

*На правах рукописи*



**НГУЕН ТХИ ЛАН ХЫОНГ**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСОВ  
МИКРОМИЦЕТОВ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА  
БОБОВЫЕ (*FABACEAE* LINDL.) В УСЛОВИЯХ ЮГА СРЕДНЕРУССКОЙ  
ВОЗВЫШЕННОСТИ**

Специальность: 03.02.08 – экология

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Научный руководитель: **Куркина Юлия Николаевна**  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,  
доцент кафедры биотехнологии и микробиологии

Официальные оппоненты: **Свистова Ирина Дмитриевна**  
доктор биологических наук, профессор  
ГОУ ВПО «Воронежский государственный педагогический университет», профессор кафедры биологии растений и животных

**Арефьев Юрий Фёдорович**  
доктор биологических наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»  
профессор кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Орловский государственный аграрный университет»

Защита состоится «25» февраля 2016 г., в 14 часов на заседании Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.203.38 при Российском университете дружбы народов по адресу: 115093, г. Москва, Подольское шоссе, д. 8/5.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной библиотеке ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6 и на сайте [dissovet.rudn.ru](http://dissovet.rudn.ru).

Автореферат разослан «22» декабря 2015 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук



Е. А. Ванисова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Микроскопические грибы – микромицеты – в наземных экосистемах находятся в тесной взаимосвязи и взаимодействии с другими организмами (Марфенина и др., 2002). Изучение закономерностей и взаимоотношений, существующих в искусственных и естественных экосистемах, в частности, в системе «почва-микрофлора-фитофлора» является важной проблемой экологии. В этом аспекте, влияние микромицетов на другие микроорганизмы почвы хорошо изучены (Терехова, Семенова, 2005; Сенчакова, 2009; Сенчакова, Свистова, 2009; Богомолова, Кирцидели, Коваленко, 2010; Щербакова, 2013), а о влиянии бобовых растений, особенно ценных в хозяйственном отношении, на сообщество грибов почвы в литературе сведений недостаточно (Билай и др., 1984; Гажеева, Гордеева, Масленникова, 2011; Свистова, Парамонов, 2011; Парамонов, 2013).

Фитопатогенные микромицеты, которых известно около 25 тыс. видов, не только снижают урожай возделываемых культур (Терехова, 2007; Ганнибал, 2007, 2008, 2011, 2014; Ганнибал, Орина, Левитин, 2010; Гагкаева, Ганнибал, Гаврилова, 2012), но и могут значительно ухудшить его качество (Гагкаева, Гаврилова, 2009, 2010, 2014; Злотников, Рябчинская, 2013; Чекмарев, 2013; Шипилова, Гаврилова, Гагкаева, 2014). Многие виды фитопатогенных микромицетов являются токсигенными, оппортунистическими и аллергенными, то есть могут представлять серьезную угрозу для людей с пониженным иммунным статусом (Богомолова, Васильева, Горшакова, 1999; Саттон, Фотергилл, Ринальди, 2001; Марфенина, 2002; Киреева, Бакаева, Галимзянова, 2005; Васильев, 2007; Данилова, Левитин, Мироненко, 2008; Желтикова, 2009; Левитин, 2009; Ганнибал и др., 2010; Гагкаева и др., 2011; Доршакова и др., 2012; Свистова, Корецкая, 2014).

Чтобы успешно возделывать бобовые культуры, нужно учитывать ряд факторов, в том числе и биологических, среди которых особое место занимают микроскопические грибы, способные вызывать по данным Д.Ю. Шляужене (1983) до 90% всех болезней растений.

Известно, что процесс прижизненной корневой экссудации растениями, в частности бобовыми, способствует изменению численности и состава почвенных микромицетов, биологической активности почвы и накоплению токсигенных видов грибов (Красильников, 1958; Свистова, Парамонов, 2011; Парамонов, 2013). Но сведения по этому вопросу крайне малочисленны, а иногда противоречивы (Егорова, 1971; Шляужене, 1983; Киреева, Бакаева, Галимзянова, 2005; Шурхно и др., 2007; Куркина, 2008).

Таким образом, изучение экологических особенностей отдельных компонентов биоценозов с бобовыми является важной, но еще недостаточно изученной проблемой.

**Целью** данной работы является выявление экологических особенностей комплексов микромицетов ризосферы и филлопланы травянистых растений семейства Бобовые (*Fabaceae* Lindl.) в разных экосистемах юга Среднерусской возвышенности.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Выявить закономерности распределения комплексов микромицетов ризосферы дикорастущих и культурных бобовых растений и присутствие в них опасных для растений и человека видов в естественных условиях и агроценозах;
2. Установить экологические особенности формирования комплексов микромицетов в биотопах с разной техногенной нагрузкой;
3. Оценить особенности структуры комплексов микромицетов в филлосфере бобовых культур в агроценозах;
4. Определить экологические свойства микромицетов ризосферы и филлопланы бобовых культур в условиях агроценозов.

**Научная новизна.** Впервые дана подробная характеристика экологических особенностей комплексов микромицетов ризосферы различных травянистых дикорастущих и культурных бобовых растений и выявлено их разнообразие. Впервые определено содержание токсигенных, оппортунистических, аллергенных для человека видов грибов в микокомплексе ризосферы и филлопланы изученных бобовых растений. Установлено изменение видового состава, повышение численности и снижение биоразнообразия ризосферных комплексов микромицетов под бобовыми культурами за счет элиминации случайных видов и усиления доминирования отдельных грибов в агроценозах. Также определены среди почвенных микромицетов чувствительные, устойчивые и индикаторные виды к прижизненным корневым экссудатам при выращивании бобовых культур. Впервые выявлено снижение под бобовыми растениями частоты встречаемости фитопатогенных видов рода *Fusarium* (*F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*), а также повышение частоты встречаемости фитопатогенного вида *Aspergillus niger* и грибов-антагонистов рода *Trichoderma* в агроценозах. Впервые определены распространенность и развитие микозов бобовых культур и их возбудителей на естественном инфекционном фоне в почвенно-климатических условиях юга Среднерусской возвышенности.

**Практическая значимость работы.** Знание структуры комплексов микромицетов под разными бобовыми культурами дает возможность получить информацию об изменении видового состава микромицетов, накоплении фитопатогенных, антагонистических и опасных для человека микроорганизмов. Благодаря этому становится возможным оценить степень микробиологического нарушения микофлоры из-за специфики агротехники и принять меры по созданию оптимального баланса микофлоры. Полученные данные об экологических особенностях комплексов микромицетов ризосферы и филлопланы изученных бобовых культур могут быть использованы для корректировки технологий их выращивания. Поскольку после культивирования бобовых в почве остаются фитопатогенные виды (*Alternaria alternata*, *Fusarium chlamydosporium*, *F. gibbosum* и *Ulocladium botrytis*), которые могут наносить вред другим сельскохозяйственным растениям, необходимо выбирать наименее чувствительные к данной микофлоре следующие за бобовыми культуры в структуре севооборота.

По материалам диссертации издан учебный справочник «Определитель фитопатогенных грибов» (2015 г.) (в соавторстве).

Для учебных целей созданы коллекции штаммов микромицетов. Некоторые материалы диссертации были включены в УМКД по дисциплине «Физиология роста микроорганизмов» (для магистрантов), а также в рабочие программы и лекционный курс по дисциплинам «Сельскохозяйственная фитопатология», «Методы контроля фитопатогенных организмов» (для магистрантов и студентов института инженерных технологий и естественных наук НИУ «БелГУ»).

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Состав и структура комплексов ризосферных микромицетов специфичен для разных видов растений семейства *Fabaceae* в природных экосистемах. В условиях с антропогенной нагрузкой возрастает численность ризосферных микромицетов и показатели их биоразнообразия, но снижается различие комплексов микромицетов для видов бобовых растений;

2. В экосистемах с высоким уровнем агро- и техногенной нагрузки в микокомплексах бобовых увеличивается доля фитопатогенных и опасных для здоровья человека (аллергенных, токсигенных) видов грибов;

3. В агроценозах значительную долю в комплексе филлопланы бобовых культур занимают фитопатогенные микромицеты, вызывающие широкий спектр фитомикозов;

4. В агроценозах для микокомплексов бобовых растений характерны индикаторные виды грибов и разный спектр патогенной активности выделенных микромицетов по отношению к растениям.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты работы доложены на Международной научно-практической экологической конференции «Структурно-функциональные изменения в популяциях и сообществах на территориях с разным уровнем антропогенной нагрузки» (г. Белгород, 2012), Межрегиональной научной конференции «Флора и растительность Центрального Черноземья – 2013» (г. Курск, 2013), Международной научно-практической интернет конференции «Липидология – наука XXI века» (г. Казань, 2013), Международной виртуальной интернет конференции «Биотехнология. Взгляд в будущее» (г. Казань, 2013, 2014), Всероссийской научной конференции с международным участием (к 50-летию Кировского отделения Русского ботанического общества) (г. Киров, 2014), Международной научной интернет-конференции «Современные тенденции в сельском хозяйстве» (г. Казань, 2014), а также на ежегодных заседаниях кафедры экологии, физиологии и биологической эволюции НИУ «БелГУ».

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 14 работ, в том числе 5 – в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы (всего 290 наименований, в том числе 29 на иностранных языках) и приложения. Работа изложена на 203 страницах, включает 33 таблицы, 60 рисунков. Все рисунки в работе выполнены автором.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### ГЛАВА I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Рассмотрены разные направления и основные этапы исследований в области экологии микромицетов и почвенной микологии от описательного периода до современности. Отражено значение растений семейства Бобовые для развития растениеводческой и кормопроизводственной отрасли и их распространенность в естественных фитоценозах юга Среднерусской возвышенности. Выражена роль почвенных микромицетов в выполнении важнейших экологических функций почвы, а также опасность токсигенных грибов при загрязнении почвы и сельскохозяйственной продукции. Обсуждены взаимосвязи фитопатогенных микромицетов с высшими растениями.

### ГЛАВА II. УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обсуждены климатическая характеристика района и гидротермические условия в годы исследований (2012-2014).

**Объектами исследований** были травянистые бобовые растения (15 видов), выращиваемые нами в мелкоделяночных опытах и собранные с участков естественной растительности Ботанического сада НИУ «БелГУ», его окрестностей, заповедника «Белогорье», цементного завода и на территории городских дорог Белгородской области, а также 2258 штаммов 118-ти видов микромицетов, изолированные нами из природных популяций грибов.

В качестве **материала для исследований** использовали почвенные образцы, отобранные в области ризосферы бобовых растений. Контролем служили парующая почва и целина с злаково-разнотравной растительной ассоциацией. Почва опытных участков – чернозем типичный, средний суглинок, мелкокомковатый по структурному составу, рН водной вытяжки (активная кислотность) на уровне 7,6; рН солевой вытяжки (обменная кислотность) – 6,9. Материалом наблюдений и лабораторных исследований служили здоровые и больные травянистые бобовые растения, образцы их листьев, стеблей и плодов.

Выделение грибов из почвы и ризосферы растений проводили общепринятым для этих целей методом почвенных разведений Ваксмана и водных смывов. Выделение эпифитных грибов из филлопланы растений проводили методом отпечатков и смывов с поверхности листьев в 4-кратной повторности (Дудка и др., 1982; Кураков, 2001). Выделение фитопатогенных грибов из растений проводили стандартным методом (Методы определения болезней..., 1987).

Присутствие грибов с сахаролитической и пептонолитической активностью определяли с использованием разных агаризированных питательных сред (среда Чапека, среда Сабуро и питательный агар).

Идентификацию таксономической принадлежности по совокупности культурально-морфологических признаков проводили с использованием

определителей и микологических атласов (Литвинов, 1967; Пидопличко, Милько, 1971; Билай, 1977; Пидопличко, 1977, 1978; Кириленко, 1978; Билай, Коваль, 1988; Хасанов, 1992; Саттон, Фотергилл, Ринальди, 2001; Гагкаева и др., 2011; Ганнибал, 2011; Booth, 1971; Gerlach, Nirenberg, 1982; Leslie, Summerell, 2006). Токсигенными, оппортунистическими и аллергенными для человека видами микромицетов считали виды согласно определителям (Билай, Пидопличко, 1979; Кашкин, Хохряков, Кашкин, 1979; Билай, Кубрацкая, 1990; Саттон, Фотергилл, Ринальди, 2001; Ганнибал, 2011) и собственным исследованиям (Елинов, 2002; Свистова, Парамонов, 2011; Свистова, Корецкая, 2014; Lugauskas et al., 2006; Benndorf et al., 2008).

По числу выросших колоний в чашке на питательных средах на 7-15-е сутки подсчитывали число клеток в 1 г абсолютно сухой почвы (Теппер, Шильникова, Переверзева, 1993; Щербакова, 2013).

Структуру комплекса грибов оценивали по показателям пространственной и временной частоты встречаемости и обилия видов (Мирчинк, 1988; Кураков, 2001), рассчитывали показатели биоразнообразия (Одум, 1986; Мэгарран, 1992; Кураков, 2001).

Получение электронных ионно-растровых изображений выделенных грибов и измерение размеров их конидий проводили в центре коллективного пользования (ЦКП НИУ «БелГУ») на электронном ионно-растровом сканирующем микроскопе «Quanta 200 3D».

Диагностику болезней растений проводили с использованием специальных определителей (Головин и др., 1980; Семенов, Абрамова, Хохряков, 1980; Станчева, 2003; Хохряков и др., 2003; Шкаликов и др., 2003, 2010; Гриценко, Стройков, Третьяков, 2008). Основными элементами учета болезней растений считали распространенность, интенсивность, развитие (Щербакова, 2013).

При искусственном заражении использовали листья различных ярусов на пяти растениях. Инокулом культивировали на твердых питательных средах и 5 мл водной суспензии спор ( $1 \times 10^6$  конидий/мл) наносили на нижнюю поверхность листовой пластинки каплей на место легкого укола по углам правильного треугольника. Контролем служили растения, на листья с уколами которых вместо суспензии спор наносили капли стерильной водопроводной воды.

Патогенные свойства штаммов грибов изучали методом биопробы на семенах (Жемчужина и др., 2014; Киселева и др., 2014).

### ГЛАВА III. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПЛЕКСОВ МИКРОМИЦЕТОВ РИЗОСФЕРЫ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ В ЭКОСИСТЕМАХ ПРИРОДНЫХ И С РАЗНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

#### Закономерности распределения комплексов микромицетов в ризосфере многолетних бобовых травянистых ценопопуляций в естественных условиях

По полученным результатам исследования структуры комплексов микромицетов ризосферы многолетних бобовых травянистых ценопопуляций (вязеля разноцветного, златошитника золотистого, клевера ползучего, люцерны посевной, лядвенца рогатого) и почвенной микофлоры целины под разнотравно-злаковой растительной ассоциацией (в качестве контроля) в естественных условиях нами были выделены и идентифицированы 39 видов микромицетов из 16-ти родов, 6-ти порядков, 5-ти классов, 2-х отделов *Ascomycota* и *Zygomycota*.

В комплексе типичных микромицетов, за исключением случайных видов, целинной почвы под разнотравно-злаковой растительной ассоциацией доминировали целлюлозолитик *Trichoderma lignorum* (23%) и *Penicillium expansum* (16%), доля частого вида *Aspergillus ustus* составляла 17%, а остальные виды встречались с долей 2-8%.

В ризосфере исследуемых бобовых трав в естественных условиях сформированы специфические группы почвенных грибов, определяемые доминированием различных видов, что может быть связано как с типом жизненной формы растений и их корневой системы, составом прижизненных корневых экссудатов растений, так и с разнокачественными растительными остатками. В ранге частых видов в комплексе микромицетов ризосферы вязеля разноцветного отмечено преобладание фитопатогенных грибов *Alternaria tenuissima* (41%) и *Fusarium merismoides* (28%), а у златошитника золотистого – *Trichoderma lignorum* (69%) с фунгицидной активностью. В комплексе типичных видов грибов ризосферы клевера ползучего 81% приходился на редкий вид *Actinomicor elegans*, 52% в ризосферном комплексе типичных микромицетов под лядвенцем рогатым занимал частый вид *Aspergillus terreus*, а под люцерной посевной – два вида рода *Penicillium* (*P. lanosum*, *P. cyclopium*).

Следует отметить, что во всех комплексах типичных видов ризосферы изученных бобовых трав обнаружено присутствие представителей рода *Fusarium*. Гриб *F. merismoides* встречался как в ранге частого вида с долей в комплексах вязеля разноцветного 28% и люцерны посевной 19%, так и редкого – в комплексе златошитника золотистого с долей 9%. Также распространены и другие виды этого рода: *F. chlamydosporum* (32% всего комплекса лядвенца рогатого и 13% клевера ползучего), *F. semitectum* (в комплексе люцерны посевной занимал 21%), которые опасны тем, что вызывают практически бессимптомные фузариозы и продуцируют опасные токсины (Гагкаева и др., 2011). В целинном черноземе среди типичных видов встречался *F. solani* в ранге редкого с долей 8% и *F. oxysporum* в ранге случайного.



Показатели видового разнообразия и экологических особенностей комплексов микромицетов целины и ризосферы многолетних бобовых трав приведены в таблице 1.

Таблица 1

Экологические особенности комплексов микромицетов ризосферы многолетних бобовых трав в естественных условиях (2012-2014 гг.)

Показатели \ Растение	контроль (целина)	вязель разноцветный	златоштитник золотистый	клевер ползучий	люцерна посевная	лядвенец рогатый
Численность (тыс. КОЕ/г)	6,4	12,7*	10,9*	8,1	12,5*	5,3
Всего видов	20	16	15	7	10	8
Из них типичных	11	8	7	3	7	3
Доля типичных (%)	55	50	47	43	70	38
<b>Обилие типичных (%)</b>	<b>81</b>	<b>76</b>	<b>95*</b>	<b>98*</b>	<b>98*</b>	<b>87</b>
Доля токсигенных (%)	65	63	73*	43*	70*	50*
<b>Обилие токсигенных (%)</b>	<b>66</b>	<b>77*</b>	<b>87*</b>	<b>19*</b>	<b>49*</b>	<b>37*</b>
Доля оппортунистических (%)	55	44*	57	29*	40*	50
<b>Обилие оппортунистических (%)</b>	<b>51</b>	<b>26*</b>	<b>69*</b>	<b>14*</b>	<b>35*</b>	<b>43*</b>
Доля аллергенных (%)	40	25*	27*	0*	10*	25*
<b>Обилие аллергенных (%)</b>	<b>29</b>	<b>14*</b>	<b>13*</b>	<b>0*</b>	<b>5*</b>	<b>12*</b>
Индекс Шеннона (H')	2,54	2,44	1,43	0,26	1,74	0,59
Индекс Симпсона (D)	0,11	0,10	0,32	0,91	0,21	0,74
Индекс Пиелу (E)	0,85	0,90	0,53	0,13	0,76	0,28
Коэффициент Жаккара с контролем (%)	-	29	25	8	15	17

\*-  $P_{0,05}$  с контролем.

В естественных условиях под бобовыми многолетними травами наблюдалось уменьшение видового богатства, усиление индекса доминирования и снижение выравненности в комплексе микромицетов ризосферы по сравнению с целинной почвой под разнотравно-злаковой растительной ассоциацией. Под бобовыми многолетними травами (за исключением лядвенца рогатого) общая численность микромицетов повышалась в среднем на  $4,7 \pm 1,1$  тыс. КОЕ/г почвы. В то же время отмечено снижение видового разнообразия комплексов ризосферы бобовых многолетних трав (с 20 видов в целинной почве до 7-16 видов). Однако, обилие типичных видов в микокомплексе ризосферы изученных бобовых (за исключением вязеля разноцветного) на 6-17% выше, чем их обилие в микокомплексе целинного чернозема.

Коэффициент Жаккара, рассчитанный для оценки сходства микокомплексов целины и ризосферной зоны различных вариантов опыта по видовому составу, показал, что изучаемые биотопы имеют общие ряды, однако степень сходства между ними невысокая и установлена на уровне 8-29%.

Для целинной почвы характерна наибольшая степень разнообразия почвенных комплексов микромицетов ( $H' = 2,54$ ; 20 видов), которая уменьшалась под бобовыми травами (от 0,26 у клевера до 2,44 у вязеля). Индекс доминирования Симпсона комплекса микромицетов в целине принимал маленькое значение (0,11), в то же время под бобовыми растениями это значение находилось в пределах от 0,10 до 0,91.

По сравнению с целиной в ризосфере изученных бобовых ценопопуляций наблюдалось снижение доли видов оппортунистов (на 5-26%) и аллергенных видов (на 13-40%), так и их обилия на 8-37% и 15-29% соответственно, а уменьшение содержания токсигенных видов грибов отмечено в ризосфере клевера ползучего (на 47%) и лядвенца рогатого (на 29%).

Большинство видов грибов (78%) проявило целлюлозолитическую активность, а разложение клетчатки происходило интенсивнее в почве под златошитником и люцерной. Пептонолитическую активность проявили 42% видов грибов, сахаролитическую – 14% и амилолитическую – 8% видов грибов.

Таким образом, в ризосфере исследуемых бобовых трав в естественных условиях сформированы специфические группы почвенных грибов, определяемые доминированием различных видов, что может быть связано как с типом жизненной формы растений и их корневой системы, так и составом прижизненных корневых экссудатов растений. Видовое разнообразие микокомплексов под разными видами бобовых растений имеет низкое сходство (коэффициент сходства  $K_j$  от 6 до 39%). Наибольшим сходством обладали микокомплексы златошитника и люцерны. Под клевером ползучим выявлено меньше всего токсигенных, оппортунистических и аллергенных для человека грибов.

### **Формирование структуры микокомплексов в ризосфере бобовых культурных растений в условиях агроценозов**

В течение трех лет исследований почвенной микофлоры парующей почвы (в качестве контроля) и ризосферы бобовых культур разных жизненных форм нами выделены и идентифицированы 69 видов почвенных микромицетов, относящихся к 28 родам из отдела *Ascomycota* (7 классов, 10 порядков) и *Zygomycota* (по 1 классу и порядку).

Анализ структуры микокомплексов парующей почвы и ризосферы изученных бобовых в условиях агроценозов показал значительную вариабельность видового состава комплекса микромицетов разных биотопов типичного чернозема. В микокомплексе парующей почвы не выявлено доминантных видов, в ранге часто встречающихся отмечены виды *Aspergillus ochraceus* и *Rhizopus microsporus*. Редкими видами являлись *Aspergillus candidus*, *A. niger*, *A. terreus*, *A. ustus*, *Candida albicans*, *Fusarium oxysporum*, *F. proliferatum*. Остальные 29 видов входили в ранг случайных.

Под бобовыми культурами наблюдали разнонаправленные нарушения видового состава микромицетов чернозема, что свидетельствует о специфичности корневых экссудатов. Из анализа комплекса типичных видов

видно, что как в микокомплексе парующей почвы (72%), как и ризосферы под фасолью овощной сорта «Креолка» (83%), клевером гибридным (89%), лядвенцем рогатым «Солнечная лужайка» и «Солнышко» (49 и 61%), и эспарцетом песчаным (55%), преобладали грибы рода *Aspergillus*, а под фасолью спаржевой сорта «Журавушка» – грибы рода *Penicillium* (72%). Кроме представителей рода *Aspergillus* с долей 48%, в ризосфере клевера лугового 44% занимали представители рода *Penicillium*, а под вигной лучистой 45% приходилось на дрожжеподобный вид *Candida albicans*. В ризосфере арахиса культурного доминировал *Rhizopus microsporus* с долей 40%. В комплексе типичных видов донника желтого 68% приходилось на частый вид *Trichoderma lignorum*, 46% в ризосферном комплексе козлятника – на фитопатогенные виды рода *Fusarium* (*F. chlamydosporum* и *F. proliferatum*), а под люцерной посевной отмечено преобладание представителей рода *Aspergillus* (46%) и темноокрашенных фитопатогенных видов *Ulocladium botrytis* (28%).

В ризосфере бобовых культур общая численность микромицетов составляла в среднем  $20,5 \pm 1,8$  тыс. КОЕ/г почвы и увеличивалась на  $8,2 \pm 1,8$  тыс. КОЕ/г почвы по сравнению с контролем (табл. 2), что связано, очевидно, с выделением корневой системой большого количества необходимых для жизнедеятельности микроорганизмов экссудатов – метаболитов. При этом видовое богатство снижалось с 38 до 9-22, наиболее сильно под культурами люцерны посевной, козлятника лекарственного, лядвенца рогатого, вигны лучистой, что связано с элиминацией не только случайных, но и типичных видов. Также отмечено возрастание доли типичных видов грибов (на 14-54%) и их обилия (на 7-19%) в ризосферных комплексах микромицетов.

Многие случайные виды, выявленные в парующей почве, не отмечены в ризосфере бобовых культур в фазу цветения. В то же время, в ризосфере бобовых культур выделены не характерные для контроля виды, большинство из которых являются токсигенными и оппортунистическими для человека. Причем, одновременно, под 58,3% изученных растений в фазу цветения обнаружены *Epicoccum nigrum* и *Penicillium purpurogenum*, под 33,3% бобовых появились *Acremonium strictum*, *Aspergillus versicolor*, под 25% видов культур – *Actinomicor elegans*, *Cunninghamella echinulata*, *Ulocladium botrytis*. В ризосфере всех бобовых культур наблюдалось возрастание частоты встречаемости фитопатогенного вида *Aspergillus niger*. Наряду с этим его численность также повышалась в микокомплексе ризосферы ряда бобовых в среднем в 8,1 раза.

Полученные данные (табл. 2) свидетельствуют, что под бобовыми растениями происходило снижение доли случайных видов и усиление индекса доминирования в комплексе микромицетов. Значения индексов биоразнообразия Шеннона комплексов микромицетов ризосферы бобовых растений уменьшались по сравнению с микокомплексом парующей почвы. В то же время индекс доминирования Симпсона контрольной почвы принимал маленькое значение (0,09), под бобовыми растениями он находился в пределах от 0,10 до 0,22. Показатель  $\beta$ -разнообразия, коэффициент общности Жаккара,

Таблица 2

Видовое разнообразие и экологические особенности комплексов микромицетов ризосферы бобовых культур в агроценозах (среднее по годам 2012-2014 гг.).

Показатели \ Растения	контроль (пар)	арахис культурный	вигна лучистая	фасоль овощная	фасоль спаржевая	донник желтый	клевер гибридный	клевер луговой	козлятник лекарственный	люцерна посевная	лядвенец рогатый «Солнечная лужайка»	лядвенец рогатый «Солнышко»	эспарцет песчаный
Численность (тыс. КОЕ/г)	12,3	15,8	23,1*	16,2	17,6*	34,7*	13,8	17,3*	13,7	27,8*	24,3*	23,5*	18,3*
Всего видов	36	16	12	13	15	22	16	13	11	9	11	11	13
Из них типичных	9	6	7	6	10	9	6	6	8	7	6	6	8
Доля типичных (%)	24	38	58	46	67	41	38	46	73	78	55	55	62
<b>Обилие типичных (%)</b>	<b>61</b>	<b>67</b>	<b>83*</b>	<b>68</b>	<b>89*</b>	<b>76*</b>	<b>72*</b>	<b>76*</b>	<b>80*</b>	<b>98*</b>	<b>74*</b>	<b>83*</b>	<b>92*</b>
Доля токсигенных (%)	54	75*	83*	77*	80*	68*	63	77*	64	78*	73*	55	77*
<b>Обилие токсигенных (%)</b>	<b>59</b>	<b>72*</b>	<b>83*</b>	<b>92*</b>	<b>89*</b>	<b>88*</b>	<b>70*</b>	<b>69</b>	<b>60</b>	<b>73*</b>	<b>87*</b>	<b>56</b>	<b>60</b>
Доля оппортунистических (%)	58	50	59	62	47*	55	63	69*	55	44*	55	36*	54
<b>Обилие оппортунистических (%)</b>	<b>62</b>	<b>59</b>	<b>90*</b>	<b>87*</b>	<b>31*</b>	<b>75*</b>	<b>64</b>	<b>63</b>	<b>60</b>	<b>52*</b>	<b>76*</b>	<b>52*</b>	<b>52*</b>
Доля аллергенных (%)	29	38*	42*	31	20	32	44*	31	27	33	18*	36*	38*
<b>Обилие аллергенных (%)</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>63*</b>	<b>34</b>	<b>15*</b>	<b>19*</b>	<b>40*</b>	<b>34</b>	<b>32</b>	<b>38*</b>	<b>22*</b>	<b>44*</b>	<b>33</b>
Индекс Шеннона (H')	2,80	2,43	2,20	2,06	2,08	2,35	2,41	2,21	2,12	1,93	2,02	1,90	2,13
Индекс Симпсона (D)	0,09	0,10	0,12	0,16	0,22	0,18	0,11	0,13	0,13	0,15	0,15	0,20	0,14
Индекс Пиелу (E)	0,77	0,88	0,89	0,80	0,77	0,76	0,87	0,86	0,89	0,88	0,84	0,79	0,83
Коэффициент Жаккара с паром (%)	-	23	11	21	15	33	17	19	17	21	20	17	21

\*- P<sub>0,05</sub> с контролем.

для комплексов микромицетов в парующей почве и ризосферной зоны под бобовыми культурами составлял от 11% до 33%.

В ризосфере всех изученных бобовых растений за исключением лядвенца рогатого сорта «Солнышко» наблюдалось повышение обилия токсигенных видов на 1-33%, а также возрастание (на 2-33%) аллергенных видов (не включая микокомплексы под фасолью спаржевой сорта «Журавушка», донником желтым и лядвенцем рогатым сорта «Солнечная лужайка»). Только в микокомплексе арахиса культурного, фасоли спаржевой сорта «Журавушка», козлятника лекарственного, люцерны посевной, лядвенца рогатого сорта «Солнышко» и эспарцета песчаного выявлено уменьшение, по сравнению с контролем, обилия (2-31%) оппортунистов.

В агроценозах у разных исследуемых бобовых культур также наблюдалась своеобразность групп микромицетов ризосферы. Наибольшим биоразнообразием отличались микокомплексы почв под донником желтым, арахисом культурным и клевером гибридным. Степень сходства комплексов микромицетов под разными бобовыми варьировала в пределах от 4,5 до 60%.

### **Сравнительный анализ ризосферных комплексов микромицетов многолетних бобовых в естественных условиях и агроценозах**

Проведенный анализ комплексов микромицетов ризосферы люцерны посевной и лядвенца рогатого в естественных условиях и агроценозах показал, что в агроценозах общая численность ризосферных микромицетов увеличивалась в 2,2 раза под люцерной посевной и 4,5 раза под лядвенцем рогатым. Их видовое разнообразие в обоих условиях значительно отличалось. Степень сходства на уровне 36% установлена для микокомплексов люцерны посевной, а 12% – для микокомплексов лядвенца рогатого в естественных условиях и агроценозах.

В условиях агроценозов увеличивалась частота встречаемости фитопатогенных грибов *Aspergillus niger* и развивался вид-целлюлозолитик *Trichoderma koningii*. Обилие токсигенных, оппортунистических и аллергенных видов в почвах под бобовыми в естественных условиях меньше, чем в агроценозах на 19-50%, 9-33%, 10-33% соответственно. Комплекс агротехнических приемов, в том числе различные способы обработки почвы, борьбы с сорняками, вероятно, способствовал изменению состава почвенных комплексов микромицетов.

### **Распределение комплексов микромицетов в ризосфере бобовых ценопопуляций в биотопах с разной техногенной нагрузкой**

Сравнительный анализ комплексов микромицетов ризосферы многолетних бобовых ценопопуляций в разных биотопах показал, что общая численность микромицетов в ризосфере клевера гибридного в биотопах с техногенной нагрузкой увеличивалась в среднем в 3,2 раз, а в ризосфере

лядвенца рогатого численность микромицетов достоверно не различалась между вариантами опыта (табл. 3).

В комплексах микромицетов ризосферы клевера гибридного во всех биотопах выделены 3 общих вида (*Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum* и *Penicillium cyclopium*). Частота встречаемости фитопатогенного *F. oxysporum* и токсигенного вида *P. cyclopium* увеличивалась по мере возрастания техногенной нагрузки. На территории цементного завода и вдоль городских дорог не встречались 3 типичных для заповедника вида: *Aspergillus nidulans*, *Mucor strictus*, *Trichoderma viride*, наряду с этим развивались *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporoides*, *Mycelia sterilia*.

Общими видами в комплексах микромицетов ризосферы лядвенца рогатого в трех биотопах являлись *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Mucor hiemalis* и *Penicillium cyclopium*. Типичные виды для заповедника *A. niger*, *F. oxysporum*, *M. hiemalis* уменьшали частоту встречаемости в условиях с техногенной нагрузкой. В то же время случайный вид *F. solani* увеличивал ранг на редкий и частый вид.

Таблица 3

Экологические особенности комплекса микромицетов ризосферы бобовых трав в биотопах с разной техногенной нагрузкой

Показатели	Растение			Лядвенец рогатый		
	Клевер гибридный			3	ГД	ЦЗ
	3	ГД	ЦЗ	3	ГД	ЦЗ
Общая численность (тыс. КОЕ/г. почвы)	8,9	20,1*	37,4*	7,8	7,9	7,04
Всего видов	11	11	9	15	12	14
Обилие токсигенных (%)	41,5	61,3*	84,8*	60,4	84,4*	74,1*
Обилие оппортунистических (%)	61,7	74,0*	21,6*	56,9	51,7	61,6*
Обилие аллергенных (%)	46,0	41,9	10,1*	40,6	29,1*	50,3*
Индекс Шеннона (H')	2,07	1,77	0,98	2,02	2,01	2,21
Индекс Симпсона (D)	0,15	0,21	0,57	0,18	0,19	0,15
Индекс Пиелу (E)	0,86	0,74	0,44	0,74	0,81	0,84
Коэффициент Жаккара с заповедником (%)		46,7	17,6		58,8	45,0

Условные обозначения: 3 – на территории заповедника, ГД – на территории городских дорог, ЦЗ – на территории цементного завода.

\*-  $P_{0,05}$  с опытным вариантом в заповеднике.

Анализируя содержание токсигенных, оппортунистических и аллергенных видов в микокомплексе (табл. 3) выяснили, что в биотопах с техногенной нагрузкой в ризосфере бобовых травянистых ценопопуляций достоверно повышалось лишь обилие токсигенных видов на 14-43%.

Степень биоразнообразия почвенных комплексов микромицетов ризосферы клевера гибридного уменьшалась в биотопах с повышенной техногенной нагрузкой. Для заповедника характерно увеличение индекса Шеннона ( $H' = 2,07$ ), которое составило 1,77 и 0,98 на территории вдоль городских дорог и цементного завода. В то же время индекс доминирования Симпсона показал обратную закономерность. Степень доминирования видов грибов в комплексе микромицетов ризосферы клевера гибридного увеличивалась по мере техногенной нагрузки. В ризосфере лядвенца рогатого

на территории цементного завода также отмечено увеличение степени биоразнообразия и выравненности комплекса микромицетов. Степень сходства установлена на уровне 18-59% для микокомплексов на биотопах, расположенных в заповеднике и на территории с техногенной нагрузкой.

Таким образом, наряду с ризодепозитом растений, в формировании комплексов микромицетов в ризосфере бобовых растений и накоплении в них опасных для человека видов грибов важную роль играют также агрогенная и техногенная нагрузка.

#### **ГЛАВА IV. ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСОВ МИКРОМИЦЕТОВ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ**

##### **Оценка биоразнообразия комплексов микромицетов филлопланы бобовых культур в агроценозах**

Микроскопические грибы часто являются убикистными микроорганизмами, развивающимися на поверхности вегетирующих растений и использующими для своего развития выделения листьев и стеблей растений. Исследования показали, что всего с листьев изученных бобовых (арахиса культурного, вигны лучистой, вики посевной, вязеля разноцветного, златоштитника золотистого, клевера ползучего, люцерны посевной, лядвенца рогатого) выделен 31 вид грибов, принадлежащих к 17 родам.

На листьях бобовых чаще встречались грибы рода *Alternaria*, однако преобладали представители комплекса видов «*A. alternata*» (*A. alternata* и *A. tenuissima*) с долей 8-60%, тогда как комплекс видов «*A. infectoria*» был представлен только на листьях вики посевной (5,3%). Из других представителей близких роду *Alternaria* на листьях однолетних бобовых были выявлены 2 фитопатогенных вида рода *Ulocladium* (3-16%), а представители сапротрофного вида *Cladosporium cladosporioides*, с долей 50%, преобладали лишь на листьях златоштитника золотистого. Широко распространенные виды фитопатогенных грибов рода *Fusarium* были обнаружены на листьях клевера гибридного, люцерны посевной (*F. sporotrichioides*), на лядвенце рогатом (*F. moniliforme*). Оба эти вида обнаружены на вигне посевной.

На растениях однолетних бобовых (арахиса, вигны) значительные доли выявления видов в микокомплексе характерны для фитопатогенных грибов *Macrophoma phaseolicola* (22-31%) и *Colletotrichum lindemuthianum* (13-17%), которые по данным Й. Станчевой (2003) и М.К. Хохрякова (2003) способны вызывать склероциальную гниль и антракноз у бобовых культур.

Следует отметить, что на фитопатогенные виды приходилось 42% микромицетов, выделенных с листьев бобовых. Анализируя присутствие фитопатогенных грибов в филлоплане по каждому виду растений (табл. 4) выяснили, что все выявленные из филлопланы вики посевной виды грибов являлись фитопатогенными. Высокая доля фитопатогенных видов характерна для микобиоты филлопланы люцерны посевной (83%) и уменьшается в ряду: вигна-лядвенец-вязель-арахис-клевер-златоштитник.

**Экологические особенности комплексов микромицетов филлопланы  
бобовых растений (2012-2014 гг.)**

<b>Показатели</b> \ <b>Растения</b>	арахис культурный	вигна лучистая	вика посевная	вязель разноцветный	златошитник золотистый	клевер ползучий	люцерна посевная	лядвенец рогатый
Всего видов	8	12	5	4	3	9	7	5
Доля фитопатогенных (%)	52	74	100	67	50	51	83	74
Доля токсигенных (%)	30	29	95	67	50	69	78	74
Доля оппортунистических (%)	61	49	74	67	100	52	83	87
Доля аллергенных (%)	13	17	69	67	50	47	68	20
Индекс Шеннона (H')	1,9	2,21	1,27	1,02	0,85	1,92	1,41	1,55
Индекс Симпсона (D)	0,13	0,13	0,32	0,4	0,43	0,14	0,33	0,17
Индекс Пиелу (E)	0,92	0,86	0,79	0,74	0,77	0,87	0,72	0,96

Анализируя содержание токсигенных, оппортунистических и аллергенных для человека видов грибов в микокомплексах филлопланы по каждому виду растений выяснили, что содержание токсигенных, оппортунистических и аллергенных видов грибов меньше всего выявлено под однолетними видами (арахисом культурным и вигной лучистой).

Наименьшим биоразнообразием характеризовались микокомплексы листьев златошитника золотистого и вязаля разноцветного. Присутствие на листьях арахиса культурного, клевера ползучего и вигны лучистой наибольшего в опыте числа видов микромицетов (от 8 до 13 видов) обусловили более высокие значения индекса Шеннона (1,9-2,2). Индекс доминирования Симпсона, как и ожидалось, показал обратную закономерность: чем больше выявлено видов грибов в комплексе, тем меньше в нем доминирование отдельных видов (см. табл. 4).

Анализ индекса Жаккара показал, что наибольшим сходством обладали микокомплексы филлопланы арахиса культурного и вигны лучистой ( $K_j = 43\%$ ), златошитника золотистого и вязаля разноцветного ( $K_j = 40\%$ ), причем вторая пара отличалась наименьшим в опыте биоразнообразием. Также отмечено сходство микокомплексов люцерны посевной с клевером ползучим ( $K_j = 33\%$ ), златошитником золотистым ( $K_j = 25\%$ ), вязелем разноцветным ( $K_j = 22\%$ ) и викой посевной ( $K_j = 20\%$ ). Сходство комплексов микромицетов листьев бобовых должно учитываться в разработке мер защиты растений.

**Экологические последствия доминирования фитопатогенных  
микромицетов ризосферы и филлопланы бобовых растений**

Анализируя распространенность болезней бобовых культур в почвенно-климатических условиях юга Среднерусской возвышенности выяснили, что в агроценозах на естественном инфекционном фоне наиболее



распространенными и вредоносными заболеваниями на дву- и многолетних бобовых травах были мучнистая роса, ржавчина и альтернариоз. У козлятника отмечалась наибольшая потеря (81%) продуктивности зеленой массы, вызванная альтернариозом. Второе место по потере продуктивности зеленой массы занимала мучнистая роса на клеверах (42,5-51,5%).

Среди однолетних бобовых культур наиболее распространенными и вредоносными заболеваниями оказались церкоспороз (у арахиса), аскохитоз (у вигны) и смешанная инфекция (альтернариоз + фузариоз) (у фасоли), потери продуктивности плодов варьировали в интервале 76-84%, а потери продуктивности семян – 65-85%.

Широким распространением отличался вид *Alternaria alternata*, который был отмечен на 4-х различных культурах. Виды *Fusarium gibbosum* var. *acuminatum*, *F. equiseti* (или *F. falcatum*) зарегистрированы на 3-х видах бобовых растений. Возбудители *A. brassicae* и *Erysiphe communis* f. *trifolii* вызывали заболевание на двух растениях одного рода (2-х видах фасоли и клевера). Остальные виды встречались только на одной культуре.

Таксономический анализ показал, что все грибы, вызывающие заболевания бобовых культур в условиях юга Среднерусской возвышенности отнесены к 3-м отделам: *Ascomycota*, *Basidiomycota* и *Oomycota*. Подавляющая часть возбудителей принадлежала отделу *Ascomycota* (классы *Dothideomycetes*, *Leotiomycetes*, *Sordariomycetes*) и восьми родам *Alternaria* (2 вида), *Ascochyta* (3 вида), *Cercospora* (2 вида), *Erysiphe* (5 видов), *Fusarium* (4 вида), *Kabatiella*, *Pseudopeziza* и *Septoria* (по 1 виду). Отдел *Basidiomycota* представлен двумя классами (*Pucciniomycetes*, *Agaricomycetes*) и двумя родами *Rhizoctonia* (2 вида), *Uromyces* (3 вида). Отдел *Oomycota* включал представителей одного класса *Peronosporae* и одного рода *Peronospora* (2 вида).

Выявлено, что до 83% фитопатогенных грибов – возбудителей микозов бобовых это представители наземно-воздушной или листостеблевой группы (возбудители ржавчины, мучнистой росы, альтернариоза, аскохитоза, антракноза, церкоспороза, желтой пятнистости, пероноспороза, септориоза, ризоктониоза, черной плесени), а 17% – почвенной или корне-клубневой группы (возбудители фузариоза, фузариозной корневой гнили).

### **Анализ комплексов микромицетов филлопланы бобовых ценопопуляций в биотопах с разной техногенной нагрузкой**

Всего на листьях клевера гибридного и лядвенца рогатого было выделено 13 видов микромицетов, относящихся к 9 родам. Полученные результаты исследования структуры комплексов микромицетов в филлоплане многолетних бобовых травянистых ценопопуляций (клевера гибридного и лядвенца рогатого) в фазе цветения в биотопах с разной техногенной нагрузкой показали, что в биотопах с повышенной техногенной нагрузкой в филлоплане бобовых травянистых ценопопуляций обнаружено уменьшение общей численности микромицетов (в 3,4 раз у лядвенца рогатого и в 1,2 раз у клевера гибридного) (табл. 5).

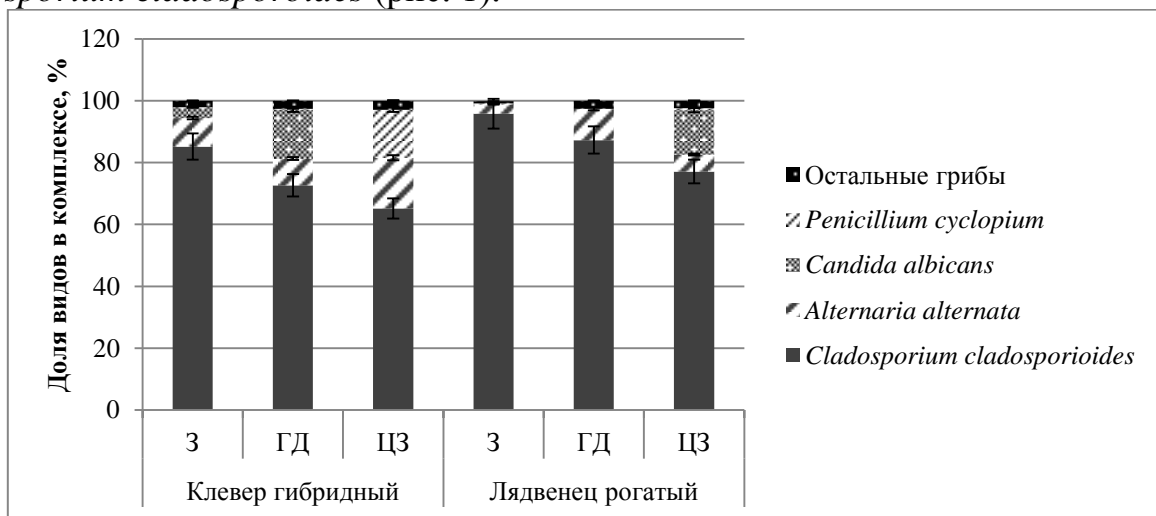
Таблица 5

Общая численность микромицетов на поверхности листьев бобовых растений в биотопах с разной техногенной нагрузкой

Название растения	Численность микромицетов филлопланы бобовых (КОЕ/1 см <sup>2</sup> поверхности листьев) в биотопах:		
	заповедника	территории вдоль городских дорог	цементного завода
Клевер гибридный	307±27,6	284,3±51,6	254,7±23,7*
Лядвенец рогатый	929,7±34,4	302,3±31,4*	247,3±35,4*

\*- P<sub>0,05</sub> с опытным вариантом в заповеднике.

Во всех изученных биотопах наиболее высокие показатели удельного обилия в филлоплане клевера гибридного отмечены для эпифитного вида *Cladosporium cladosporoides* (рис. 1).



Условные обозначения: З – на территории заповедника, ГД – на территории городских дорог, ЦЗ – на территории цементного завода.

Рис. 1. Доля микромицетов, выделенных с поверхности листьев бобовых трав в биотопах с разной техногенной нагрузкой

Следует отметить, что в биотопах с техногенной нагрузкой доля эпифитного вида *Cladosporium cladosporoides* уменьшается на 8,5-20% по сравнению с биотопами, расположенными в заповеднике.

Анализируя присутствие токсигенных, оппортунистических и аллергенных для человека видов грибов в микокомплексах филлопланы (табл. б) выяснили, что в биотопах с техногенной нагрузкой отмечено увеличение обилия аллергенных (на 4,4-18,3%) и токсигенных видов грибов (на 3,7-21,8%).

Анализ индексов Шеннона, Симпсона, Пиелу и общности Жаккара показал, что по мере возрастания техногенной нагрузки отмечено увеличение степени биоразнообразия и выравненности, в то же время уменьшение показателей доминирования комплексов микромицетов филлопланы бобовых.

Характеристика комплекса микромицетов филлопланы бобовых трав в биотопах с разной техногенной нагрузкой

Показатели	Растение			Лядвенец рогатый		
	Клевер гибридный	ГД	ЦЗ	3	ГД	ЦЗ
Всего видов	8	8	6	6	6	7
Обилие токсигенных (%)	10,3	10,1	32,1*	3,9	11,5*	7,6*
Обилие оппортунистических (%)	99,9	98,5	84,5*	99,7	99,5	99,4
Обилие аллергенных (%)	14,3	25,6*	18,7*	3,6	12,6*	21,9*
Индекс Шеннона (H')	0,58	0,84	0,92	0,18	0,45	0,73
Индекс Симпсона (D)	0,74	0,58	0,52	0,93	0,79	0,62
Индекс Пиелу (E)	0,28	0,40	0,52	0,10	0,25	0,41
Коэффициент Жаккара с заповедником (%)		45,5	40,0		50,0	62,5

Условные обозначения: 3 – на территории заповедника, ГД – на территории городских дорог, ЦЗ – на территории цементного завода.

\*-  $P_{0,05}$  с опытным вариантом в заповеднике.

Установлена значительная степень сходства микокомплексов филлопланы бобовых трав в биотопах, расположенных в заповеднике с биотопами на территории вдоль городских дорог (45,5-50%) и цементного завода (40-62,5%).

## ГЛАВА V. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИКРОМИЦЕТОВ В УСЛОВИЯХ АГРОЦЕНОЗОВ

### Биоиндикационные свойства микромицетов ризосферной зоны в агроценозах бобовых культур

Для биоиндикации почвы при выращивании бобовых культур в условиях агроценозов среди выделенных из ризосферы типичных видов микромицетов выявлена характерная для каждого вида растений группа наиболее показательных видов грибов (табл. 7). В группу индикаторных входили типичные виды микромицетов, для которых характерно повышение ранга доминирования. Следует отметить, что вид *Aspergillus niger* представлен индикаторным видом в ризосфере почти всех изученных бобовых, за исключением арахиса культурного. Вид *A. candidus* оказался индикаторным под 7-ю растениями, виды *Penicillium lanosum* – под 5-ю из 12-ти изученных видов бобовых растений.

Чувствительными к воздействию прижизненных корневых экссудатов бобовых культур оказались характерные для парующей почвы виды, которые не выделялись или резко снижали ранг доминирования под бобовыми растениями. Вид *Fusarium proliferatum* проявлялся как чувствительный под всеми одно- и многолетними изученными бобовыми растениями, за исключением двулетника донника желтого. Кроме того, 3 вида (*Aspergillus ochraceus*, *A. terreus* и *F. oxysporum*) являются чувствительным под 9-ю, и *Rhizopus microsporus* – под 7-ю видами бобовых растений.



<i>Rhizopus microsporus</i> Tiegh.	И	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч	И	Ч	И	Ч	У	У
<i>R. oryzae</i> Went & Prins. Geerl. <sup>1</sup>	-	Н	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichoderma koningii</i> Oudem. <sup>1,2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Н	-	-
<i>T. lignorum</i> (Tode) Harz <sup>1,2</sup>	И	-	-	-	И	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ulocladium botrytis</i> Preuss <sup>1,2,3</sup>	-	-	-	-	-	Н	-	-	Н	-	-	-
<i>Mycelia sterilia</i> (White)	-	-	-	-	-	-	-	И	И	И	-	И

<sup>1</sup> - токсигенные виды, <sup>2</sup> - оппортунистические виды, <sup>3</sup> - аллергенные виды

Условные обозначения: Ч – чувствительный вид, У – устойчивый, И – индикаторный, Н – нехарактерный для контроля, Лядвенец рогатый 1 – сорт «Солнечная лужайка», Лядвенец рогатый 2 – сорт «Солнышко».

Таким образом, явными индикаторными видами типичного чернозема при выращивании бобовых культур явились *Aspergillus candidus*, *A. niger*, *Penicillium lanosum*. Чувствительными к воздействию их прижизненных корневых экссудатов представлены виды *Aspergillus ochraceus*, *A. terreus*, *Candida albicans*, *Fusarium oxysporum*, *F. proliferatum* и *Rhizopus microsporus*.

### Патогенность выделенных микромицетов в ризосфере и филлоплане бобовых растений

Одной из важных экологических особенностей микромицетов является их патогенность. Выявление патогенных свойств некоторых штаммов полученных в ходе исследований (*Alternaria alternata*, *A. infectoria*, *Aspergillus niger*, *Bipolaris australiensis*, *Cunninghamella echinulata*, *Ulocladium botrytis*, *Fusarium heterosporum*, *Macrophoma phaseolicola*, *Stemphylium solani*, *Trichoderma lignorum*) проводили методом биопробы на семенах. В качестве тест-объекта использовали проростки семи растений трех разных семейств: Бобовые (вигна лучистая, фасоль спаржевая, клевер гибридный, люцерна посевная), семейства Крестоцветные (горчица сарептская, кресс-салат, или кресс посевной), семейства Злаки (рожь посевная). Контролем служили вариант опыта с проращиванием семян на дистиллированной воде. Данные представлены в таблице 8.

Таблица 8

#### Патогенная активность почвенных микромицетов

Группа видов по патогенной активности	Виды микромицетов
с широким спектром действия	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Bipolaris australiensis</i>
с ограниченным спектром действия	<i>Stemphylium solani</i> , <i>Alternaria infectoria</i> , <i>Macrophoma phaseolicola</i>
с узким спектром действия	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Fusarium heterosporum</i> , <i>Trichoderma lignorum</i> , <i>Ulocladium botrytis</i>
непатогенные виды	<i>Cunninghamella echinulata</i>

Виды *A. niger* и *B. australiensis* обладали широким спектром патогенного действия и оказывали подавляющее действие на проращивание семян (на

15-100%), рост и развитие надземной (на 23-100%) и подземной части (на 45-100%) всех растений трех семейств.

Видами с ограниченным спектром патогенного действия были *A. infectoria*, *M. phaseolicola*, *S. solani*, которые ингибировали преимущественно рост первичных корней 4 и 5 растений на 34% до 100%.

К узко специализированным видам, оказавшим ингибирующее действие (на 1-100%) на рост и развитие 1-3 растений, отнесены *A. alternata*, *F. heterosporum*, *T. lignorum*, *U. botrytis*.

Стимулирующее действие оказывал вид *C. echinulata*, который стимулировал рост надземной (на 3-49%) и подземной части (на 5-126%) всех семи тест-растений трех семейств по сравнению со стерильной водой.

На прорастание семян и развитие тест-растений бобовых стимулирующее действие оказывали *A. alternata* (на 1-59%), *C. echinulata* (на 3-88%), *T. lignorum* (на 12-22%), в то же время *A. niger* и *B. australiensis* оказали ингибирующее действие. Виды *A. infectoria*, *F. heterosporum*, *S. solani*, *U. botrytis* обладали непатогенным свойством по отношению к многолетним бобовым травам, и, в той или иной степени, вызывали ингибирование развития однолетних бобовых культур.

## ВЫВОДЫ

1. В природных экосистемах в ризосфере бобовых растений формируются специфические комплексы микромицетов с преобладанием видов родов *Aspergillus*, *Penicillium* и *Fusarium*. Видовое разнообразие микокомплексов под разными видами растений семейства *Fabaceae* имеет низкое сходство (коэффициент сходства К<sub>j</sub> от 6 до 39%). Обилие опасных для здоровья человека видов грибов (аллергенных, оппортунистических и токсигенных) составляет 0-14%; 14-69% и 19-87% соответственно.

2. В агроценозах в ризосфере бобовых культур возрастает численность микромицетов (в 1,7 раз) по сравнению с парующей почвой и снижаются показатели видового разнообразия с проявлением «концентрации доминирования» нескольких аллергенных (15-63%) и токсигенных (56-92%) видов. Степень сходства микокомплексов под разными бобовыми культурами установлена на уровне от 4,5 до 60%.

3. В агроценозах, по сравнению с природной экосистемой, отмечено увеличение численности микромицетов и показателей видового разнообразия их комплексов в ризосфере люцерны посевной и лядвенца рогатого. Установлена степень сходства на уровне 36% для люцерны посевной и 12% для лядвенца рогатого. В агроценозах повышается обилие токсигенных (на 19-50%), оппортунистических (на 9-33%) и аллергенных (на 10-33%) для человека видов.

4. Повышенная техногенная нагрузка оказывает более заметное влияние на общую численность микромицетов в филлоплане лядвенца рогатого (в 3,4 раз ниже) и в ризосфере клевера гибридного (в 3,2 раз больше). В филлоплане бобовых травянистых ценопопуляций отмечено увеличение обилия

аллергенных (на 4,4-18%) и токсигенных видов грибов (на 4-22%), в ризосфере – возрастание лишь обилия токсигенных видов (на 14-43%). В биотопах с повышенной техногенной нагрузкой в филлоплане увеличивается доля условно патогенного вида *Cladosporium cladosporoides*, в ризосфере повышается частота встречаемости фитопатогенных грибов родов *Alternaria* и *Fusarium*.

5. Сравнительный анализ ризосферных комплексов микромицетов под бобовыми растениями свидетельствует о важном вкладе ризодепозитов, агрогенной и техногенной нагрузки в формировании специфического микокомплекса ризосферы растений и накоплении в них опасных для человека видов грибов.

6. В агроценозах на листьях бобовых культур выявлено 42% видов микромицетов, которые являются фитопатогенными, в их числе преобладают *Alternaria alternata*, так и *Fusarium sporotrichioides*, *Penicillium digitatum*, *Macrophoma phaseolicola*, *Colletotrichum lindemuthianum*, *Ulocladium botrytis*. Среди возбудителей болезни бобовых культур 83% являются представителями наземно-воздушной или листостеблевой группы, а 17% – представители почвенной или корне-клубневой группы.

7. При выращивании бобовых растений выявлены группы почвенных микромицетов, которые являются чувствительными (*Aspergillus ochraceus*, *A. terreus*, *Candida albicans*, *Fusarium oxysporum*, *F. proliferatum* и *Rhizopus microspores*) и индикаторными (*Aspergillus candidus*, *A. niger*, *Penicillium lanosum*) к прижизненным корневым экссудатам.

8. В ризосфере и филлоплане бобовых растений выявлены почвенные виды с широким (*Aspergillus niger* и *Bipolaris australiensis*), ограниченным (*Alternaria infectoria*, *Macrophoma phaseolicola*, *Stemphylium solani*) и узким спектром (*Alternaria alternata*, *Fusarium heterosporum*, *Trichoderma lignorum*, *Ulocladium botrytis*) патогенной активности с ингибированием всхожести семян и роста растений. Вид *Cunninghamella echinulata* обладает стимулирующим свойством.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В условиях агроценозов юга Среднерусской возвышенности в качестве наилучшего предшественника для сельскохозяйственных культур можно рекомендовать донник желтый, в ризосферном микокомплексе которого увеличивается доля грибов *Trichoderma lignorum* (до 68%) с фунгицидной активностью и наряду с этим уменьшается доля фитопатогенных видов.

2. С фитосанитарной позиции для понижения в почве обилия оппортунистических и аллергенных видов, способных вызывать микозы и аллергию у человека с пониженным иммунным статусом, можно рекомендовать выращивать сорт фасоли спаржевой «Журавушка» и лядвенец рогатый сорта «Солнечная лужайка».

3. При возделывании козлятника лекарственного (сорт «Сияние») в почвенно-климатических условиях Белгородской области следует учитывать низкую всхожесть семян и растянутый вегетационный период.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Куркина, Ю.Н. Краткая характеристика изолятов альтернрии бобовых / Ю.Н. Куркина, Нгуен Тхи Лан Хыонг // Тезисы докладов XII Международной научно-практической экологической конференции «Структурно-функциональные изменения в популяциях и сообществах на территориях с разным уровнем антропогенной нагрузки». – Белгород, 2012. – С. 115-116.
2. Куркина, Ю.Н. Пятнистости листьев *Vicia faba* L. / Ю.Н. Куркина, Нгуен Тхи Лан Хыонг, Нго Тхи Зиём Киеу // Тезисы докладов II Международной виртуальной интернет конференции «Биотехнология. Взгляд в будущее». – Казань, 2013. – С. 178-179.
3. Нгуен Тхи Лан Хыонг. Микробиоты бобовых растений агроценозов и естественных территорий Белгородской области / Ю.Н. Куркина, Нгуен Тхи Лан Хыонг, Нго Тхи Зиём Киеу // Тезисы докладов II Международной виртуальной интернет конференции «Биотехнология. Взгляд в будущее». – Казань, 2013. – С. 229-231.
4. Нгуен Тхи Лан Хыонг. Некоторые особенности роста *Ulocladium botrytis* Preuss / Нгуен Тхи Лан Хыонг, Ю.Н. Куркина // Материалы межрегиональной научной конференции «Флора и растительность Центрального Черноземья – 2013». – Курск, 2013. – С. 220-221.
5. **Куркина, Ю.Н. Устойчивость некоторых сортов кормовых бобов (*Vicia faba* L.) к фузариозу всходов / Ю.Н. Куркина, Нгуен Тхи Лан Хыонг // Вестник защиты растений. – 2013. – № 1. – С. 67-69.**
6. Куркина, Ю.Н. Влияние температуры и питательных субстратов на рост колоний *Cunninghamella japonica* Pidopl. et Milko / Ю.Н. Куркина, Нгуен Тхи Лан Хыонг // Тезисы докладов I Международной научно-практической интернет конференции «Липидология – наука XXI века». – Казань, 2013. – С. 134-135.
7. Нгуен Тхи Лан Хыонг. Рост колоний *Cunninghamella japonica* в условиях двух температурных режимов / Нгуен Тхи Лан Хыонг, Ю.Н. Куркина // Тезисы докладов I Международной научно-практической интернет конференции «Липидология – наука XXI века». – Казань, 2013. – С. 175.
8. Нгуен Тхи Лан Хыонг. Грибы *Ulocladium botrytis* Preuss. в культуре / Нгуен Тхи Лан Хыонг, Ю.Н. Куркина // Тезисы докладов III Международной виртуальной интернет конференции «Биотехнология. Взгляд в будущее». Том 2. – Казань, 2014. – С. 31-32.
9. **Куркина, Ю.Н. Анализ структуры почвенного микокомплекса под бобовыми травами / Ю.Н. Куркина, Нгуен Тхи Лан Хыонг // Защита и карантин растений. – 2014. – № 5. – С. 43.**
10. **Куркина, Ю.Н. Микробиоты в почвах под некоторыми бобовыми растениями / Ю.Н. Куркина, Нгуен Тхи Лан Хыонг // Вестник защиты растений. – 2014. – № 2. – С. 51-54.**
11. Нго Тхи Зиём Киеу. Анатомические особенности листа *Vicia Faba* L. / Нго Тхи Зиём Киеу, Нгуен Тхи Лан Хыонг, Ю.Н. Куркина // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (к 50-летию Кировского отделения Русского ботанического общества). – Киров, 2014. – С. 146-148.
12. Нгуен Тхи Лан Хыонг. Структурный анализ почвенного комплекса люцерны посевной (*Medicago sativa* L.) / Нгуен Тхи Лан Хыонг, Ю.Н. Куркина // Материалы конференции международной научной Интернет-конференции «Современные тенденции в сельском хозяйстве». – Казань, 2014. – С. 93.
13. **Куркина, Ю.Н. Структура почвенного микокомплекса под бобовыми растениями / Ю.Н. Куркина, Нгуен Тхи Лан Хыонг // Проблемы региональной экологии. – 2015. – № 2. – С. 82-85.**
14. **Куркина, Ю.Н. Вредоносность церкоспороза арахиса в Белгородской области / Ю.Н. Куркина, Нгуен Тхи Лан Хыонг // Защита и карантин растений. – 2015. – № 10. – С. 50-51.**

Примечание: жирным шрифтом выделены публикации в журналах перечня ВАК.