

**Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города
Москвы «Школа № 1467»**

Город Москва

**МИКОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ЛЕСОПАРКА
РАССКАЗОВКА (Г. МОСКВА)**

Авторы работы:

Ерохина Екатерина Ильинична
Лебединская Варвара Алексеевна

Руководитель:

Учитель биологии
ГБОУ Школа № 1467
Малькова Надежда Ипатьевна

Консультант:

Научный сотрудник, кандидат биологических наук
лаборатории Почвенной микробиологии
кафедры Биологии почв факультета Почвоведения МГУ
Якушев Андрей Владимирович

Москва, 2024 г.

Оглавление

Введение.....	3
Обзор литературы.....	3
Методики.....	11
Результаты и обсуждение.....	12
Выводы.....	16
Заключение.....	16
Список литературы.....	16

Введение.

Лесопарки, такие как «Рассказовка» в г. Москве — это очаги природы в крупном городе, подвергающиеся негативному антропогенному воздействию. Состояние растений и животных в лесопарке зависит от почвы — ключевого компонента биогеоценозов. Почвенные микроорганизмы минерализуют органические остатки, возвращая в минеральной форме биофильные элементы в почву, где они опять могут быть поглощены корнями растений. Они разрушают органические поллютанты попадающие в почву, очищая тем самым её [1,3]. Микробный комплекс почв поддерживают фитосанитарное состояние биогеоценоза, выступая конкурентами и антагонистами для фитопатогенных и патогенных для животных микроорганизмов, животных-вредителей [1]. Почвенные грибы - одни из самых важных минерализаторов и гумификаторов растительных остатков [1,2]. Среди них много продуцентов антибиотиков - они часто выступают как конкуренты и антагонисты фитопатогенных грибов и бактерий. Хищные нематофаговые почвенные грибы выступают в качестве агента биоконтроля почвенных нематод, в том числе и фитопатогенных. Они участвуют в выветривании горных пород с высвобождением минеральных элементов питания растений. Таким образом микоиндикация состояния почв и оценка состояния грибного комплекса почвы важны для интегральной оценки благополучия территории лесопарка. Одним из негативных факторов, влияющих на состояние лесопарка «Рассказовка» является воздействие Боровского шоссе, вдоль которого располагается лесопарк.

Поэтому **цель работы** - провести микоиндикацию состояния почв участка лесопарка «Рассказовка», подвергающегося негативному воздействию со стороны Боровского шоссе.

На основании анализа литературы [1-4] мы можем сформулировать нашу рабочую **гипотезу** о том, что влияние дороги должно отрицательно повлиять на состав грибов в почвенной подстилке.

Задачи:

1. Отобрать образцы почвенного генетического горизонта почвы О (подстилка)
2. Провести микробиологическое исследование модернизированным методом пластинок обростания Росси-Холодного
3. Оценить последствия негативного воздействия со стороны Боровского шоссе на функционирование почвенного грибного комплекса лесопарка

Обзор литературы

Почвенные грибы

Почвенные - грибы, которые постоянно и закономерно выделяются как из почвы, так и из различных субстратов, находящихся в ней (опавших листьев, подстилки, корней и семян растений, других растительных остатков и животных субстратов) [4].

Они не являются единой таксономической группой и представлены самыми разнообразными в систематическом отношении формами. Они не представляют

собой также единой экологической группы, так как включают разные эколого-трофические группы: сапротрофы, эпифиты, фитопатогены, микоризообразователи, хищные грибы. Их объединяет только общее местообитание в широком смысле — почва. Однако основную массу почвенных грибов всё же составляет группа сапротрофов, т. е. организмов, осуществляющих разложение отмерших органических субстратов, которые могут быть выделены как непосредственно из почвы, так и из различных животных и растительных остатков [4].

Грибы (*Mycota*, от *греч.* микос — шампиньон) - гетеротрофные эукариотические микроорганизмы с простой организацией от одноклеточной до мицелиальной. Размножаются они спорами. Разрастаясь на поверхности или в глубине субстрата, грибы соприкасаются с ним клеточной стенкой, через которую они выделяют во внешнюю среду ферменты и поглощают питательные вещества абсорбционно. Грибы - разлагатели органических веществ в экосистемах. Почвенные грибы представляют самую крупную экологическую группу эукариот, участвующую в минерализации и гумификации органических остатков растений и животных и в образовании почвенного гумуса. Грибам присущи признаки как растений, так и животных: полярность клетки, неограниченный верхушечный (апикальный) рост, гетеротрофный тип питания, наличие в клеточной стенке хитина, образование мочевины в процессе азотного обмена, синтез запасных углеводов в форме гликогена, формирование лизосом в цитоплазме [1,2,4].

Для грибов так же характерны мицелиальная структура вегетативного тела; сложный ядерный цикл и плеоморфизм; многоядерность и гетерокариоз (разнокачественность ядер в одной клетке); дикариоза (длительное существование в одной клетке двух ядер, одновременно делящихся и имитирующих диплоидное ядро). Грибы образуют мицелий, или грибницу, состоящую из ветвящихся нитей — гиф с апикальным верхушечным ростом и боковым ветвлением. Такое строение позволяет грибу максимально колонизировать субстрат для извлечения из него питательных веществ. У грибов нет специальных структур, приспособленных для питания, они поглощают питательные вещества всей поверхностью клеток. Различают неклеточный, или ценотический мицелий, лишенный перегородок и представляющий как бы одну гигантскую клетку с большим числом ядер, и клеточный, или септированный, разделенный перегородками (септами) на отдельные клетки, содержащие от одного до многих ядер. Септы могут быть с простыми или сложными отверстиями — порами. Грибы с первым типом мицелия называются низшими, со вторым — высшими грибами. Около перегородок на гифах некоторых грибов закладываются крючкообразные клетки-выросты, соединяющие на время две соседние клетки. Они имеют разную форму и носят название «пряжек», такой мицелий называют «пряжковым», или дикариотическим, так как его клетки содержат по два ядра. У некоторых грибов, например дрожжей, вегетативное тело представлено одиночными почкующимися или делящимися клетками. Если такие

почкующиеся клетки не расходятся, то образуется псевдомицелий. При формировании плодовых тел и некоторых вегетативных структур гифы грибов плотно переплетаются, образуя ложную ткань — плектенхиму. По происхождению она отличается от настоящей ткани, возникающей в результате деления клеток в трех направлениях. Настоящие ткани у грибов встречаются редко [1].

Грибы размножаются вегетативным, бесполом (например, конидиями) и половым путем (образование различных половых структур — зигоспор, сумок или базидий) [3].

Грибы — плейоморфные организмы; один вид может иметь несколько стадий развития, которые различаются морфологически, функционально и проходят в разных местообитаниях или со сменой растений-хозяев. Например, некоторые фитопатогенные грибы имеют сапротрофную почвенную стадию [1, 4].

Распространены они повсеместно в природе и в окружении человека там, где есть хотя бы следы органических веществ. Споры грибов практически можно обнаружить на любых естественных субстратах, искусственных материалах и продуктах. Все грибы — аэробные организмы, за исключением части видов дрожжей и обитателей кишечных трактов многих травоядных животных, в том числе обитателей рубца жвачных животных. Среди грибов есть паразиты и симбиотрофы, хищники и сапротрофы, развивающиеся на мертвых остатках растений и животных. Грибы могут быть причиной порчи многих пищевых продуктов, зерна, картофеля, а также деревянных и других сооружений, вплоть до стекла. Среди грибов есть возбудители опасных болезней человека, животных и растений. Они могут быть причиной токсикоза почв и пищевых отравлений человека и животных. Плодовые тела многих грибов употребляются в пищу как человеком, так и многими животными. Известно, свыше 100 видов съедобных грибов. Экологическая ниша грибов в природе — активные разлагатели органического вещества. По взаимоотношению со средой и другими организмами на основе трофических связей грибы можно разделить на шесть экологических групп: 1) сапротрофы — большинство почвенных грибов; 2) облигатные патогены животных и растений, находящиеся в почве в виде спор; 3) факультативные патогены животных, подземных и надземных частей растений, способные активно размножаться и в почве на растительных остатках; 4) микоризообразователи; 5) хищные грибы 6) лишенизированные грибы [1,4].

Грибы-хищники уничтожают вредных нематод и амёб и представляют перспективу для разработки биологических методов борьбы с вредителями корневых систем растений. Выделяется также группа лишайниковых грибов-симбионтов, живущих вместе с водорослями и цианобактериями в составе лишайника. Несмотря на то, что все грибы являются гетеротрофами, они очень разнообразны по своим пищевым потребностям и возможностям в освоении субстрата и поэтому составляют еще несколько экологических подгрупп. Эти различия объясняются главным образом различием в наборе ферментов,

которыми они обладают. Различают так называемые «сахарные грибы», использующие легкодоступные углеводы, крахмал, гемицеллюлозу, но не целлюлозу. Это немногочисленная группа несмотря на то, что сахар доступен всем организмам. Основная особенность этой группы — активный рост мицелия, быстрое прорастание спор и покоящихся клеток при наличии подходящих субстратов. Целлюлозоразрушающие грибы — менее определенная группа по пищевым потребностям, так как она включает грибы, у которых это свойство может быть выражено и очень слабо, и очень сильно. Эти грибы растут медленно и не выдерживают конкуренции с «сахарными грибами» за легкодоступные субстраты. Третья группа- разлагатели лигнина входят грибы, которые начинают развиваться, когда все легкодоступные субстраты уже использованы. По мере разложения растительных остатков начинают развиваться грибы, довольствующиеся малым количеством питательных веществ и способные разлагать специфические вещества гумуса. Есть экологические группы грибов разлагателей кератина, входящего в состав шерсти, перьев, рогов, копыт; разлагателей навоза — копрофилы; ксилофаги, разрушающие древесину; гербофилы, развивающиеся на травах; микофилы, растущие на других грибах, и др. Многие почвенные грибы образуют темноокрашенный мицелий. Они синтезируют меланиновые (черные) пигменты. После отмирания мицелия меланины накапливаются в почве и входят в состав почвенного гумуса. Мицелий грибов агрегирует почвенные частицы, структурируя почву. Грибы выделяют в среду многие органические кислоты, растворяют труднодоступные фосфаты, улучшая питание растений. Почвенные грибы способны осуществлять процесс гетеротрофной нитрификации. Мицелий грибов в почве достигает общей длины от сотен до десятков тысяч метров на 1 г почвы, максимальная длина мицелия 35 км/г почвы. Биомасса, накапливаемая в почве грибами, достигает 1-2 т/га. Особенно много грибов в лесных подстилках. У большинства почвенных грибов мицелий живет недолго, но есть и многолетний мицелий у микоризных грибов, ассоциированных с корнями древесных пород. Есть также многолетние плодовые тела грибов-трутовиков, развивающихся на живых и мертвых деревьях. Грибы синтезируют и выделяют во внешнюю среду разнообразные гидролитические ферменты, расщепляющие любые органические субстраты вплоть до лигнина. Благодаря этим способностям грибы выполняют функцию разлагателей в аэробной зоне. За сутки они разлагают в 2-7 раз больше органического вещества, чем потребляют. Быстрое накопление биомассы и продуцирование различных биологически активных веществ сделали грибы важными продуктами питания и объектами микробиологической промышленности. Грибы были первыми микроорганизмами, которые человек использовал для улучшения питательных свойств растительной и животной пищи. Дрожжи с незапамятных времен дали человечеству два важнейших продукта, без которых развитие цивилизации было бы невысказимо — хлеб и вино. С грибами связаны две революции в медицине нового времени. Первая — открытие антибиотика пенициллина. Этот первый нашедший клиническое

применение антибиотик спас от смерти больше людей, чем все остальные лекарства, вместе взятые. С его открытием стало возможно лечить болезни, считавшиеся ранее абсолютно летальными, такие как перитонит, сепсис. Вторая фармакологическая революция произошла недавно когда были открыты грибные антибиотики цефалоспорины с иммунодепрессивным действием, что дало возможность пересаживать органы человеку [1, 4].

Разнообразие грибов в почве

В почве среди грибов встречаются хитридиомицеты (*Chitridiomycota*), мукоровые грибы (*Mucoromycota*), аскомицеты (*Ascomycota*) и базидиомицеты (*Basidiomycota*) [1].

Представители *Chitridiomycota* — единственная группа почвенных грибов представители которой в цикле развития имеют подвижные жгутиковые стадии (зооспоры). Это наиболее древняя группа грибов. Мицелий без перегородок. Отдел включает преимущественно водные формы (морские и пресноводные), но есть и почвенные паразиты водорослей, цветковых растений, беспозвоночных и грибов, или сапротрофы на субстратах, содержащих хитин, целлюлозу или кератин [3].

Mucoromycota включает грибы, мицелий которых не разделен септами, исключение составляют представители некоторых порядков. Клеточные стенки мицелия содержат хитин и хитозан (деацетилированный хитин). Подвижные стадии отсутствуют. Бесполое размножение осуществляется спорангиоспорами, образующимися в спорангиях. Половой процесс — зигогамия — известен не у всех групп. В эту группу включают сапротрофные грибы и паразиты растений, животных, грибов [1,4].

На несептированном мицелии зигомицетов развиваются спорангии — особые вместилища бесполого спор, которые высыпаются при вскрытии спорангия и прорастая дают начало мицелиям разного полового знака. При половом процессе сливаются кончики гиф разных мицелиев и из продукта слияния (зиготы) формируется толстостенная покоящаяся зигоспора, которая после периода покоя прорастает зародышевым спорангием [1,4].

Эти грибы представлены в почве преимущественно сапротрофами, некоторые — паразитами на растениях и грибах, на животных и человеке. Мукоровые грибы участвуют в разложении органических веществ в почве (часто азотсодержащих), некоторые разлагают пектин [1,4].

Аскомицеты и базидиомицеты — очень близкие группы грибов. Это давно признавалось микологами, выдвигавшими гипотезы происхождения базидиомицетов от тех или иных групп аскомицетов или их происхождения от общего предка. Современные исследования в области молекулярной филогении подтвердили близость этих групп грибов. Можно отметить ряд важных таксономических признаков, объединяющих эти группы грибов: наличие в их циклах развития дикариотической фазы разной продолжительности; мицелий с септами разного строения, имеющими центральную пору; таллом преимущественно мицелиального строения, в отдельных группах—

дрожжеподобный (или дрожжеподобная стадия в цикле развития); клеточная стенка хитин-гексанового типа с разной долей участия хитина; у дрожжей в клеточной стенке присутствуют маннаны; бесполое размножение конидиями; отсутствие подвижных стадий; тенденция к образованию плодовых тел. Эти группы грибов различаются по характеру образования половых спор (эндогенному, в сумке, у аскомицетов или экзогенному, на базидиях, у базидиомицетов); продолжительности дикариофазы в цикле развития; строению септ в мицелии; ряду биохимических признаков [1,4].

Ascomycota — сумчатые грибы характеризуются эндогенным образованием половых спор (аскоспор); имеют неслоистую септу с простой центральной порой; непродолжительную дикариофазу. Это самая большая по числу видов группа грибов (до 75% всех известных видов). Она включает также дрожжи и грибы — симбионты лишайников. Основная отличительная черта этих грибов — наличие сумки, или аска. Сумка представляет собой специализированную клетку, формирующуюся в результате полового процесса и являющуюся его конечным этапом, которому предшествует плазмोगамия, кариогамия и мейоз. Сумка — репродуктивный орган, в ней формируются обычно 8 спор. Для аскомицетов характерен септированный мицелий и полное отсутствие подвижных форм. Споры прорастают в многоклеточный мицелий, на котором могут формироваться бесполое споры — конидии, играющие большую роль в цикле развития аскомицетов. Конидии образуются на выростах мицелия — конидиеносцах с разным строением. Сумки могут развиваться прямо на мицелии или внутри специальных образований — плодовых тел, которые в зависимости от строения носят разные названия — клейстотеции (замкнутые),

перитеции (с отверстиями на вершине), апотеции (блюдевидные). Весенние грибы леса — сморчки и строчки имеют апотеции в форме сморщенной шляпки на ножке. На поверхности шляпки открыто развивается слой сумок. На почве в местах бывших пожаров, на навозе лесных зверей часто можно видеть блюдевидные апотеции желтого, оранжевого, красного или коричневого цвета представителей рода *Peziza*. На навозе травоядных животных развиваются перитеции копрофильных грибов рода *Sordaria*. Большинство видов аскомицетов — сапротрофы. В конидиальной стадии некоторые аскомицеты вызывают болезни культурных растений — мучнистую росу, паршу яблонь и груш. Среди них есть микоризообразователи и симбионты лишайников [1,4].

Basidiomycota — отдел наиболее высокоорганизованных грибов. Основная отличительная черта этих грибов — наличие специализированного органа — базидии, развивающегося в результате полового процесса и являющегося его конечным этапом. Базидия, как и сумка, — репродуктивный орган, на ней образуются споры, с помощью которых идет дальнейшее размножение особи. Базидия представляет собой либо одну большую нерасчлененную клетку, развивающуюся из конечной клетки гифы, либо образование, расчлененное перегородками. Характерной особенностью базидии является наличие наружных выростов — стеригм, на которых располагаются

базидиоспоры. На каждой базидии обычно располагается по четыре базидиоспоры. Типы базидий — важный таксономический критерий у базидиомицетов. Базидии образуются на мицелии, плодовых телах различного строения и из покоящихся спор. Прорастание базидиоспор — также один из ведущих признаков в таксономии группы. У большинства базидиомицетов базидиоспора прорастает ростовой трубкой, однако, у некоторых групп наблюдается образование вторичных спор или дрожжеподобное почкование спор [1,4].

Другая существенная характеристика базидиальных грибов — своеобразное строение септ мицелия. Строение септ в мицелии базидиомицетов разнообразно и существенно отличается от простых неслоистых септ аскомицетов. У большинства базидиомицетов характерное строение мицелия: он имеет так называемые «пряжки», т.е. небольшие полукруглые клеточки, лежащие сбоку на гифе, против поперечной перегородки в ней. Одна часть каждой «пряжки» сообщается с основной нитью мицелия. Эти «пряжки» имеют специальное назначение. Они участвуют в синхронном делении дикарионов в гифе. Вырастающий из споры мицелий является монокариотическим. Он существует недолго. Две клетки одного и того же мицелия или разных мицелиев сливаются, а их ядра объединяются в пары — дикарионы. Такой мицелий с ядрами-дикарионами называется дикариотическим. При делении ядра дикарионы располагаются рядом посередине клетки. Одно ядро при делении отходит в «пряжку». Затем под основанием выраста поперечная перегородка, а также перегородка в основании «пряжки». Другая часть «пряжки» соприкасается с гифой, между ними образуется отверстие, ядро из «пряжки» переходит в клетку гифы и восстанавливает ее двуядерность. Дикариотический мицелий существует долго, пронизывая почву, древесину, ткани растения-хозяина. В подстилке образуются макроскопические ризоморфы — пучки гиф, окруженные «корой». У трутовиков, развивающихся на стволах деревьев, у шляпочных грибов мицелий многолетний. Плодовые тела базидиомицетов могут иметь разнообразную форму. На мицелии они часто располагаются по кругу, образуя так называемые «ведьмины кольца». Конидиальное бесполое спороношение у базидиомицетов встречается редко. У большинства базидиомицетов базидии располагаются на поверхности или внутри плодовых тел. Образование базидий происходит из кончика гифы дикариофитного мицелия. Развитию базидии предшествует слияние пары ядер дикариона в одно диплоидное ядро. Плодовые тела однолетние и многолетние, размеры их от микроскопических до крупных, диаметром до десятков сантиметров и весом более 1 кг, а иногда и выше. Они бывают рыхлыми, мясистыми, кожистыми, деревянистыми; имеют форму корочек, рогов, копытообразных наростов, шаровидных образований или состоят из ножки и шляпки [1,4].

Аскомицеты и базидиомицеты включают около 1/3 всех известных грибов, принадлежащих к различным эколого-трофическим группам — сапротрофам на различных субстратах, паразитам растений, реже других групп

организмов, симбиотрофам (микоризообразователи и редко симбионты лишайников) [1,4].

Грибы, вегетативная стадия которых представлена одиночными почкующимися или делящимися клетками, называют дрожжами. Дрожжи не составляют единого таксона среди грибов и встречаются как среди аскомицетов, так и среди базидиомицетов и несовершенных. Клетки дрожжей имеют разную форму: округлую и овальную, стреловидную и лимоновидную, цилиндрическую и палочковидную, треугольную и серповидную. Иногда они образуют структуры, имитирующие мицелий. Он отличается от истинного мицелия тем, что возникает в результате почкования, а не апикального роста гиф и поэтому называется ложным, или псевдомицелием [1].

У дрожжей, которые относятся к аско- или базидиомицетам, есть половой процесс, приводящий соответственно к образованию сумок или базидий. В них развиваются гаплоидные споры, при почковании которых восстанавливается вегетативная стадия. Известно около 1000 видов дрожжей, среди которых большинство — аскоспоровые или их несовершенные стадии (анаморфы). К аскомицетам относятся все так называемые «культурные» дрожжи, способные к спиртовому брожению и издавна используемые человеком для производства хлеба, пива, вина и некоторых других пищевых продуктов. Среди культурных дрожжей наиболее известны *Saccharomyces cerevisiae* (пивные, винные и пекарские дрожжи), *Schizosaccharomyces pombe* — африканские делящиеся дрожжи, активно сбраживающие сахара при температуре выше 30 °С. В природе дрожжи в основном находятся в ассоциации с растениями. Они обильно развиваются на листовых пластинках, в нектаре цветков, в экссудатах деревьев, в раневых повреждениях кактусов, на поверхности ягод, плодов и фруктов. Вместе с этими субстратами они попадают в подстилку и почву. Их заносит в почву и насекомые, которые служат главными агентами распространения дрожжей в природных экосистемах. По сравнению с другими грибами дрожжей в почве относительно немного. Из типичных обитателей почв (педобионтов) наиболее хорошо изучены дрожжи рода *Lipomyces*, почти все виды которого живут только в почвах и не встречаются в других местообитаниях. Эти дрожжи характеризуются многими особенностями, свидетельствующими о приспособленности липомицетов к жизни в почвенной среде. Они не способны к брожению и используют углеродные субстраты только путем прямого окисления. При этом большая часть потребляемого углерода переводится в запасные внутриклеточные липиды и в капсульные полисахариды. Липомицеты могут нормально существовать в средах с количествами азота в виде следов, где соотношение С: N достигает 1000 и более. Они выделяют в среду гидролитические ферменты, особенно амилазы, расщепляющие различные связи в крахмале; могут разлагать другие сложные соединения гетероциклического строения, например азотсодержащее вещество паракват, используемое в качестве пестицида. Разные виды липомицетов различаются по структуре их аскоспор. Роль этих дрожжей в почве многогранна. Они участвуют в трансформации органических веществ, их

внеклеточные полисахариды оказывают влияние на структурные свойства почвы, увеличивая водопрочность агрегатов, а также, возможно, они включаются в молекулы гумусовых веществ. Кислые гетерополисахариды дрожжей выступают как комплексообразователи при извлечении элементов из минералов. Они могут использоваться бактериями в качестве углеродного субстрата. При этом создаются бактериально-дрожжевые азотфиксирующие ассоциации с более высоким уровнем активности, чем чистые культуры бактерий [1,4].

Методики

Исследовался лесопарк «Рассказовка» – часть особо охраняемой территории города Москвы Ульяновского Лесопарка расположенная между микрорайонами Переделкино Ближнее и Солнцево-Парк вдоль Боровского шоссе. Точки отбора проб (приведены на рис. 1).

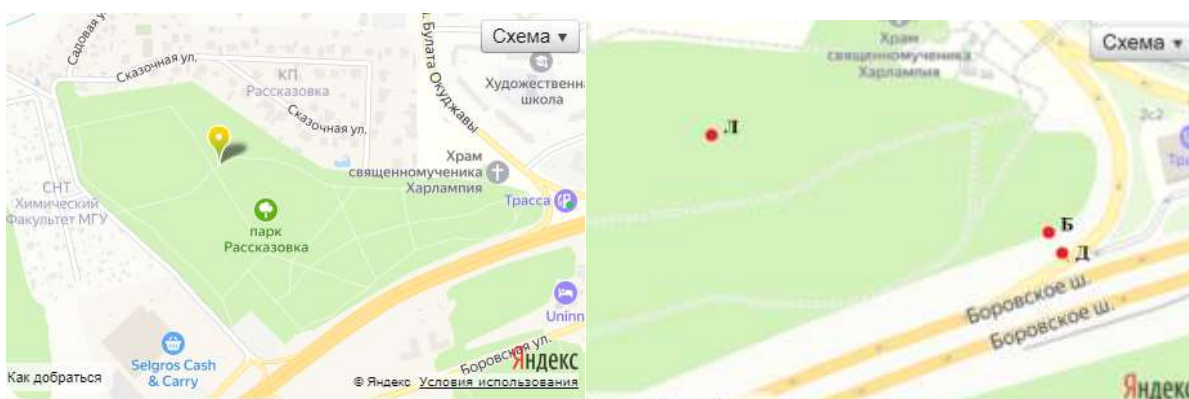


Рис.1. Карта Лесопарка «Рассказовка»: слева - общая карта, справа - область отбора образцов. Красные точки – места отбора проб, обозначенные на карте «Яндекса»: Л - «Лес» - берёзовый лес внутри лесопарка, Б - «буферная зона» - опушка леса, прилегающая к Боровскому шоссе. Д - «дорога» - участок суходольного луга, прилегающий к дороге.

Непосредственным субстратом для микологического исследования выступала листовенная подстилка в точках Б и Л и травянистая в точке Д. Подстилка выбрана так как это местообитание, которое легко изучать из-за высокого разнообразия и активности гетеротрофных микроорганизмов и подвергающееся интенсивному загрязнению с поверхности почвы. Микробиологическое исследование было направлено на исследование всего комплекса почвенных грибов. Микробиологический анализ проводился модернизированным методом пластинок обрастания Росси-Холодного [5,6,7].

В отличие от исходной методики были сделаны следующие усовершенствования [8]:

1. Динамические наблюдения в почвенных микрокосмах;
2. Прижизненная окраска флуоресцентным красителем калькофлюором белым, селективно окрашивающим клеточные стенки грибов;

3. Анализ микроскопической картины обрастаний в программе «ScorePhoto» по фотографиям, сделанным при помощи камеры «ДСМ-510» на микроскопе «Биомед-6 ЛЮМ» (40x объектив);
4. Представление количественных показателей микробных обрастаний в пересчёте на единицу площади стекла (см²);
5. Статистический анализ данных в программе «Statistica 8».

Приведём краткое описание этапов экспериментальной работы.

1. Отбор подстилок проводился в конце октября 2024 года (влажный, прохладный период).
2. Подстилки не высушивали, но до увлажняли до 200% влажности.
3. Помещали 3 г. подстилки (в пересчете на сухое вещество) в чашки Петри в 3-х кратной повторности
4. Закладывали 5 покровных стекол на 1 чашку Петри
5. Заматывали бок чашки в один слой лентой парафилм для снижения испарения и инкубировали 14 дней при комнатной температуре
6. Изымали стёкла и микроскопировали с фото и видеофиксацией микробного обрастания на цифровую камеру
7. Проводили морфометрический анализ микробных обрастаний в программе ScorePhoto (табл.1). Биомасса рассчитывается по объёму клеток из расчёта плотности микробной биомассы – 1,1 г/см³[2]

Таблица 1. Измеряемые морфометрические показатели

Микроорганизм	Геометрическая фигура	Формула объёма
Грибной мицелий	Цилиндр	$V=L\pi r^2$
Дрожжи	Эллипсоид	$V=4/3\pi(ab^2)$
Грибные споры	В зависимости от формы споры	

Результаты и обсуждение

В ходе подсчета соотношения биомассы светлого (гиалинового) грибного мицелия и темного (меланизированного) (рис.2 и 3) было установлено, что не защищенный от ультрафиолетового излучения солнца светлый мицелий преобладает в подстилке придорожной части, что не типично для подстилок. К тому же в этом участке доля биомассы спор грибов больше, а живого мицелия меньше (рис. 4 и 5). В лесной зоне появляется пряжковый мицелий- дикариотический мицелий базидиальных грибов (рис. 6 и 7), медленно растущий и не устойчивый к загрязнению, отсутствующий в буферной и придорожной зонах.

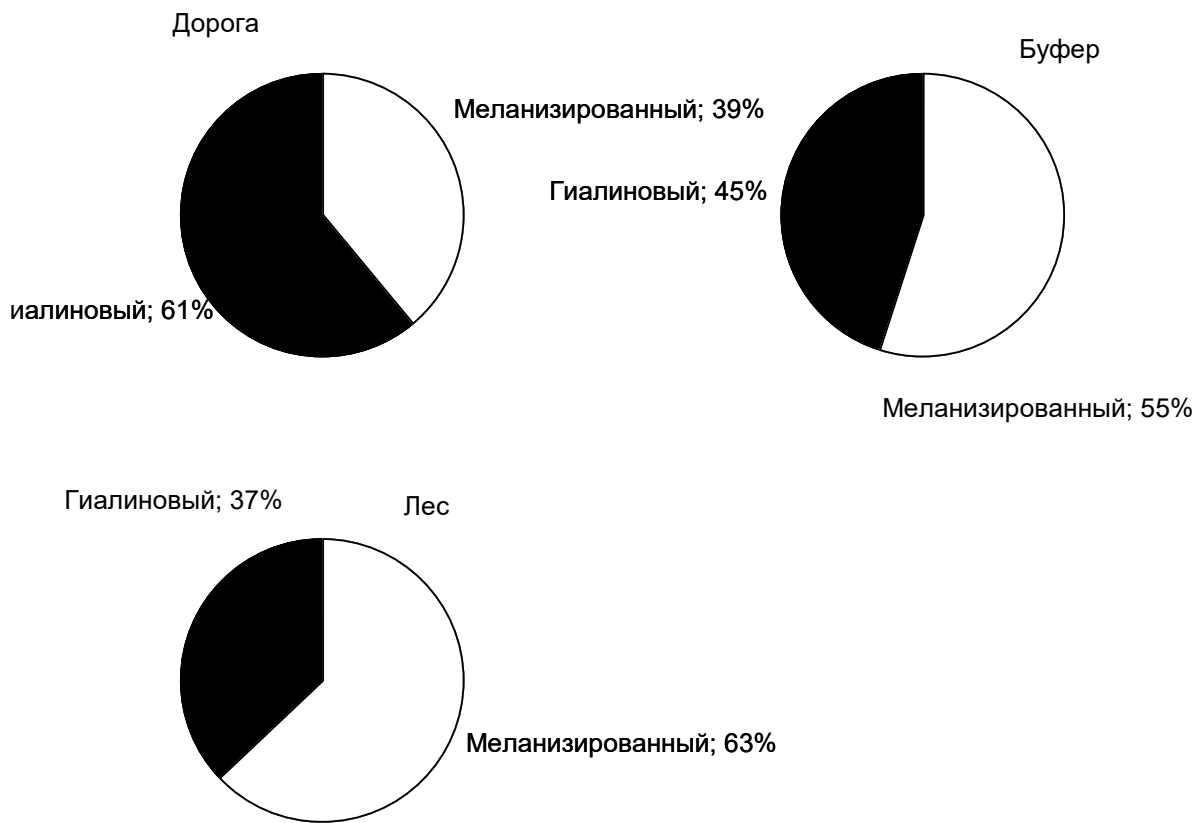


Рис. 2. Соотношение доли биомассы гиалинового и меланизированного мицелия на стёклах обрастания, заложенных в образцы подстилки

Мицелий

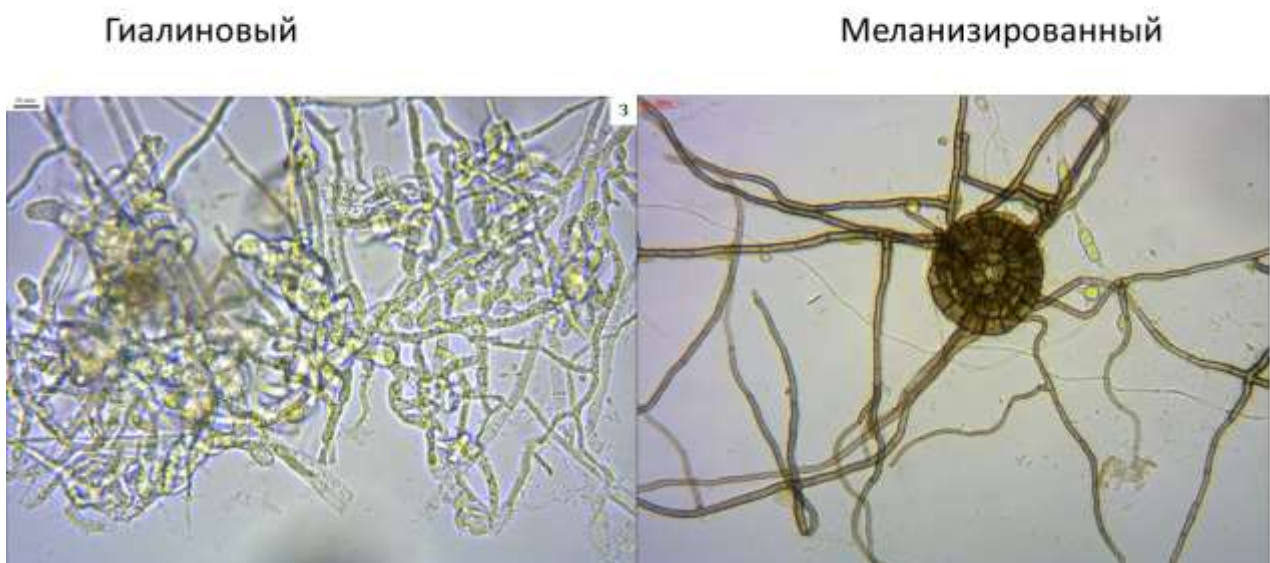


Рис.3. Примеры гиалинового и меланизированного мицелия грибов

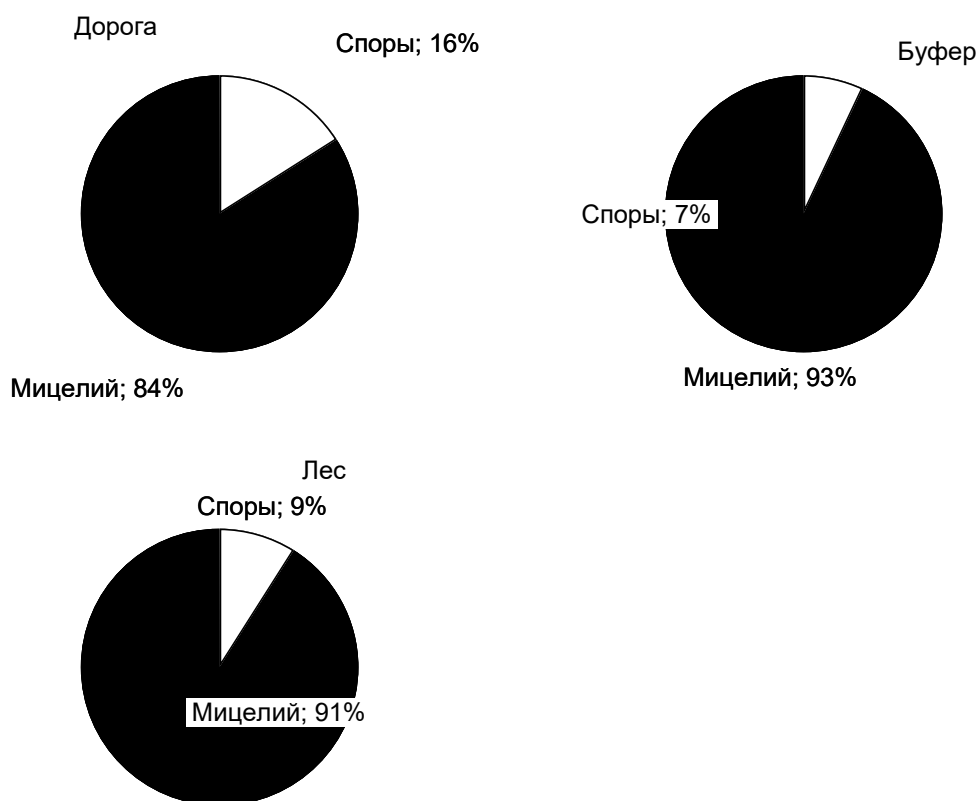


Рис.4. Соотношение долей биомасс грибных спор и вегетативного мицелия на стёклах обрастания, заложенных в образцы подстилки

Споры грибов

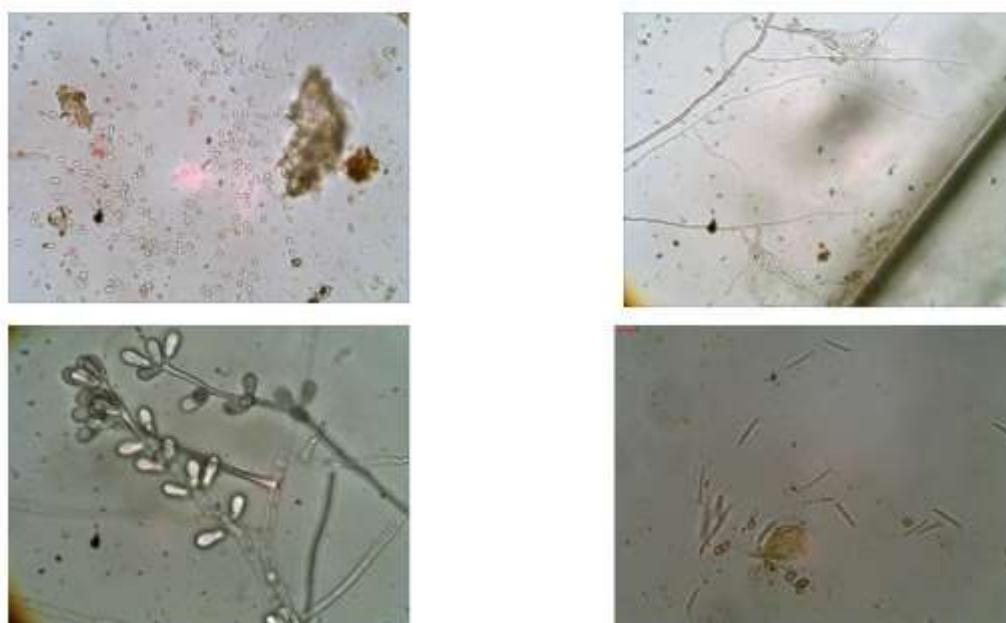


Рис. 5. Грибные споры.

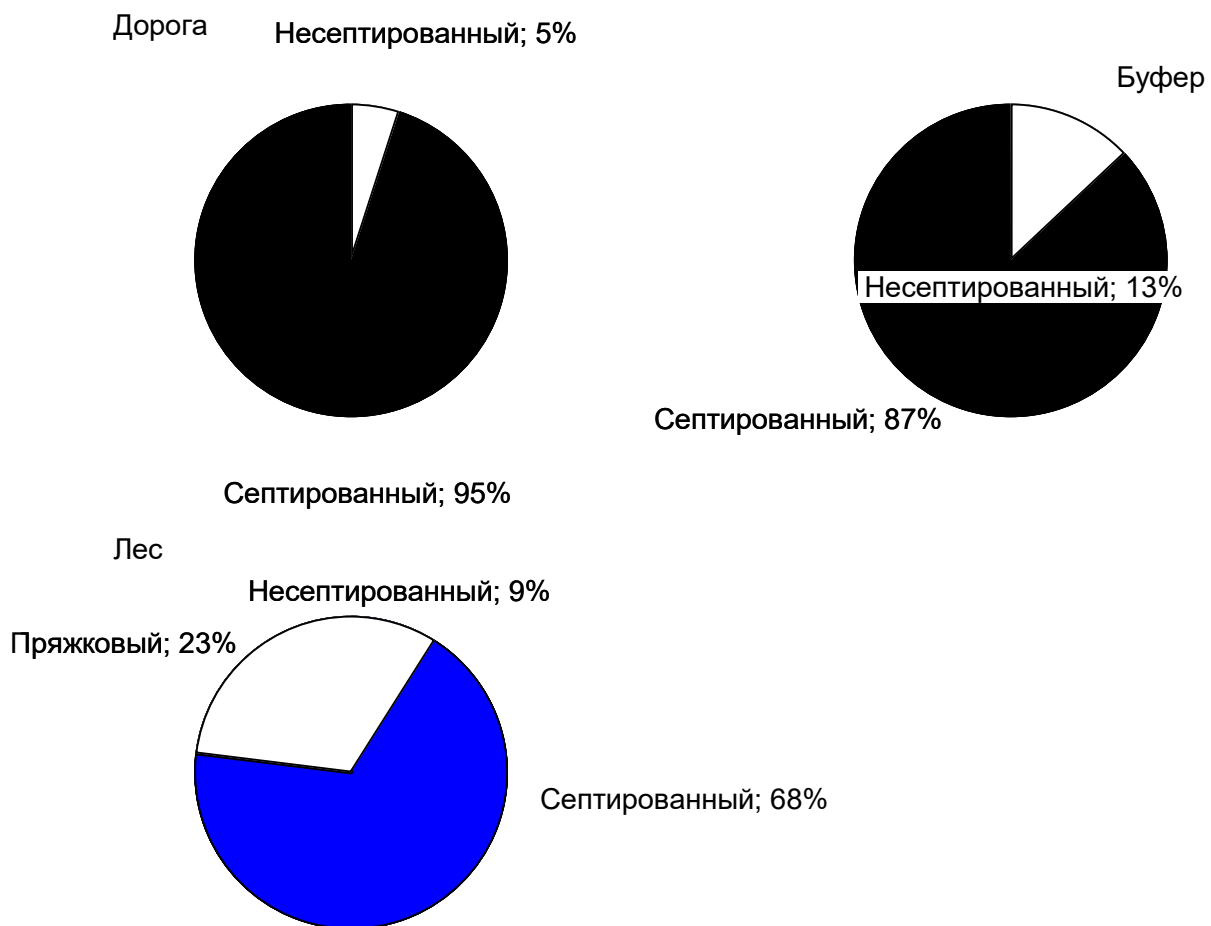


Рис.6. Соотношение долей биомасс несептированного, септированного и пряжкового мицелия на стёклах обрастания, заложенных в образцы подстилки.

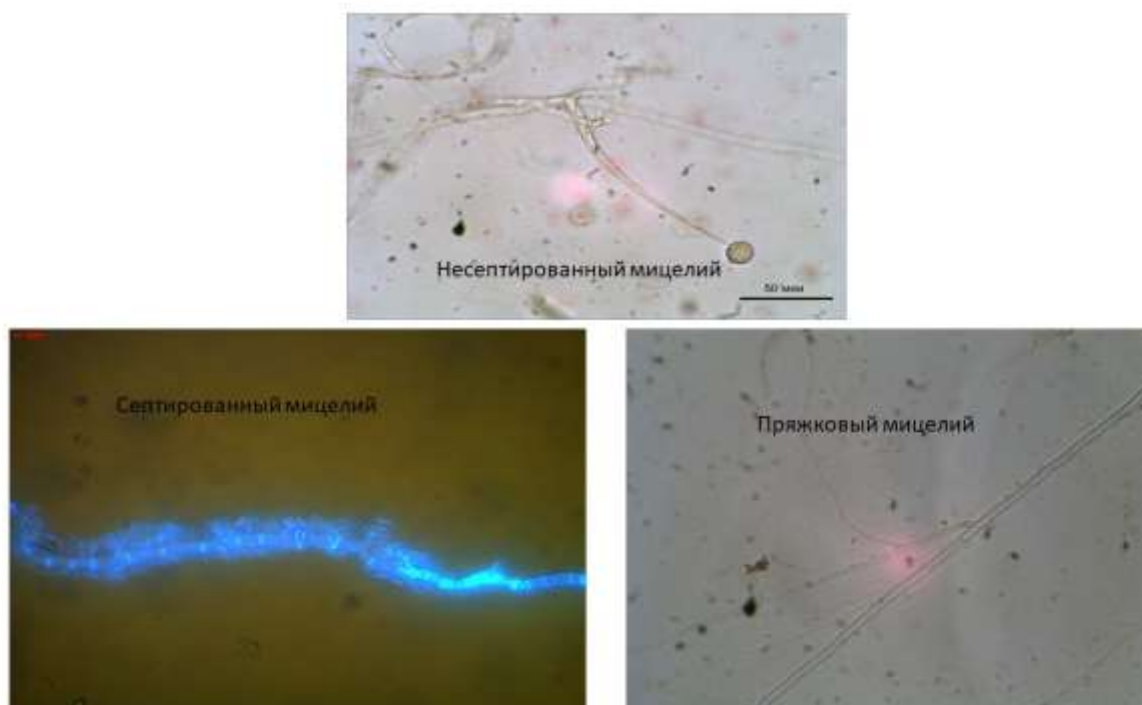


Рис.7. Различные типы мицелия.

Выводы

В травянистой подстилке в зоне, прилегающей к Боровскому шоссе (точка «Д») преобладает не меланизированный мицелий грибов, как это характерно для подстилок менее загрязнённых участков лесопарка «Рассказовка», а гиалиновый: на первое место при выживании грибов выходит не защита от ультрафиолетового излучения Солнца, а устойчивость к поллютантам, поступающим от Боровского шоссе.

1. В биомассе придорожного участка больше доля спор, чем в других участках
2. В лесном участке появляется пряжковый мицелий - дикариотическая стадия (телеоморфа) базидиальных грибов, медленно растущий и не устойчивый к загрязнению.
3. Все эти факты указывают на угнетение грибного комплекса в придорожном участке лесопарка со стороны Боровского шоссе.

Заключение

Дальнейшая разработка метода связана с одновременным исследованием подстилочных грибов методом стекол обрастания и классическим методом посева грибов на агаризованные питательные среды.

В заключении можно дать практические рекомендации проводить мониторинговые исследования грибного комплекса лесопарка «Рассказовка» на предмет выявления опасных патогенных и фитопатогенных видов в почве.

Список литературы

1. *Бабьева И.П., Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М.* Биология почв. Издательство Московского университета. М. 2005. 445 с.
2. *Звягинцев Д.Г.* Почва и микроорганизмы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. 256 с.
3. *Ковда В.А., Розанов Б.Г.* Почвоведение в 2 т. Высшая Школа. Москва. 1988. 400 с.
4. *Мирчинк Т.Г.* Почвенная микология Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1988.
5. *Новогрудский Д. М.* Почвенная микробиология. Алма-Ата: Изд. АН Казахской ССР, 1956. 366 с.
6. *Рыбалкина А. В.* Активная микрофлора почв / А. В. Рыбалкина, Е. В. Кононенко // Микрофлора почв европейской части СССР. М. : Изд-во АН СССР, 1957. С. 174—247.
7. *Холодный Н. Г.* Методы непосредственного наблюдения почвенной микрофлоры // Микробиология. 1935. Т. 4, вып. 2. С. 153—164.
8. *Якушев А.В., Грачева Т.А.* Почвенная альгология М.: Издательско-торговая корпорация "Дашков и К", 2024. 130 с