

Ксилотрофные базидиомицеты (*Basidiomycota*) как показатель экологического состояния городской среды

Н.А. Дрёмова, аспирантка, Оренбургский ГПУ

Ксилотрофные (дереворазрушающие) базидиомицеты являются неотъемлемым компонентом лесных экосистем. Благодаря наличию мощного ферментативного комплекса, они способны разлагать лигнин и целлюлозу древесины, тем самым участвуя в процессе её деструкции. Процесс гниения древесины может протекать по-разному в зависимости от набора ферментов, которым располагает гриб — возбудитель гнили, и в зависимости от того, какие компоненты древесины (целлюлозу или лигнин) и в каких количественных соотношениях они разлагают [1]. Разложение древесины — длительный процесс, протекающий с участием многих организмов в три стадии, каждая из которых отличается комплексом грибов, характерных именно для данной фазы. Первая стадия осуществляется сумчатыми и несовершенными грибами. Вторая — базидиальными дереворазрушающими грибами, главным образом трутовыми. Третья стадия протекает под влиянием подстилочных сапротрофов и является самой продолжительной [2]. Наибольший интерес для нас представляют макромицеты второй группы, относящиеся к подклассу *HYMENOMYCETIDAE* (Fr.) Kreisel отдела базидиальных грибов (*Basidiomycota*), т.к. на долю этой группы приходится наибольшая часть исследуемых нами ксилотрофов.

Материал и методы. Объектом исследования являлись афиллофороидные базидиомицеты, собранные на территории г. Оренбурга и в Зауральной роще — естественном пойменном лесу, включённом в черту города. Исследование выполняли на базе кафедры общей биологии, экологии и МОБ ФГОУ ВПО «Оренбургский ГПУ» и аккредитованной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области». Номенклатура грибов

принята и сверена по Index Fungorum (Fungal Names, 2008).

Для анализа плодовых тел ксилотрофных базидиомицетов на содержание в них тяжёлых металлов было отобрано и проанализировано 110 образцов, относящихся к 23 видам. Сбор плодовых тел осуществляли с мая по октябрь в 2011 и 2012 гг. Анализ образцов плодовых тел грибов при оценке содержания тяжёлых металлов осуществляли при помощи атомно-абсорбционного спектрометра «Квант-2А».

Результаты исследования. Исследования, проведённые нами в зелёных насаждениях г. Оренбурга методом маршрутного учёта, показали разную степень встречаемости дереворазрушающих грибов в зонах с разной техногенной нагрузкой. При переходе от центра города к лесопаркам и зелёной зоне города (Зауральной роще) наблюдалось увеличение видового разнообразия макромицетов. Это связано с тем, что в городе проводятся мероприятия по удалению сучьев и усыхающих стволов деревьев, что ведёт к сокращению видов ксилотрофов, однако численность отдельных видов при этом возрастает. В пойменном лесу, наоборот, встречаются экотопы, сохраняющие свои природные черты, т.к. сухостойные, ветровальные и буреломные валежные стволы не убираются.

В процессе исследования (май — октябрь 2011 и 2012 гг.) на территории г. Оренбурга было зафиксировано 23 вида макромицетов, относящихся к 20 родам и 16 семействам (табл. 1).

В центральной части города отмеченные нами виды дереворазрушающих грибов имели однолетние сидячие или распростёрто отогнутые плодовые тела. Это связано с тем, что форма базидиом зависит от субстрата, на котором произрастает гриб, а в городских насаждениях преобладают вертикально расположенные деревья. К наиболее распростра-

1. Виды дереворазрушающих грибов и их специализация по древесным породам

Семейство	Вид гриба	Субстрат	Древесная порода								
			клён	вяз	дуб	ясень	тополь	ива	берёза	акация	яблоня
<i>Auriculariaceae</i> Fr.	<i>Auricularia mesenterica</i> (Dicks.: Fr.) Pers.	в	+	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>bjerkanderaceae</i> Julich	<i>Abortiporus biennis</i> (Bull.: Fr.) Singer	ж	—	+	—	—	+	—	—	—	—
	<i>Bjerkandera adusta</i> (Will.: Fr.) Karst.	жп	+	—	—	—	+	—	—	—	—
	<i>Spongipellis spumeus</i> (Sowerby: Fr.) Pat.	жв	+	—	—	—	+	—	—	—	—
<i>coriolaceae</i> (Imazeki) Singer	<i>Trametes hirsuta</i> (Wulf.: Fr.) Pilat	в	—	—	—	+	+	—	—	—	—
	<i>Trametes versicolor</i> (L.: Fr.) Pilat	п	+	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Trametes Trogii</i> Berk.	в	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>dacryomycetaceae</i> Bref. <i>FISTULINACEAE</i> Lotsy <i>FOMITACEAE</i> Julich <i>FOMITOPSISIDACEAE</i> Julich <i>GANODERMATACEAE</i> P. Karst. <i>peniophoraceae</i> Lotsy <i>phaeolaceae</i> Julich <i>phellinaceae</i> Julich <i>PLUTEACEAE</i> Koll & Pouz	<i>Calocera viscosa</i> (Pers.: Fr.) Fr.	в	—	—	—	—	+	—	—	—	—
	<i>Fistulina hepatica</i> (Schaeff.: Fr.) Fr.	ж	—	—	+	—	—	—	—	—	—
	<i>Fomes fomentarius</i> (L.: Fr.) Fr.	жсвп	+	+	+	—	+	+	—	—	—
	<i>Daedalea quercina</i> (L.: Fr.) Pers	п	+	—	+	—	—	—	—	—	—
	<i>Ganoderma applanatum</i> (Pers.) Pat.	в	+	+	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Chondrostereum purpureum</i> (Fr.) Pouz.	жв	+	+	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.: Fr.) Murrill.	ж	—	—	+	+	—	—	—	—	—
	<i>Phellinus igniarius</i> Niemela	ж	—	—	—	—	—	+	—	—	—
	<i>Volvariella bombycina</i> (Schaeff.: Fr.) Sing.	в	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Polyporaceae</i> Fr.	<i>Lentinus cyathiformis</i> (Schaeff.: Fr.) Bres.	ж	—	—	—	+	—	—	—	—	—
	<i>Polyporus squamosus</i> (Huds.: Fr.) Fr.	жвп	+	+	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Pleurotus calyptratus</i> (Lindbl.) Sacc.	в	+	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) Kumm	всп	+	—	+	—	+	—	—	—	—
<i>Schizophyllaceae</i> Quel.	<i>Schizophyllum commune</i> (Fr.: Fr)	жвс	+	—	—	—	+	—	—	+	+
<i>Strophariaceae</i> Sinq & Smith	<i>Pholiota destruens</i> (Bond). Gill	св	—	—	—	—	+	—	—	—	—
<i>tricholomataceae</i> Heim ex Pouz. nom. cons. prop.	<i>Flammulina velutipes</i> (Curt.: Fr) Sing.	жп	+	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание: ж — живое дерево; с — сухостой; в — валеж; п — пенёк

2. Среднее содержание ряда тяжёлых металлов в экологических группах ксилотрофных грибов, мг/кг

Вид	Металл			
	Cu	Zn	Pb	ΣТМ
Сапротрофы				
<i>Bjerkandera adusta</i>	4,96	15,19	2,92	23,07
<i>Trametes versicolor</i>	3,76	23,37	1,00	28,13
<i>Trametes hirsuta</i>	5,78	28,59	0,05	34,42
<i>Schizophyllum commune</i>	5,05	30,81	2,46	38,32
m±M	4,89±0,42	24,49±3,47	1,61±0,66	30,99±3,37
Факультативные сапротрофы				
<i>Spongipellis spumeus</i>	2,5	22,15	0,014	24,66
<i>Laetiporus sulphureus</i>	67,84	18,55	1,38	87,77
<i>Lentinus cyathiformis</i>	60,0	41,82	1,06	102,88
m±M	43,45 ±20,60	27,51 ±7,23	0,82 ±0,41	71,77 ±23,96
Факультативные паразиты				
<i>Pholiota destruens</i>	0,95	2,35	0,033	3,33
<i>Ganoderma applanatum</i>	2,81	10,13	0,17	13,11
<i>Pleurotus ostreatus</i>	2,2	26,5	0,13	28,83
<i>Fomes fomentarius</i>	10,89	21,71	0,71	33,31
<i>Chondrostereum purpureum</i>	4,12	30,15	2,89	37,16
<i>Polyporus squamosus</i>	20,29	33,99	0,78	55,06
m±M	6,88 ±3,04	20,81 ±4,99	0,79 ±0,44	28,47 ±7,47

Примечание: m — среднее содержание; M — ошибка среднего

нёнными видами ксилотрофов, встречающимися на территории жилых зон г. Оренбурга, можно отнести *Bjerkandera adusta*, *Laetiporus sulphureus*, *Polyporus squamosus*. Субстратом для них служит древесина живых ослабленных деревьев и пней таких древесных пород, как *Acer negundo* L., *Fraxinus pensylvanica* L., *Ulmus pumila* L.

В Зауральной роще, которая представляет собой крупную зелёную зону города, создаются более благоприятные условия для роста и развития дереворазрушающих грибов вследствие большей доступности вертикально стоящего и поваленного субстрата. Ксилотрофные базидиомицеты развиваются здесь на валежных, ветровальных, сухостой-

ных, живых стволах лиственных пород, а также на пнях и отпавших сучьях. Грибы имеют однолетние (зимующие) и многолетние сидячие, распростёрто отогнутые, распростёртые плодовые тела. Наиболее часто встречающимися видами являются *Fomes fomentarius*, *Pleurotus ostreatus*, *Schizophyllum commune*, *Spongipellis spumeus*, *Trametes versicolor*.

В перечисленных представителях микобиоты мы определяли содержание тяжёлых металлов — Cu, Zn, Pb, Mn, Fe. Для сравнительного анализа определяли суммарное содержание тяжёлых металлов в каждой пробе, а также среднее содержание химических элементов в каждом виде гриба. В первый год исследования (2011 г.) в выявленных представителях ксилотрофных базидиомицетов рассматривали накопление трёх элементов — меди, цинка и свинца (табл. 2).

Анализ показал, что в исследуемых представителях экологических групп ксилотрофов происходило наиболее интенсивное накопление двух элементов переменной валентности — меди и цинка. Содержание свинца же в плодовых телах базидиомицетов варьировало в пределах нормы и незначительно превышало нормы СанПиН 2.3.2.560-96. Ярко выраженные накопители свинца не были обнаружены. Вследствие этого в дальнейшем этот химический элемент был исключён из определяемых, стали рассматривать аккумулирующую способность плодовых тел относительно других тяжёлых металлов с переменной валентностью — железа и марганца (табл. 3).

Согласно данным таблицы 3 видно, что характер накопления определяемых четырёх элементов складывался таким образом, что наибольшая концентрация во всех экологических группах ксилотрофов приходилась на долю железа. Второе место по концентрации занимала медь, затем цинк. Меньше всего в плодовом теле содержалось марганца. Таким

образом, можно выделить наиболее приоритетные для дереворазрушающих грибов тяжёлые металлы, которые аккумулируются в их плодовых телах в наибольшем количестве. Эта последовательность выглядит следующим образом: Fe > Cu > Zn > Mn > Pb (рис.).

Данное явление, видимо, можно объяснить тем, что основные внеклеточные ферменты ксилотрофных грибов, осуществляющие разложение древесины, содержат металлы переменной валентности. Отечественные и зарубежные учёные-микологи говорят о том, что в состав ферментов, участвующих в разрушении природных полимеров — лигнина и целлюлозы, входят ионы металлов с переменной валентностью [3, 7]. Например, в состав лигнинпероксидазы входит марганец, оксидоредуктазы — железо и медь, лакказы — медь. Поэтому накопление именно этих металлов может рассматриваться как необходимый элемент механизма эффективного освоения субстрата.

Ещё одной возможной причиной высокого содержания определяемых химических элементов в плодовых телах базидиомицетов может быть значительное содержание этих же элементов (металлов) в субстрате, на котором они произрастают. Общеизвестно, что древесные растения обладают видовой специфичностью в поглощении тяжёлых металлов. Выявленные нами дереворазрушающие грибы в городских условиях преимущественно произрастают на таких древесных породах, как *Acer negundo* L., *Populus balsamifera* L. и *Ulmus pumila* L. Перечисленные виды древесных растений в урбанизированной среде способны аккумулировать в себе значительные концентрации меди, цинка и железа [4–6]. Возможно, это является одной из причин высокого содержания этих же элементов в плодовых телах дереворазрушающих грибов.

3. Среднее содержание ряда тяжёлых металлов в экологических группах ксилотрофных грибов (2012 г.), мг/кг

Вид	Металл				
	Cu	Zn	Mn	Fe	Σ ТМ
Сапротрофы					
<i>Volvariella bombycina</i>	7,3	1,5	2,5	1,5	12,8
<i>Bierkandera adusta</i>	19,0	46,2	10,28	40,9	116,38
<i>Schizophyllum commune</i>	6,47	12,8	3,63	166,13	189,03
<i>Trametes hirsuta</i>	41,3	43,9	8,2	117,6	211
<i>Trametes trogii</i>	77,5	9,2	2,3	160,6	249,6
m±M	30,31 ±13,37	22,72 ±9,3	5,38 ±1,62	97,35 ±32,8	155,76 ±41,8
Факультативные сапротрофы					
<i>Laetiporus sulphureus</i>	2,52	17,8	3,21	28,95	52,48
m±M	2,52±0,59	17,8±4,03	3,21±0,92	28,95±6,22	52,48±11,76
Факультативные паразиты					
<i>Pholiota destruens</i>	60,3	1,4	2,2	1,4	65,3
<i>Polyporus squamosus</i>	10,56	32,83	4,055	52,25	99,70
<i>Chondrostereum purpureum</i>	53,15	20,14	17,45	40,00	130,74
<i>Fomes fomentarius</i>	73,4	5,73	28,2	43,47	147,55
<i>Pleurotus ostreatus</i>	143,8	28,7	14,2	180,0	366,7
m±M	68,24 ±21,5	17,76 ±6,18	13,22 ±4,74	63,42 ±30,42	161,99 ±53,07

Примечание: m — среднее содержание; M — ошибка среднего

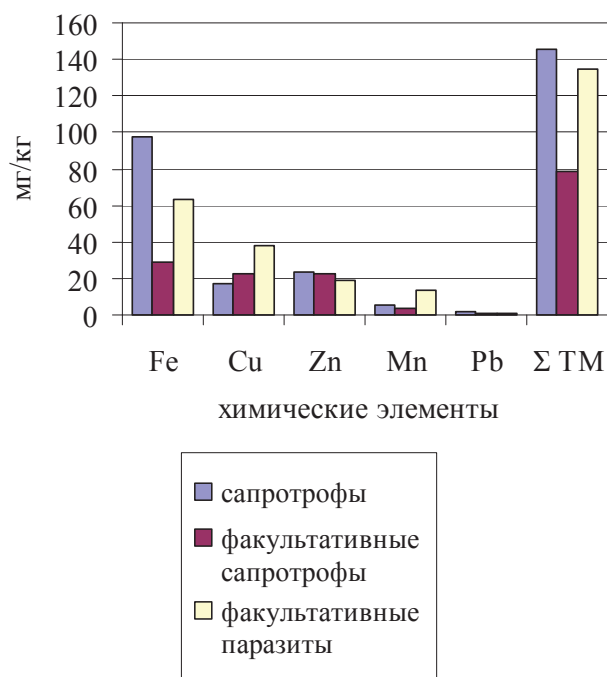


Рис. – Содержание микроэлементов в базидиомах дереворазрушающих грибов разных экологических групп

Вывод. Из вышеприведённых данных можно сделать вывод о том, что представители ксилотрофных макромицетов способны накапливать в значительных концентрациях рассматриваемые микроэлементы даже в условиях малого фонового загрязнения. Более того, представители разных порядков и экологических групп делают это в разной степени, в зависимости от видовой принадлежности гриба.

Литература

1. Чураков Б.П., Чураков Д.Б. Фитопатология: учебник. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. 424 с.
2. Частухин В.Я. Экологический анализ распада растительных остатков в еловых лесах // Почвоведение. 1945. № 2. С. 102–114.
3. Королёва О.В. Лакказы базидиомицетов: свойства, структура, механизм действия и практическое применение: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М., 2006. 24 с.
4. Никитенко М.А. Влияние урбанизации на трансформацию почвенного покрова и условия функционирования древесных растений городов Среднего Предуралья (на примере г. Сарапула и г. Камбарки): автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Ижевск, 2007. 22 с.
5. Войтюк Е.А. Аккумуляция тяжёлых металлов в почве и растениях в условиях городской среды (на примере г. Читы): автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2011. 22 с.
6. Копылова Л.В. Накопление тяжёлых металлов в древесных растениях на урбанизированных территориях Восточного Забайкалья: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2012. 24 с.
7. Peters T. Extrazelluläre Enzyme aus Basidiomyceten: Dissertation zur Erlangung des Grades Doktor der Naturwissenschaften. Universitaet Hannover, 2004. 152 S.