

СКОРОСТЬ МИКОГЕННОЙ ДЕСТРУКЦИИ ДРЕВЕСИНЫ В ЛЕСАХ ЮЖНОГО ПРИУРАЛЬЯ

Базилиальные грибы являются основными деструкторами древесины. Экспериментальные данные показывают, что скорость разложения ими древесины варьирует в зависимости от родовой принадлежности субстрата, конкретных условий местообитания. Максимальная скорость разложения была отмечена у образцов древесины вяза, наименьшая – для древесины дуба. Средняя расчетная продолжительность разрушения веточного отпада в лесах Южного Приуралья составляет 9,9 года. Наименьшие сроки необходимы для разложения древесины вяза, сосны и осины.

Синтез и распад биомассы – два важнейших противоположно направленных процесса, происходящих в биосфере. Для экосистем, находящихся в устойчивом состоянии, характерно сохранение определенного баланса между этими процессами. Как известно, максимальное количество фитомассы продуцируется лесами, поэтому особого внимания заслуживает изучение процессов деструкции этой фитомассы. Основной группой живых организмов, осуществляющих этот процесс, являются высшие базилиальные грибы [1]. Процесс микогенного разложения древесины заключается в изменении ее химического состава в результате деструкции целлюлозы и лигнина под влиянием ферментов грибов и проявляется в изменении физических характеристик древесины, таких как плотность, окраска и т. д. Наиболее значимым индикатором деструкционного процесса является потеря массы древесины.

Скорость изменения массы древесины зависит от многих факторов. К ним, в частности, относится родовая принадлежность субстрата, поскольку древесина разных родов древесных растений, вследствие отличий в химическом составе, обладает разной устойчивостью в отношении грибной инвазии и разной скоростью деструкции [1, 2 и др.].

Видовой состав деструкторов является очень важным фактором, определяющим ход процесса разложения из-за различий в составе ферментного комплекса видов, а также интенсивности выработки этих ферментов. Влияние этого аспекта физиологии дереворазрушающих грибов на скорость разложения древесины было неоднократно доказано экспериментально [1, 3-5 и др.]. Следует также отметить, что по мере деструкции видовой состав грибов изменяется, что приводит к изменению ее скорости.

Ход деструкции также зависит от размеров субстрата. Чем больше размер субстрата, тем больше требуется времени на его разложение

[6]. Также на деструкционные процессы оказывают влияние особенности среды, т. е. биотопа – определенный тип леса, положение в пределах определенной природно-климатической зоны, уровень антропогенной нагрузки и т. д. [1, 7, 8 и др.].

Целью наших исследований было установление скорости микогенной деструкции древесины в лесах Южного Приуралья и ее варьирование в зависимости от родовой принадлежности древесины, от условий среды.

Материалы и методы

Оценка скорости биологического разложения древесины проводилась по методике, основанной на закладке в подстилку образцов ветвей диаметром 1-5 см, длиной 15-20 см известной массы. По убыли массы образцов за определенный период времени оценивали величину биологического разложения [1].

Было заложено 4 серии образцов древесины. Первая серия включала образцы древесины клена, вяза, липы, сосны, березы, осины, дуба (по 35 шт.), заложенные на срок 3 года. Вторая серия включала образцы древесины клена, вяза, липы, сосны, осины, дуба (по 35 шт.), заложенные на срок 3 года. Третья серия включала образцы древесины березы, заложенные на срок 1 год в разных районах региона (по 35 шт.). Четвертая серия включала образцы березы, заложенные на срок 4 года с ежегодным изъятием части образцов (всего 140 шт.). В общей сложности было заложено и проанализировано 700 образцов.

Образцы древесины были заложены: сосны – в сосняке лишайниковом в 35 кв. Борового лесничества Бузулукского бора (Бузулукский район); клена и липы – в кленовнике липовом ясенниковом в 73 кв. Алмалинского лесничества Тюльганского лесхоза; дуба – в дубраве снытевой в 41 кв. Алмалинского лесничества Тюльганского лесхоза; осины – в осиннике раз-

нотравном в 42 кв. Алмалинского лесничества Тюльганского лесхоза; березы – в березняке разнотравном в 42 кв. Алмалинского лесничества Тюльганского лесхоза, в березняке разнотравно-крапивном в ур. Белый Камень (Кувандыкский район), в березняке разнотравном в ур. Красноперовск (Саракташский район), в березняке крапивном в 300 кв. Ташлинского лесничества Тюльганского лесхоза.

Результаты и обсуждение

Проведенные нами исследования показали, что в Южном Приуралье наблюдается варьирование скорости микогенной деструкции древесины. На опытных образцах древесины в ходе эксперимента отмечалось формирование плодовых тел ограниченного числа видов, таких как *Cylindrobasidium evolvens*, *Datronia stereoides*, *Irpex lacteus*, *Postia hibernica*. Отметим, что базидиомы образовались лишь на 9,4% образцов.

У подавляющего числа образцов была отмечена белая гниль. Только образцы древесины сосны имели признаки деструктивной гнили, выразившиеся в изменении окраски и структуры древесины (кубическое растрескивание). Изменение окраски было отмечено и у 12,8% образцов древесины клена, однако отсутствие плодовых тел не позволило диагностировать вид гриба, производящего разложение. У 70,8% образцов наблюдалось отделение коры.

Незначительное количество образцов (15,6%) имело признаки повреждения насекомыми (особенно образцы древесины клена и дуба – 26 и 21% соответственно). Исходя из этого, можно сделать вывод, что энтомофауна играет заметную роль в процессе биодеструкции древесины, однако ведущая роль, по-видимому, принадлежит все же грибам.

Результаты эксперимента показали, что в лесных экосистемах Южного Приуралья наблюдается изменение скорости деструкции древесины в зависимости от ее принадлежности к тому или иному роду древесных растений.

Максимальная скорость разрушения характерна для веточного опада вяза, осины и сосны, наименьшая – для опада дуба (табл. 1). При этом наиболее широкое варьирование показателей скорости разложения было характерно для образцов дуба, сосны и березы.

Анализ изменения массы образцов, помещенных на 1 год на лесную подстилку, показал, что общая тенденция снижения скорости

деструкции от древесины вяза к древесине дуба сохраняется, однако лимиты и дисперсии выборок значительно ниже (табл. 2).

Сравнение полученных нами данных с аналогичными материалами из других регионов (табл. 3) показало наличие ряда отличий в скорости деструкции древесных остатков в различных зональных типах лесов.

Скорость разложения древесины березы, осины и липы в широтном градиенте снижается, в то время как скорость деструкции древесины сосны несколько возрастает, что может быть связано с тем, что сосняки Бузулукского бора, где был заложен опыт, являются азональным элементом растительного покрова регио-

Таблица 1. Скорость разложения веточного опада в лесах Южного Приуралья (потеря массы за трехлетний период) (n=35)

Древесина	Потеря массы, %		
	M ± m	Lim	σ ²
<i>Ulmus laevis</i>	36,2 ± 2,5	28,1 - 45,4	44,5
<i>Populus tremulae</i>	32,5 ± 5,2	16,3 - 51,1	214,4
<i>Pinus silvestris</i>	31,6 ± 2,6	10,3 - 55,3	131,7
<i>Betula pendula</i>	25,4 ± 2,4	9,1 - 45,0	102,0
<i>Acer platanoides</i>	22,9 ± 3,3	11,0 - 34,7	65,5
<i>Tilia cordata</i>	21,2 ± 3,2	11,2 - 34,4	83,5
<i>Quercus robur</i>	14,7 ± 1,3	3,5 - 22,5	27,9

Таблица 2. Потери веса древесины после 1 года хранения в лесу на подстилке (n = 35)

Древесина	Потеря массы, %		
	M ± m	Lim	σ ²
<i>Ulmus laevis</i>	10,57 ± 0,7	8,2 - 13,3	3,8
<i>Pinus silvestris</i>	9,97 ± 0,8	3,2 - 17,4	17,3
<i>Populus tremulae</i>	9,43 ± 1,5	4,7 - 14,8	18,1
<i>Betula pendula</i>	6,87 ± 1,2	3,0 - 10,2	7,5
<i>Acer platanoides</i>	6,79 ± 1,0	3,3 - 10,3	5,7
<i>Tilia cordata</i>	6,48 ± 1,0	3,4 - 10,5	7,8
<i>Quercus robur</i>	5,98 ± 0,4	4,6 - 7,4	1,3

Таблица 3. Скорость разложения древесины в зональных лесах (потери массы за трехлетний период; n = 35)

Древесина	Потеря массы, %			
	1	2	3	4
<i>Pinus silvestris</i>	28,5 ± 1,7	32,2 ± 2,1*	19,8 ± 1,2	31,6 ± 2,6
<i>Betula pendula</i>	33,2 ± 2,3	32,8 ± 3,0*	28,2 ± 1,3	25,4 ± 2,4
<i>Populus tremulae</i>	38,2 ± 1,6	-	-	32,5 ± 5,18
<i>Tilia cordata</i>	62,8 ± 1,4	-	-	21,2 ± 3,23

* – данные за четырехлетний период наблюдения.
Зональные леса: 1 – южно-таежные темнохвойные леса Западнo-Сибирской равнины; 2 – Притобольские лесостепные колки [9]; 3 – леса Ильменского заповедника [1]; 4 – леса Южного Приуралья (наши данные).

на и отличаются специфичными природными условиями.

В пределах Южного Приуралья в широтном градиенте изменение скорости деструкции выражено слабо из-за незначительной протяженности региона с севера на юг (особенно в центральной части) и, соответственно, малой изменчивости природно-климатических условий. Тем не менее, наши данные показывают, что даже в пределах одной лесной формации показатели деструкции варьируют в зависимости от условий местообитания. Так, при сравнении потерь массы опытных образцов древесины в березняках некоторых районов Южного Приуралья (табл. 4) можно наблюдать снижение показателей от более ксерофильных березняков Саракташского района к крапивным березнякам Кувандыкского района, для которых характерна повышенная увлажненность.

Экстраполяция полученных данных о скорости деструкции древесины различных древесных растений в Южном Приуралье на определенный временной промежуток позволила нам рассчитать продолжительность процессов деструкции веточного отпада. За конечный уровень деструкции принималась 80% потеря первоначальной массы древесины [9].

Согласно нашим расчетам средняя продолжительность процесса утилизации древесины

Таблица 4. Скорость разложения древесины в березняках некоторых районов Южного Приуралья (потери массы за 1 год эксперимента; n = 35)

Тип леса	Потеря массы, %		
	M ± m	Lim	σ ²
Березняк разнотравный (Саракташский р-н)	9,37 ± 1,4	4,3 - 15,0	12,69
Березняк разнотравно-крапивный (Тюльганский р-н)	8,79 ± 1,5	4,4 - 14,1	13,55
Березняк крапивный (Кувандыкский р-н)	6,87 ± 1,2	3,0 - 10,2	7,45

Таблица 5. Изменение скорости и расчетной продолжительности процессов разложения в зависимости от длительности эксперимента

Древесина	Продолжительность опыта		ДV*
	1 год	3 года	
Ulmus laevis	8,4	6,6	4,13
Pinus silvestris	8,0	7,4	2,66
Populus tremulae	8,5	7,6	3,49
Betula pendula	10,2	9,4	6,29
Acer platanoides	11,8	10,5	3,68
Tilia cordata	12,4	11,3	2,77
Quercus robur	13,4	16,4	-7,35

* – ДV – изменение скорости разложения (% / год / за год)

основных древесных растений в Южного Приуралья составляет 9,9 года. При этом полное разложение древесины лиственных растений происходит медленнее (за 10,3 года), чем деструкция древесины сосны, которая происходит за 7,6 года. Полученные данные вполне сопоставимы с материалами исследований, проведенных В.А. Мухиным [9] в Западной Сибири: расчетная продолжительность процесса разложения древесины лиственных в подтайге – 10, в лесостепи – 11 лет.

Наименьшие сроки необходимы для разложения древесины вяза, сосны и осины (табл. 5).

При расчете продолжительности деструкции древесины необходимо учитывать не только скорость деструкции, но и ее изменение. Это доказывается существенными отличиями в величинах продолжительности, рассчитанных исходя из данных о потерях массы образцами за разное время (табл. 5).

В большинстве случаев при использовании в расчетах данных о потерях массы за 3-летний период время, необходимое для полного разложения образцов, снижалось (исключением являются лишь образцы древесины дуба).

Мы связываем это с увеличением скорости деструкции по мере увеличения длительности опыта. Чем активнее происходит разложение древесины, тем большее количество веществ грибок может направить на рост мицелия. Растущий мицелий осваивает все больший объем субстрата, который, разлагаясь, способствует дальнейшему росту мицелия и т. д. Соответственно, скорость деструкции, производимой грибом, возрастает. Наши данные показывают, что в среднем имеет место увеличение скорости на 3,8% в год.

Для изучения изменения скорости деструкции нами был заложен опыт по изучению ежегодных потерь древесины березы. Полученные данные показали наличие тенденции к увеличению потерь массы древесины (т. е. скорости деструкции) (рис. 1). Скорость деструкции к 2005 году выросла в сравнении с 2002 годом в среднем на 12,7%.

$$y = 2,7131x^2 - 3,7785x; R^2 = 0,986$$

Тренд увеличения скорости деструкции может быть аппроксимирован с помощью кривой полиномиальной функции, достаточно близкой к кривой нормального распределения. Схожая тенденция динамики ксилотолиза ранее уже отмечалась рядом авторов [10]. Следует

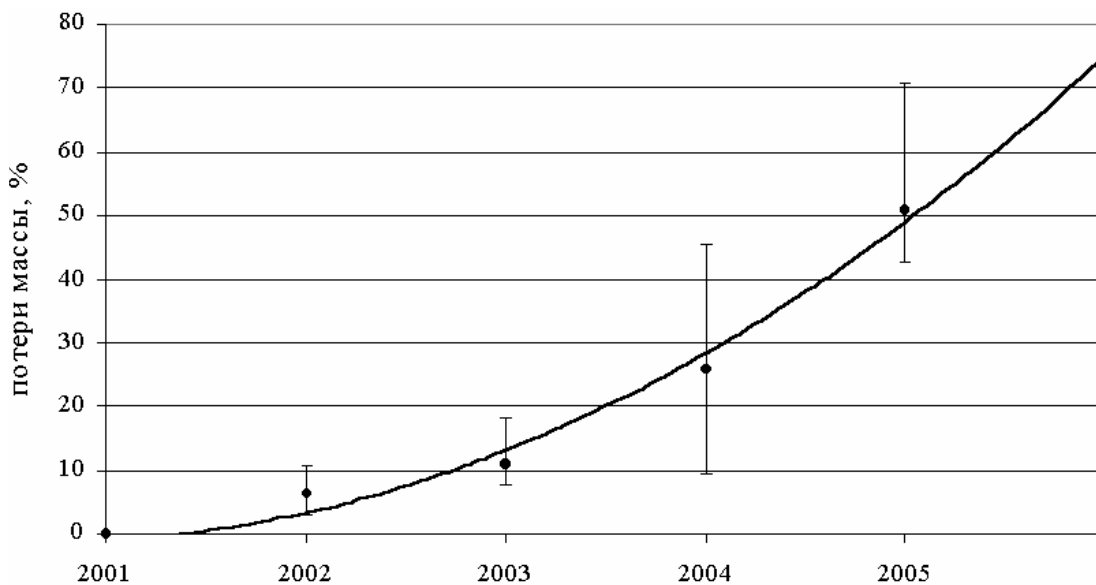


Рисунок 1. Изменение скорости деструкции древесины березы (n = 35).

отметить, что в эксперименте наблюдалось значительное варьирование показателей изменения скорости между образцами, вследствие чего полученные данные не позволяют вычислить интегральный показатель динамики скорости деструкции.

Таким образом, можно сделать вывод, что интенсивность микогенной деструкции древесины в лесах Южного Приуралья достаточно

высока и вполне сопоставима с таковой в соседних регионах. Это является свидетельством успешности реализации деструкционной функции биотой ксилотрофных грибов региона и подтверждает вклад этой функции в общий ресурсный потенциал микобиоты. Она варьирует в зависимости от родовой принадлежности древесины, а также от условий конкретных местообитаний.

Список использованной литературы:

1. Степанова Н.Т., Мухин В.А. Основы экологии дереворазрушающих грибов. М.: Наука, 1979. 100 с.
2. Мелик-Хачатрян Дж.Г., Нанагюлян С.Г. //Изучение грибов в биогеоценозах. Тез. Докл. IV Всесоюзн. Конф., Пермь, 12-16 сент. 1988 г., Свердловск, 1988. С.23
3. Adaskaveg J.E., Gilbertson R.L., Blanchette R.A. // Applied and Environmental Microbiology, – 1990, – v.56, No 6. – P.1932-1943
4. Otjen L., Blanchette R.A. // Holzforschung, – 1987, – V.41. – P.343-349.
5. Rayner A.D.M., Boddy L. Fungal decomposition of wood. John Wiley & Sons, Chichester, U.K., 1988.
6. Boddy L., Watkinson S.C. // Can. J. Bot. – 1995. – 73, Suppl.1, Sec. E-H., P.1377-1383.
7. Мухин В.А., Веселкин Д.В., Брындина Е.В., Храмова О.А., Ушакова Н.В. //Грибные сообщества лесных экосистем. М.-Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. С.26-36.
8. Progar R.A., Schowalter T.D., Freitag C.M., Morrell J.J. // Oecologia, – 2000, – 124, N3. – Pp. 426-431
9. Мухин В.А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург: Наука, 1993. 231 с.
10. Стороженко В.Г. Гнилевые фауны коренных лесов Русской равнины. М.: ВНИИЛМ, 2002. 156 с.