* *Oligoporus*, *Postia*, *Trichaptum*, *Skeletocutis*, *Fuscopostia*, *Onnia*.

В ходе исследования было установлено, что грибы для занятия субстрата вырабатывали четыре типа стратегии колонизации. Этот подход позволяет им занимать и удерживать субстрат до полного потребления доступных питательных веществ с учетом биологии вида (Таблица).

Рассматривая виды взаимодействия на хвойных породах семейства Pinaceae установлено, что в парах ксилотрофов *Fomitopsis pinicola*-*Trichaptum abietinum*, *F. pinicola*-*Gloeophyllum sepiarium*, *F. pinicola*-*Trichaptum fuscoviolaceum*, имеет место активный антагонизм, при котором *F. pinicola* выдавливает с субстрата конкурента на поверхностные слои заболони. Однако в паре с *Rhodofomes roseus*-*Coniophora olivacea* она ими подавляется, на что влияет изменение не только влажности, но и pH древесины, которое вырастает с 4,2 до 4,9-5,2. Схожие тенденции выявлены и в парах *T. fuscoviolaceum*-*Neoantrodia serialis*, *T. fuscoviolaceum*-*C. olivacea*, *T. fuscoviolaceum*-*Coniophora arida*, где сапроксилотрофы плотно осваивают глубокие слои древесины, вытесняя *T. fuscoviolaceum* к верхним слоям заболони. Вместе с этим *T. fuscoviolaceum*, *G. sepiarium*, *T. abietinum* выработали устойчивость к хорошо освещенному субстрату, выдерживая освещенность до 4608 люкс, при том, что сапроксилотрофы успешно развиваются только при уровне освещенности менее 2586 люкс, а отдельные виды даже – 953 Лк.

Таблица – Стратегии колонизации субстрата деревообитающими грибами

Характеристики	Активная конкуренция	Пассивная конкуренция	Игнорирование конкурента	Обход конкурента
Особенности	быстрый рост; захват первичных ресурсов	устойчивость к специфическим стрессам	способность игнорировать жизнедеятельность конкурентов	способность заселять близкие по химическому составу субстраты
Темпы роста	быстрое прорастание и рост спор	иногда медленно	не особенно медленно	не особенно медленно
Ферментативная способность	относительно узкая способность	широкие возможности	широкие возможности	широкие возможности
Утилизируемые субстраты	субстрат с незначительно модифицированным составом	субстрат с модифицированным составом	субстрат с модифицированным составом	субстрат как с незначительным, так и модифицированным составом
Сроки образования базидиом	на ранних стадиях жизненного цикла	на более поздних стадиях жизненного цикла, иногда спорадические	на более поздних стадиях жизненного цикла, иногда спорадические	на ранних стадиях жизненного цикла
Устойчивость к конкуренции	низкий; легко заменяется	стойкий, при этом замедляется специфический стрессом	зависит от способности захватывать и защищать территорию	стойкий, но способен обходить конкуренцию

Необходимо отметить, что при значительном уровне модификации субстрата ксилотрофы уступают место сапроксилотрофам, тем самым формируя неравномерную во времени линейную структуру сукцессий. При отмирании дерева, после прекращения сокодвижения и первичного высыхания древесины, биотрофы уступают субстрат ксилотрофам.

В ходе исследования молодняков сосны были получены данные об особенностях взаимодействия между аскомицетом *Cenangium ferruginosum* и базидиомицетами *Stereum sanguinolentum* и *Hypochnicium bombycinum*. Аскомицет заселял средние и верхние части ветвей, а нижние части и ствол осваивали базидиомицеты. В ситуации конкуренции (или сближения границ распространения мицелия) *C. ferruginosum* обходил гифы *S. sanguinolentum* по коре, а при «столкновении» с *H. bombycinum* обособлял колонию. Но, в свою очередь, и *H. bombycinum* переходил на верхние чешуйки коры, оставляя нижние и поверхностные слои заболони (не далее второго годичного кольца) для роста *C. ferruginosum*.

Сложный тип стратегии взаимодействия был установлен между видами аскомицетов на древесине. На субстрате, занятом представителями *Ophiostoma*, *Leptographium* наблюдалось поселение *Daldinia concentrica*, при этом гриб освоил только первых два годовых кольца заболони, основной мицелий был сформирован на коре и детрите под ней. *D. concentrica* проявил стратегию обхода конкурента аналогично *C. ferruginosum*.

Таким образом, по данным многолетних исследований было установлено, что в микоценозах хвойно-широколиственных лесов аскомицеты могут конкурировать как с представителями своего класса, так и с базидиомицетами. Выявлено, что эколого-трофические группы грибов, которые приурочены к определённому уровню кислотности древесины (рН) и формируют неравномерную во времени линейную структуру сукцессий смены микокомплексов. Вместе с этим, широкий спектр показанных стратегий позволяет предположить сложные связи с механическим строением и химическим составом древесины, как важнейшими условиями поселения деревообитающих грибов на субстрате.

Работа выполнена по теме НИР Государственного задания ВНИИЛМ на 2025-2028 года «№ 1-325 болезни хвои».

Литература

Boddy L, Hiscox J. 2016. Fungal ecology: principles and mechanisms of colonization and competition by saprotrophic fungi. *Microbiol Spectrum* 4(6): FUNK-0019-2016. PP. 116 doi:10.1128 /microbiolspec. FUNK-0019-2016.

Evolution of Fungi and Fungal-Like Organisms. Vol. XIV/ Ed. S. Pöggeler, J. Wöstemeyer. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. 366 p.

Hiscox, J., O'Leary J., Boddy L. Fungus wars: basidiomycete battles in wood decay// *Studies in Mycology*. 2018. Vol. 89. P. 117–124. DOI: 10.1016/j.simyco.2018.02.003

Niemelä, T. Suomen käävät – The polypores of Finland // *Norrinia*. 2016. Vol. 31. P. 1–430.

Zabel, R.A., Morrell J.J., Robinson S. *Wood Microbiology. Decay and Its Prevention*. London: ELSEVIER Academical Press, 2020. 556 P.

Благовещенская Е.Ю. Фитопатогенные микромицеты. М.: ЛЕНАНД, 2015. 240 с.

Жуков А.М., Гордиенко П.В. Научно-методическое пособие по диагностике грибных болезней лесных деревьев и кустарников. М: ВНИИЛМ, 2003. 123 с

Змитрович И. В. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып. 3. М.; СПб.: Тов-во науч. изданий КМК, 2008. 278 С.

Кураков А.В., Кокаева Л.Ю. Методы изучения разнообразия грибов в наземных и водных экосистемах. М.: Издательство Национальной академии микологии. 2023. 128 с.

Переведенцева, Л.Г. Определитель грибов (агарикоидные базидиомицеты). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2015. 119 с.

Стороженко В.Г. Эволюционные принципы поведения дереворазрушающих грибов в лесных биогеоценозах. Тула: Гриф и К, 2014; 184 с.

Стороженко В.Г., Крутов В.И., Руоколайнен А.В., Коткова В.М., Бондарцева М.А. Атлас-определитель дереворазрушающих грибов Русской равнины. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014; 198 с.

МОЛЕКУЛЯРНО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВИДОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГРИБОВ ИЗ РОДА *HETEROBASIDION* SPP., ИНФИЦИРУЮЩИХ ЕЛЬ ЕВРОПЕЙСКУЮ В БЕЛАРУСИ

Нестюк А.М.¹

¹Институт экспериментальной ботаники
им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси
antonina.nestyuk95@gmail.com