

Список литературы

1. Цветков В. Ф. Сосняки Кольской лесорастительной области и ведение хозяйства в них. Архангельск : Изд-во Арханг. гос. тех. ун-та, 2002. 380 с.
2. Проблемы экологии растительных сообществ Севера. СПб. : ООО «ВВМ», 2005. 450 с.
3. Ярмишко В. Т., Игнатъева О. В. Скорость роста и структура фитомассы *Pinus sylvestris* (Pinaceae) в средневозрастных сосняках Мурманской области // Раст. ресурсы/ 2020. Т. 56, вып. 4. С. 101–110.
4. Ежегодник Кольской КМК. № 5. Мончегорск, 2007. 71 с.
5. Lyanguzova I., Yarmishko V., Gorshkov V., Stavrova N., Bakkal I. Impact of Heavy Metals on Forest Ecosystems of the European North of Russia/Heavy Metals. Ch. 6. 2018. P. 92-114. DOI: 10.5772/intechopen.73323. ISBN: 978-1-78923-361-2.
6. Методы изучения лесных сообществ. СПб. : НИИХимииСПбГУ, 2002. 240 с.
7. Цветков В. Ф., Никонов В. В. Структура и запасы фитомассы хвои в сосновых молодняках Кольского полуострова // Лесоведение. 1985. № 1. С. 32–39.
8. Черненко Т. В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. М. : Наука, 2002. 191 с.

УДК 581.2

Э. В. Марамохин,

аспирант 3 года, преподаватель кафедры биологии и экологии, ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», г. Кострома, РФ,
maramokhin91@mail.ru

М. В. Сиротина,

д. б. н., зав. кафедрой биологии и экологии, ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», г. Кострома, РФ,
mvsirotnina@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ДЕСТРУКЦИИ И ДЕГРАДАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ МЕЛКОЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕКОТОРЫХ КСИЛОТРОФНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ

*Одной из важнейших биогеоценологических функций ксилотрофных базидиомицетов является разложение древесины. На этот процесс влияют экологические и биохимические особенности самих грибов, а также физико-химические особенности древесины у каждой конкретной древесной породы, погодные-климатические и гидрологические условия местообитания. Изменение любого из этих факторов влияет на особенности развития в определенных типах лесных сообществ ксилотрофов, специализирующихся на разрушении древесины, преобладающих видов фанерофитов. При этом скорость деструкции будет зависеть также и от широтного градиента. Деструкция и деградация древесины это сложный и многолетний процесс, изучать его в природных условиях крайне сложно, поэтому для решения этой задачи в ходе работы были использованы методы и приемы, применяемые в биотехнологии, а именно получение *in vitro* чистых культур некоторых ксилотрофных базидиомицетов с дальнейшим внедрением полученного мицелия в части древесины мелколиственных пород и последующей статистической обработкой полученных данных.*

Ключевые слова: ксилотрофные базидиомицеты, мелколиственные леса, деструкция, деградация, *Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Phellinus igniarius* (L.) Quel., *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst., *Inonotus obliquus* (Ach. ex Pers.) Pil.

E. V. Maramokhin,

3rd year graduate student, lecturer at the Department of Biology and Ecology, Kostroma State University, Kostroma, Russian Federation,
maramokhin91@mail.ru

M. V. Sirotnina,

Doctor of Biological Sciences, Head Department of Biology and Ecology, Kostroma State University, Kostroma, Russian Federation,
mvsirotnina@gmail.com

PECULIARITIES OF DESTRUCTION AND DEGRADATION OF TREES OF SMALL-LEAVED FORESTS UNDER THE INFLUENCE OF XYLOTROPHIC BASIDIOMYCETES

*Wood decomposition is one of the most important biogeocenotic functions of xylotrophic basidiomycetes. This process is influenced by the ecological and biochemical characteristics of the fungi, as well as by the physicochemical characteristics of wood of each specific tree species and climatic and hydrological characteristics of the habitat. Changes in any of these factors affect the formation of xylotrophs which are specializing in the destruction of wood of the predominant species of phanerophytes in certain types of forest communities. In this case, the rate of destruction will also depend on the latitudinal gradient. The destruction and degradation of wood is a complex and long-term process, it is extremely difficult to study it in natural conditions, therefore, to solve this problem, the methods and techniques used in biotechnology were used in the course of the study. In particular the *in vitro* production of pure cultures of some xylotrophic basidiomycetes with the further infusion of the obtained mycelium into the wood of small-leaved species and subsequent statistical processing of the gathered data.*

Keywords: *xylotrophic basidiomycetes, small-leaved forests, destruction, degradation, Fomes fomentarius (L.) Fr., Phellinus igniarius (L.) Quel., Piptoporus betulinus (Bull.) P. Karst., Inonotus obliquus (Ach. ex Pers.) Pil.*

Введение. Ксилотрофные базидиомицеты в фитоценозах имеют исключительно важное значение как деструкторы и фитопатогены некоторых ценных мелколиственных пород, например, таких как *Betula pendula* Roth. и *Populus tremula* L. [3, с. 98]. Обладая сложным комплексом специфических ферментов, эти организмы способны разрушать древесную целлюлозу, высвобождать и делать доступным биологически связанный углерод [9, с. 118]. На разрушение целлюлозы оказывают влияние экологические и биохимические особенности самих грибных фитопатогенов, а также особенности древесины у каждой конкретной древесной породы, погоднo-климатические и гидрологические особенности местообитания и в целом широтный градиент [7, с. 74]. Изменение любого из этих факторов оказывает существенное влияние на особенности формирования в лесных сообществах ксилотрофов, специализирующихся на разрушении древесины, преобладающих видов мелколиственных древесных пород [10, с. 28]. Для Костромской области, основа экономики которой во многом связана с лесом, исследования деструкции и деградации древесины ксилотрофными базидиомицетами имеет очень важное значение при разработке мер по повышению качества древесины и планировании лесохозяйственных и фитосанитарных мероприятий [4, с. 5].

Материалы и методы. Объектом исследования были выбраны четыре вида ксилотрофных базидиомицетов, которые широко распространены в Костромской области, и являются основными возбудителями корневых и стволовых гнилей деревьев мелколиственных пород, а также производят деструкцию детрита в лесных фитоценозах [8, с. 55]. Это такие виды как *Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Phellinus igniarius* (L.) Quel., *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst., *Inonotus obliquus* (Ach. Ex Pers.) Pil. Для этой группы организмов характерны макроскопические плодовые тела, которые примыкают одной из сторон к дереву с плотной консистенцией ткани [2, с. 15].

Для изучения особенностей деструкции и деградации древесины мицелием ксилотрофов были использованы методы, которые широко используются в биотехнологии растительных объектов [5, с. 13]. В культуре *in vitro* из части плодовых тел на питательных средах Мурасиге-Скуга и Чапека была получена чистая культура мицелия изучаемых фитопатогенов [1, с. 47].

Культуральный мицелий использовался для заражения предварительно подготовленной древесины *B. pendula* и *P. tremula*. Для этого части ветвей представленных мелколиственных пород предварительно стерилизовали в сухожаровом шкафу при температуре 160 °C с экспозицией 2,5 ч, а затем вымачивали в стерильной дистиллированной воде в течение 12 ч и измеряли массу древесины. Таким образом, исключалось первичное влияние возможно имевшихся фитопатогенов-деструкторов иной природы. Затем производили множественные надсечки на коре и инокулировали мицелий ксилотрофных базидиомицетов. Части ветвей помещались в естественные условия на 2 года, затем замерялась масса и производилась статистическая обработка полученных данных [6, с. 129].

Результаты. Как уже было отмечено, поставленный эксперимент продолжался на протяжении двух лет. За это время мицелий фитопатогенов активно внедрился в древесину, однако плодовые тела сформироваться не успели. У подавляющего числа образцов была отмечена белая гниль. В образцах пораженных *P. igniarius* были отмечены признаки деструктивной гнили, которые выражались в изменении окраски и структуры древесины. Нами была выявлена зависимость по скорости деструкции и деградации древесины. Кроме свойств самой древесины на скорость этих процессов влияет также ферментативный аппарат самого штамма ксилотрофного базидиомицета.

Быстрее разрушение древесины происходило у *B. pendula* под влиянием *F. fomentarius*, *P. betulinus* и *I. obliquus*. Более медленное отмечалось у *P. tremula* под влиянием *P. igniarius*. Скорость деструкции и деградации древесины у разных пород, пораженных ксилотрофами представлена в таблице.

Исходя из данных таблицы, если взять усредненные значения, то за двухлетний период отмечается примерно 30 % потери древесины под влиянием ферментного аппарата ксилотрофных базидиомицетов. Полученный результат позволяет нам также определить и срок полной деструкции и деградации древесины для нашей лесной зоны, что отражено на рисунке.

Т а б л и ц а

Скорость деструкции и деградации древесины мелколиственных пород за двухлетний период (n = 20)

Древесина	Потеря массы, %				
	Контроль $\bar{X} \pm S_x$	<i>F. fomentarius</i> $\bar{X} \pm S_x$	<i>P. betulinus</i> $\bar{X} \pm S_x$	<i>I. obliquus</i> $\bar{X} \pm S_x$	<i>P. igniarius</i> $\bar{X} \pm S_x$
<i>B. pendula</i>	9 ± 1,8	32 ± 2,3	43 ± 1,4	25 ± 2,7	-
<i>P. tremula</i>	7 ± 1,3	-	-	-	18 ± 1,2

Исходя из данных диаграммы видно, что в среднем скорость разрушения древесины составляет 6–7 лет для пород пораженных ксилотрофными базидиомицетами. А для древесины, первично не пораженной фитопатогенами он составляет более 25 лет при условии отсутствия или слабого поражения фитопатогенами (что в условиях реального лесного фитоценоза невозможно).

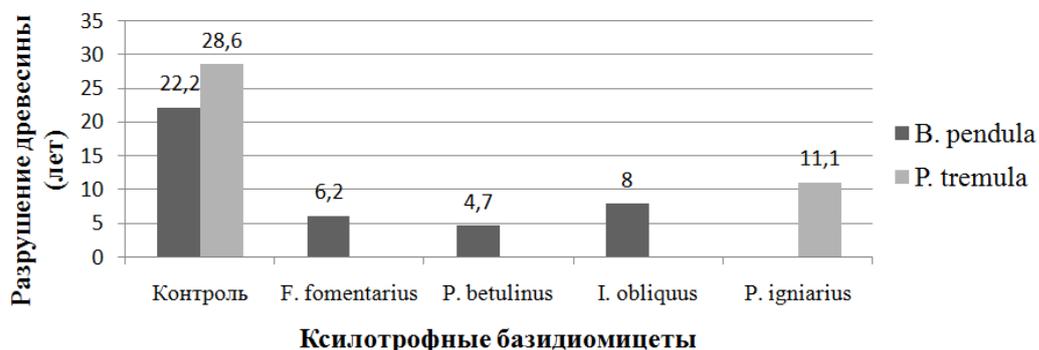


Рис. Расчетная скорость полной деструкции и деградации древесины в лесах Костромской области

Заключение. В лесных фитоценозах Костромской области ксилотрофные базидиомицеты занимают ведущую роль в биодеструкции и деградации древесины, что подтверждается полученными данными. За два года теряется до 30 % древесины, а скорость полного разрушения целлюлозы составляет всего около 6 лет. Результаты работы во многом проливают свет на экологию ксилотрофных базидиомицетов, и могут быть использованы при проведении санитарных и лесотехнических мероприятий по борьбе с фитопатогенами и для повышения качества древесины, получаемой от мелколиственных пород.

Список литературы

1. Ильин Д. Ю., Ильина Г. В., Сашенкова С. А., Шкаев Н. В., Филатов А. Экологические аспекты лабораторного культивирования природных изолятов ксилотрофных базидиомицетов, распространенных в Пензенской области и перспективных в биотехнологии // *Нива Поволжья*. 2015. № 4(37). С. 44–53.
2. Левченко А. В. Эколого-биологические особенности динамики развития ксилотрофных базидиомицетов долины нижней Волги / автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Астраханский государственный университет. Астрахань, 2012. 23 с.
3. Марамохин Э. В. Некоторые особенности экологии ксилотрофных базидиомицетов мелколиственных лесов Красносельского района Костромской области // *Ступени роста – 2019 : тезисы 71-й межрегиональной науч.-практ. конф. молодых ученых*. Кострома, 2019. С. 98–99.
4. Марамохин Э. В. Ксилотрофные базидиомицеты мелколиственных лесов Костромской области // *Вестник Нижневартковского государственного университета*. 2020. № 1. С. 4–9. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/01>.
5. Марамохин Э. В., Сиротина М. В., Зонтиков Д. Н. Культивирование мицелия и изучение фитопатогенности некоторых ксилотрофных базидиомицетов в условиях *in vitro* // *Вестник Нижневартковского государственного университета*. 2020. № 2. С. 12–18. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-2/02>.
6. Сафонов М. А., Устинова Г. М. Субстратная специализация ксилотрофных грибов, как фактор, определяющий их расселение // *Вертикаль: вестник молодой науки Урала*. 1997. Т. 2. № 1. С. 128–130.
7. Сафонов М. А. Вклад пойменных лесов в биоразнообразие дереворазрушающих грибов Оренбургской области // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2015. № 10(185). С. 73–76.
8. Стороженко В. Г. Пораженность осинников Костромской области ложным осиновым трутовиком // *Лесное хозяйство*. 1979. № 10. С. 54–55.
9. Тюкавина О. Н., Покрышкин С. А. Биологические основы устойчивости тополя бальзамического к ксилотрофным базидиомицетам // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2017. № 6(129). С. 116–121.
10. Burdon J. J., Thrall P. H. Spatial and temporal patterns in coevolving plant and pathogen associations // *The American Naturalist*. 1999. V. 153. № S5. P. S15–S33. <https://doi.org/10.1086/303209>.