Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова Выпускная квалификационная работа по теме:

«Культивируемые микромицеты на шерсти и в норах мелких млекопитающих Вьетнама»

Подготовил магистрант Биологического факультета кафедры микологии и альгологии А.Э. Кейси

caseykase@mail.ru

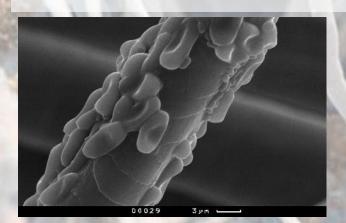
Научный руководитель: ведущий научный сотрудник кафедры микологии и альгологии доктор биологических наук А.В. Александрова

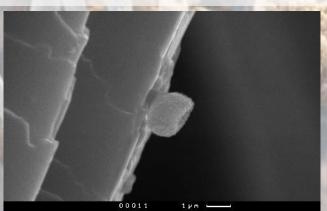
Введение

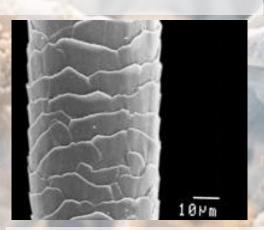
Культивируемые микроскопические грибы — большая и слабо изученная группа, выполняющая важные экологические функции в экосистемах (Christensen, 1989; Dighton, 2007), особенно в тропических регионах (Hawksworth, 2002). Они вступают в различные взаимодействия со всеми компонентами биоценозов. Их связи с растениями активно изучаются, в то время как взаимоотношениям с животными уделяется меньше внимания.

Один из типов взаимодействий — форические связи (Беклемишев, 1951) или распространение одних организмов другими. В исследованиях грибной зоохории акцент традиционно делается на макромицетах, являющихся пищей (Kotter, Farentinos, 1984; Janos et al., 1995, Lehmkuhl et al., 2004), или зоопаразитических видах (Carmichael, 1961; Hubalek et al., 1979), меньше работ - посвященным сапротрофным микромицетам (Щипанов и др., 2006; Александров, Александрова, 2011), играющим важную роль в экосистемах.

Шерсть животных — идеальное приспособление для сбора спор микроскопических грибов, особенно имеющих приподнятое над субстратом спороношение. Показано, что анализ состава микромицетов на шерсти свободно перемещающихся зверьков значительно увеличивает их выявляемое разнообразие (Александров, Александрова, 2011).







Споры со слизистой поверхностью приклеены к шерстинке обыкновенной бурозубки (слева) и сухие споры механически цепляются за неровности поверхности шерстинок рыжей полевки (справа) (по Александров, Александрова, 2011)

Структура поверхности шерсти китайского барсука *Melogale moschata* (по О.Ф. Чернова2004)

Актуальность

На данный момент существует не так много опубликованных исследований микромицетов, выделяемых с шерсти. Для тропических регионов статьи подобной тематики носят, как правило, медицинский характер.

Начиная с 2009 года, на базе Российско-Вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра ведутся работы по изучению видового разнообразия грибов Вьетнама. Тем не менее, в них представлены видовые списки грибов из почвы и растительных субстратов, но не с шерсти или из нор млекопитающих.

Данная работа является новой частью исследований разнообразия и экологии культивируемых микромицетов Вьетнама, дающая возможность расширить спектр выявляемых видов.



Цель: изучение видового разнообразия микроскопических грибов, пропагулы которых присутствуют на шерсти мелких млекопитающих в лесных экосистемах Вьетнама.

Задачи:

- 1. провести анализ видового состава культивируемых микромицетов, присутствующих на шерсти мелких млекопитающих в лесных местообитаниях Вьетнама;
- 2. выявить и сравнить комплексы микромицетов в ходах крота *Euroscaptor parvidens*, в почве вне ходов и на шерсти самих животных;
- 3. провести сравнение видовых составов микромицетов, выделяемых с шерсти и при анализе почвы, опада и субстрата из корзинок эпифитов в тех же местообитаниях.

Места отбора образцов в национальных парках и заповедниках Вьетнама



- 1. Природный заповедник Контяранг
- 2. Национальный парк Пумат
- 3. Природный заповедник Пухоат
- 4. Национальный парк Фиаок-Фиаден
- 5. Природный заповедник Сонгтхань
- 6. Природный заповедник Тайенты
- 7. Национальный парк Каттьен

Материал собран в экспедициях Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра





Образцы шерсти мелких млекопитающих

94 образца шерсти 28 видов животных 7 семейств 4 отрядов — Насекомоядные: ежовые, кротовые, землеройковые; Грызуны: мышиные, беличьи; Хищные: куньи; Тупайеобразные. Образцы предоставлены А.В. Абрамовым ЗИН РАН, 2018, 2019 гг.

Отбор образцов со зверей (пойманных в жи<mark>воловки) проводили в микропробирки</mark>

18, 2019 гг.

26 образцов шерсти летучей мыши Hipposideros grandis — Рукокрылые: листоносы. Образцы отобраны во время студенческой практики, июнь 2019 г.













Изучение комплексов микромицетов в ходах крота

В природном заповеднике Сонгтхань (в мае 2019) был проведен отбор почвы

- изнутри ходов восточнокитайского крота (10 образцов)
- для контроля, вне ходов (10 образцов)

В этих ходах было отловлено 2 крота *Euroscaptor parvidens* и взяты пробы шерсти Почвенные образцы отбирали в стерильные конверты, хранили в высушенном состоянии 2 недели, обрабатывали сразу по возвращении



Восточнокитайский крот Euroscaptor parvidens (Talpidae кротовые)



В<mark>ск</mark>рытый ход восточнокитайского крота

Выделение микроскопических грибов

Выделение микромицетов проводили стандартными методами почвенной микробиологии (Методы..., 1991) с использованием двух агаризованых питательных сред: Чапека и сусло-агар с добавлением антибиотика (цефтриаксон)



С шерсти животных – прямым выделением в 2-х повторностях

(121 образец – 242 чашки)



Из почвы – методом серийных разведений в 10-ти повторностях (20 образцов – 200 чашек)

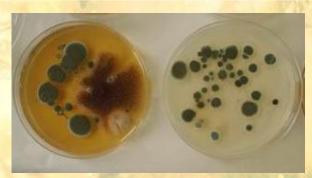
Инкубировали в течение 7–10 дней при температуре +28°C

Осуществляли подсчёт морфотипов колоний и выделение чистых культур для идентификации Подсчитывали: количество колоний, общее и для каждого морфотипа, видовое богатство (S) Для видов вычисляли относительное обилие и частоту встречаемости (Мирчинк, 1988) На основе этих данных были вычислены индекс разнообразия Шеннона (H) и Симпсона (1/D)

Для сравнения видовой представленности микромицетов на различных субстратах были взяты данные из параллельных исследований







Результаты: Природный заповедник Сонгтхань

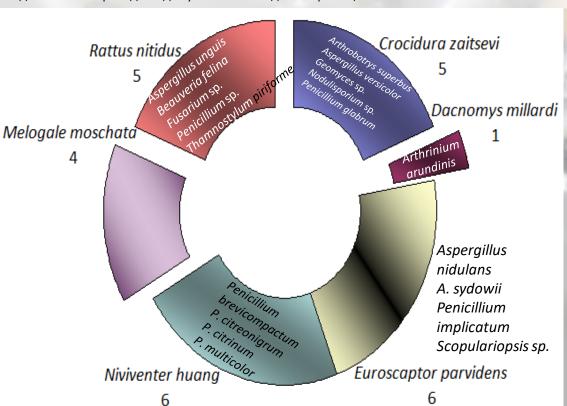
Культивируемые микроскопические грибы, выделяемые с шерсти мелких млекопитающих

Проанализировано 9 образцов шерсти 6-ти видов мелких млекопитающих 4-х семейств: землеройковые (3), кротовые (2), куньи (1), мышиные (3).

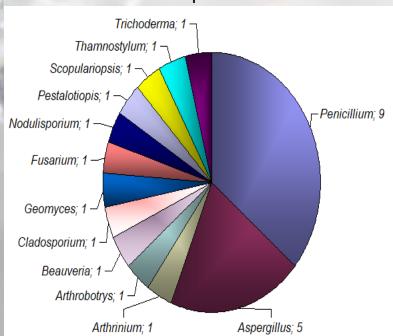
Выявлено 25 видов микромицетов, 24 из которых относятся к отделу Ascomycota и 1 к Mucoromycota. Наиболее разнообразны грибы рода *Penicillium* (9 видов) и *Aspergillus* (5 видов).

Уникальные виды микроскопических грибов с шерсти различных видов животных

Цифрой обозначено общее количество видов микромицетов, выявленных с шерсти конкретного вида. Названия приведены для уникальных видов микромицетов



Представленность родов в комплексе видов микромицетов, выделяемых с шерсти



Результаты: Природный заповедник Сонгтхань

Культивируемые микроскопические грибы в норах восточнокитайского крота (Euroscaptor parvidens)

Все количественные показатели, связанные с численностью и разнообразием комплекса микромицетов, были выше в ходах крота, чем в контрольной почве.

На шерсти крота были выявлены пропагулы шести видов. Из них только *Penicillium implicatum* отмечен также в ходах и почве.



Диаграмма Венна, отображающая сходство комплексов видов грибов в ходах крота и вне их (всего 61 гриб)

	Ходы кротов	Контрольная почва	
Число образцов	10	10	
Количество КОЕ (тыс./г воздушно-сухого субстрата)	40 ± 0.7	32 ± 0.5	
Количество обнаруженных видов	48 23 рода	38 22 рода	
Индекс разнообразия Симпсона (1/D)	15.14	14.60	
Индекс разнообразия Шеннона (Н)	3.15	3.08	
Доминирующие виды	<u>Tolypocladium album</u> Trichoderma harzianum	Tolypocladium album	

Результаты: Природный заповедник Сонгтхань

Пересечения комплексов видов культивируемых микроскопических грибов различных субстратов

По результатам параллельных исследований: из 60 образцов 3-х субстратов выявлено 165 видов микромицетов.

Анализ 9 образцов шерсти увеличил список на 6 %.

Во всех исследованных субстратах (почве, опаде, содержимом корзинок эпифитов и шерсти) были отмечены 2 вида микромицетов: *Nodulisporium* sp. и *Pestalotiopsis* sp.

Шерсть и почва и опад – 2 вида: *Penicillium multicolor* и *Penicillium* sp.

Шерсть и почва и эпифиты − 1 вид: Aspergillus fumigatus

Шерсть и опад и эпифиты — 3 вида: Cladosporium sphaerospermum, Penicillium citrinum, Penicillium implicatum

Шерсть и почва — 3 вида: Penicillium citreonigrum,
Penicillium glabrum, Talaromyces primulinus

Шерсть и опад — 2 вида: Arthrinium arundinis, Trichoderma reesei

Шерсть и эпифиты – 2 вида: Aspergillus sydowii, Penicillium waksmanii

Исключительно шерсть - 10 видов



Диаграмма Венна, отображающая пересечения комплексов видов микромицетов исследованных субстратов

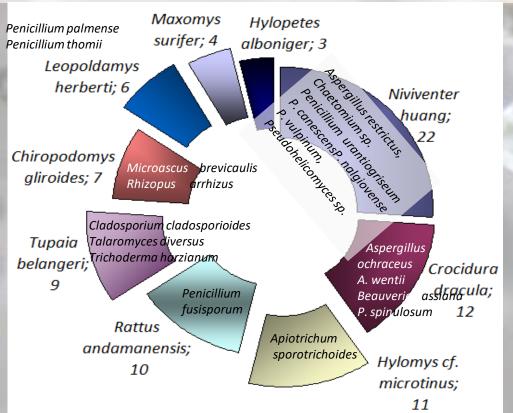
Результаты: Национальный парк Пумат

Проанализировано 22 образца шерсти 6-ти видов мелких млекопитающих 5-ти семейств: беличьи (1), ежовые (1), землеройковые (6), мышиные (13), тупайевые (1).

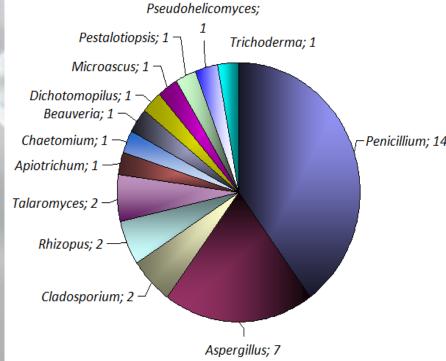
Выявлено 35 видов микромицетов, 31 из которых относятся к отделу Ascomycota, 2 к Mucoromycota и 2 к Basidiomycota. Наиболее разнообразны грибы рода *Penicillium* (14 видов) и *Aspergillus* (7 видов).

Уникальные виды микроскопических грибов с шерсти различных видов животных

Цифрой обозначено общее количество видов микромицетов, выявленных с шерсти конкретного вида. Названия приведены для уникальных видов микромицетов



Представленность родов в комплексе видов микромицетов, выделяемых с шерсти



Результаты: Национальный парк Пумат

Пересечения комплексов видов культивируемых микроскопических грибов различных субстратов

По результатам параллельных исследований: из 40 образцов 2-х субстратов выявлен 81 вид микромицетов.

Анализ 22 образцов шерсти увеличил список на 20 %.

Во всех исследованных субстратах (почве, опаде и на шерсти) были отмечены 6 видов микромицетов: Aspergillus sydowii, A. tubingensis, Penicillium fusisporum, P. herquei, Pestalotiopsis sp., Trichoderma harzianum

Шерсть и почва — 4 вида: Beauveria bassiana, Chaetomium sp., Cladosporium cladosporioides, Penicillium aurantiogriseum

Шерсть и опад — 2 вида: Aspergillus oryzae, Cladosporium sphaerospermum

Исключительно шерсть – 23 вида

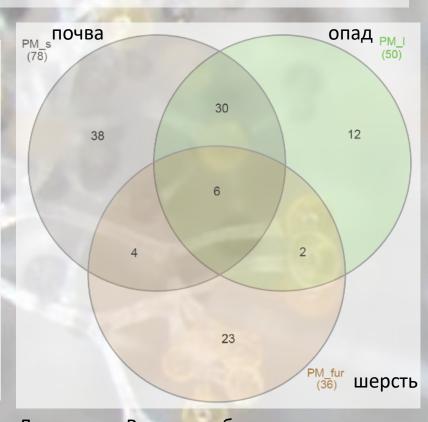


Диаграмма Венна, отображающая пересечения комплексов видов микромицетов исследованных субстратов

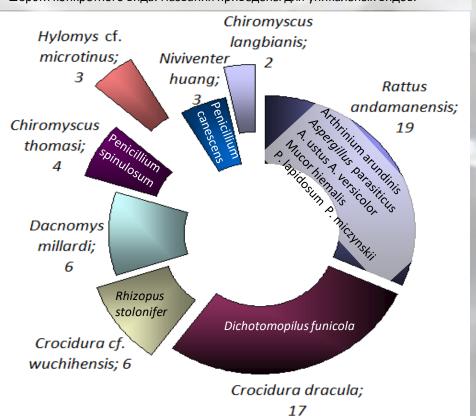
Результаты: Природный заповедник Пухоат

Проанализировано 22 образца шерсти 8-ми видов мелких млекопитающих 3-х семейств: мышиные (5), землеройковые (2), ежовые (1).

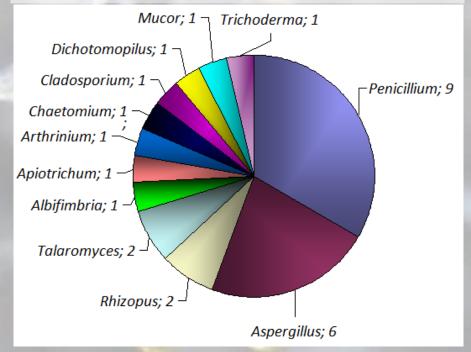
Выявлено 27 видов микромицетов, 23 из которых относятся к отделу Ascomycota, 3 к Mucoromycota и 1 к Basidiomycota. Наиболее разнообразны грибы рода *Penicillium* (9 видов) и *Aspergillus* (5 видов).

Уникальные виды микроскопических грибов с шерсти различных видов животных

Цифрой обозначено общее количество видов микромицетов, выявленных с шерсти конкретного вида. Названия приведены для уникальных видов.



Представленность родов в комплексе видов микромицетов, выделяемых с шерсти



Результаты: Природный заповедник Пухоат

Пересечения комплексов видов культивируемых микроскопических грибов различных субстратов

По результатам параллельных исследований: из 50 образцов 3-х субстратов выявлено 92 вида микромицетов.

Анализ 22 образцов шерсти увеличил список на 14 %.

Во всех исследованных субстратах (почве, опаде, содержимом корзинок эпифитов и шерсти) были отмечены 3 вида микромицетов: *Mucor hiemalis*, *Penicillium miczynskii*, *Trichoderma harzianum*

Шерсть и почва и опад – 3 вида:

Aspergillus sydowii, Aspergillus tubingensis, Penicillium citreonigrum

Шерсть и почва и эпифиты – 1 вид:

Penicillium citrinum

Шерсть и почва — 4 вида: Aspergillus unguis, Chaetomium sp., Penicillium chrysogenum, Talaromyces purpureogenus

Шерсть и опад – 1 вид: Aspergillus parasiticus Исключительно шерсть – 15 видов

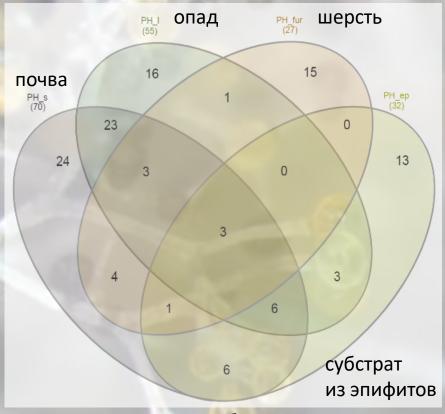


Диаграмма Венна, отображающая пересечения комплексов видов микромицетов исследованных субстратов

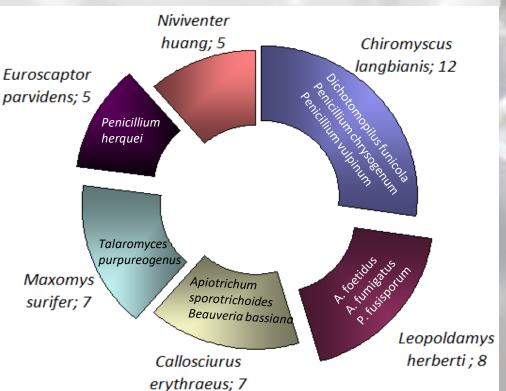
Результаты: Природный заповедник Контяранг

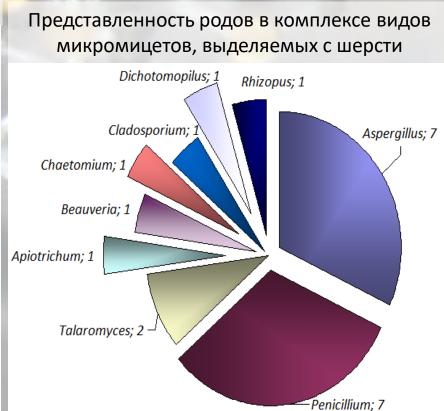
Проанализировано 13 образцов шерсти 6-ти видов мелких млекопитающих 3-х семейств: мышиные (4), кротовые (1), беличьи (1).

Выявлено 22 вида микромицетов, 20 из которых относятся к отделу Ascomycota, 1 к Mucoromycota и 1 к Basidiomycota. Наиболее разнообразны грибы родов *Penicillium* (7 видов) и *Aspergillus* (7 видов).

Уникальные виды микроскопических грибов с шерсти различных видов животных

Цифрой обозначено общее количество видов микромицетов, выявленных с шерсти конкретного вида. Названия приведены для уникальных видов микромицетов

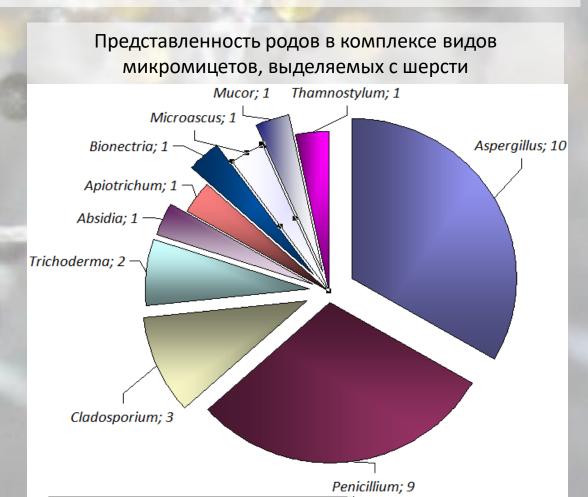




Результаты: Национальный парк Каттьен

Из образцов шерсти 26-ти летучих мышей листоносов (Hipposideros grandis) было выделено 30 видов микромицетов из которых 25 принадлежат отделу Ascomycota, 3 — отделу Mucoromycota (Absidia cylindrospora, Mucor plumbeus, Thamnostylum piriforme) 1 относится к Basidiomycota (Apiotrichum sporotrichoides), а также стерильный базидиальный гриб и розовые дрожжи. Из аскомицетов традиционно преобладают виды двух родов: Aspergillus (10 видов) и Penicillium (9 видов).





Результаты: Природный заповедник Контяранг

Пересечения комплексов видов культивируемых микроскопических грибов различных субстратов

По результатам параллельных исследований: из 60 образцов 3-х субстратов выявлено 86 видов микромицетов.

Анализ 13 образцов шерсти увеличил список на 11 %.

Во всех исследованных субстратах (почве, опаде, содержимом корзинок эпифитов и шерсти) были отмечен 1 вид микромицетов: Penicillium chrysogenum

Шерсть и почва и опад — 4 вида: *Chaetomium* sp., *Penicillium citreonigrum*, *P. dierckxii*, *P. fusisporum*

Шерсть и почва и эпифиты – 1 вид:

Penicillium herquei

Шерсть и почва – 1 вид:

Cladosporium sphaerospermum

Шерсть и опад – 1 вид: Aspergillus sydowii

Шерсть и эпифиты – 2 вида:

Beauveria bassiana, Penicillium citrinum

Исключительно шерсть – 12 видов



Диаграмма Венна, отображающая пересечения комплексов видов микромицетов исследованных субстратов

Результаты: Национальный парк Каттьен

Сравнение видов микромицетов, выявленных на шерсти летучих мышей, с опубликованными списками для других субстратов

На всех субстратах (почва, опад, воздушный опад) — Aspergillus aculeatus, A. fumigatus, A. nidulans, Cladosporium cladosporioides, Penicillium citrinum, P. implicatum, P. ochrochloron, Trichoderma harzianum

На шерсти, в почве и опаде — Apiotrichum sporotrichoides, Aspergillus ochraceus, A. sydowii, Bionectria byssicola, Cladosporium oxysporum,

На шерсти рукокрылых и в почве — Aspergillus candidus, A. janus, A. neoniveus, A. versicolor, Microascus brevicaulis и Penicillium brevicompactum

Уникальны для шерсти — Absidia cylindrospora, Aspergillus tubingensis, Cladosporium sphaerospermum, Mucor plumbeus, Penicillium commune, P. concentricum, Penicillium. sp., P. spinulosum, P. steckii, Thamnostylum piriforme, Trichoderma reesei

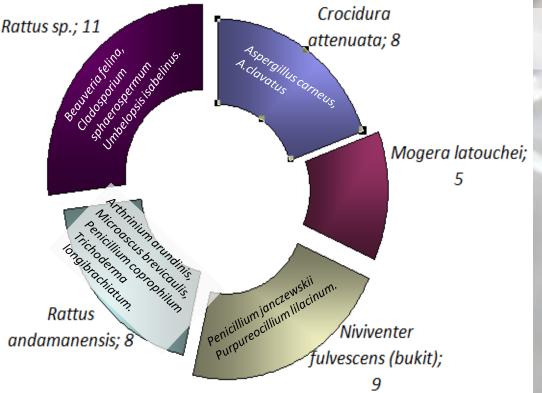
Результаты: Природный заповедник Тайенты

Проанализировано 12 образцов шерсти 5-ти видов мелких млекопитающих 3-х семейств: землеройковые (3), кротовые (1), мышиные (8).

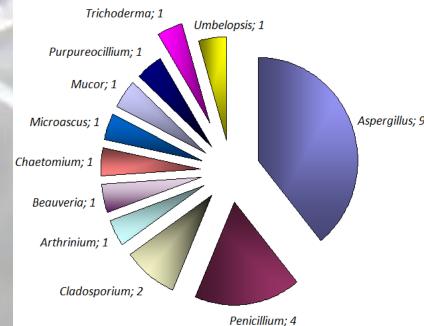
Выявлено 23 вида микромицетов, 21 из которых относится к отделу Ascomycota и 2 к Mucoromycota. Наиболее разнообразны грибы рода *Aspergillus* (9 видов) и *Penicillium* (4 вида).

Уникальные виды микроскопических грибов с шерсти различных видов животных

Цифрой обозначено общее количество видов микромицетов, выявленных с шерсти конкретного вида. Названия приведены для уникальных видов микромицетов



Представленность родов в комплексе видов микромицетов, выделяемых с шерсти



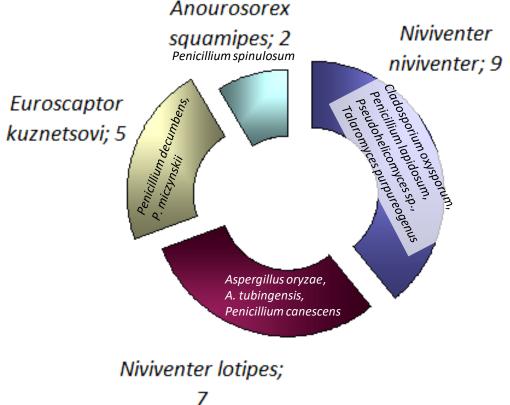
Результаты: Национальный парк Фиаоак-Фиаден

Проанализировано 17 образцов шерсти 4-х видов мелких млекопитающих 2-х семейств: кротовые (2), мышиные (2).

Выявлено 15 видов микромицетов, 14 из которых относятся к отделу Ascomycota и 1 к Basidiomycota. Наиболее разнообразны грибы рода *Penicillium* (7 видов) и *Aspergillus* (4 вида).

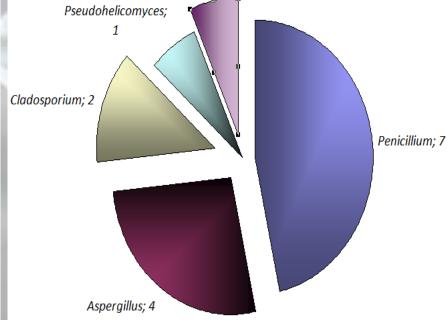
Уникальные виды микроскопических грибов с шерсти различных видов животных.

Цифрой обозначено общее количество видов микромицетов, выявленных с шерсти конкретного вида. Названия приведены для уникальных видов микромицетов



Представленность родов в комплексе видов микромицетов, выделяемых с шерсти Talaromyces; 1

Pseudohelicomyces;



Обсуждение данных

Суммарно из 121 образца шерсти выделено 83 вида микромицетов

При анализе списка обращают на себя внимание следующие особенности:

- 1) Резкое преобладание видов из порядка Eurotiales (на субстратах их доля сравнима с Hypocreales)
- 2) Относительно высокое видовое богатство рода Aspergillus 21 вид
- 3) Присутствие копрофильных видов Beauveria felina, Penicillium coprophilum, Penicillium vulpinum, Thamnostylum piriforme
- 4) Присутствие кератинофильных и условно патогенных для животных видов: Apiotrichum sporotrichoides, Dichotomopilus funicola, Geomyces sp., Microascus brevicaulis, Scopulariopsis sp.

Аналогичные закономерности были выявлены и в подобных работах, проведенных в лесах умеренного климата (Щипанов и др., 2003, 2006; Александров, Александрова, 2011; Шубина и др., 2013)

Обсуждение данных

Наиболее характерные культивируемые микромицеты (частота встречаемости %), THOUSTAIN ROTONLY BLIGBURDED IS INDUCTIN INSTRUMENT BRIDGE WELVING WELCONTRACTORINA

пропагулы которых выявлены на шерсти изученных видов мелких млекопитающих										
ООПТ Виды	Шерсть	Другие субстраты								
микроскопических грибов	KTT	KTR	PM	PH	РО	ST	TT	(по параллельным		

4,5

68,2

18,2

22,7

9,1

40,9

27,3

50,0

4,5

9,1

9,1

22,7

40,9

13,6

36,4

4,5

13,6

54,6

27,2

59,1

4,5

18,1

9,1

29,4

5,9

11,8

29,4

17,6

11,8

5,9

11,1

11,1

11,1

22,2

11,1

11,1

3,8

26,9

3,8

11,5

3,8

11,5

15,4

19,2

7,7

76,9

38,5

38,5

76,9

15,3

30,8

38,5

7,7

Apiotrichum sporotrichoides

Aspergillus janus

Aspergillus sydowii

Aspergillus unguis

Chaetomium sp.

sphaerospermum

Cladosporium

Aspergillus tubingensis

Aspergillus versicolor

Penicillium citreonigrum

Penicillium spinulosum

Talaromyces purpureogenus

Penicillium citrinum

Rhizopus arrhizus

исследованиям)

33,3

58,3

16,7

33,3

16,7

8,3

s 1

S

s l ep

s 1

S

s l

s l ep

s 1

s l al ep

S

Обсуждение данных

Выделяется и группа из 27 видов микромицетов, которые отмечены исключительно на шерсти мелких млекопитающих и не выявлены ни на каких других субстратах

Сапротрофы:

- 1. Aspergillus carneus
- 2. Aspergillus clavatus
- 3. Aspergillus phoenicis
- 4. Aspergillus restrictus
- 5. Aspergillus wentii
- 6. Chaetomium globosum
- 7. Cladosporium sp.
- 8. Fusarium sp.
- 9. Nodulisporium sp.
- 10. Penicillium canescens
- 11. Penicillium lapidosum
- 12. Penicillium sp.
- 13. Penicillium spinulosum
- 14. Talaromyces diversus
- 15. Trichoderma longibrachiatum

Копрофильные или связанные с влажными сахаристыми субстратами:

- 1. Beauveria felina
- 2. Dichotomopilus funicola
- 3. Penicillium coprophilum
- 4. Penicillium vulpinum
- 5. Thamnostylum piriforme
- 6. Mucor plumbeus
- 7. Rhizopus arrhizus
- 8. Rhizopus stolonifer



Кератинофилы и условно патогенные:

- 1. Albifimbria verrucaria
- 2. Geomyces sp.
- 3. Scopulariopsis sp.

Хищные грибы:

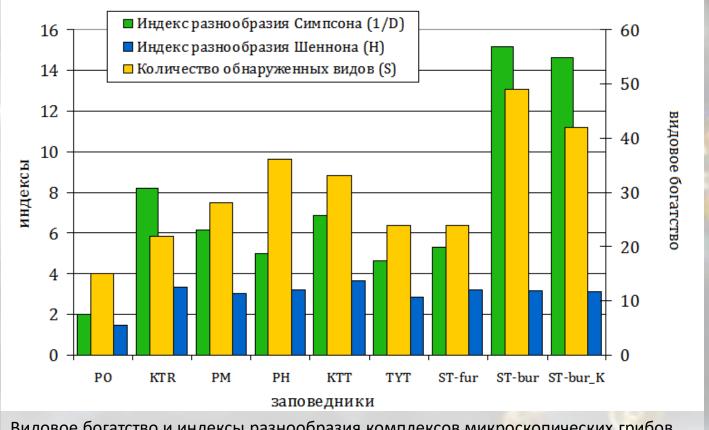
1. Arthrobotrys superbus

Значение исследований микромицетов на шерсти мелких млекопитающих для выявления видового разнообразия экосистем

Относительно небольшое количество проанализированных образцов шерсти (9 – 22 образца) дает довольно значительное увеличение списков – от 6 до 20 %.

Видовое богатство и индекс доминирования Симпсона выше для комплексов видов микромицетов, выявленных в почве.

Индекс разнообразия Шеннона для почвы и шерсти сильно не отличался, а в ряде случаев был даже выше при анализе шерсти.



Видовое богатство и индексы разнообразия комплексов микроскопических грибов

Выводы

- 1. В результате анализа образцов шерсти выявлено 83 вида культивируемых микроскопических грибов. Их состав имеет следующие особенности: преобладание видов из порядка Eurotiales, особенно рода Aspergillus, присутствие копрофильных, кератинофильных и условно патогенных видов, низкая представленность неспороносящих форм.
- 2. Из почвы в ходах восточнокитайского крота Euroscapter parvidens и вне ходов выделено 57 видов. Все количественные показатели комплекса микромицетов внутри ходов несколько выше, чем в контрольных пробах, таким образом подтверждается представление о норах как «горячих точках» развития микобиоты.
- 3. Видовой состав микромицетов на шерсти животных значительно отличается от такового для всех прочих субстратов, однако имеет и общие виды, максимальное сходство с составом микромицетов опада. Есть и уникальные виды 27 специфических исключительно для шерсти.
- 4. Сравнение комплексов видов микромицетов, выявляемых на шерсти мелких млекопитающих в разных лесных ООПТ Вьетнама продемонстрировало, что каждая территория достаточно своеобразна и общих между ними видов сравнительно немного.
- 5. Закономерностей в видовом составе микромицетов на шкурках изученных мелких млекопитающих в связи с их образом жизни или типом питания не выявлено.



Благодарности

- Я хотела бы поблагодарить всех оказавших мне помощь и поддержку в этой работе.
- В первую очередь моего научного руководителя Алину Витальевну Александрову, и рецензента Анну Евгеньевну Иванову (к.б.н., кафедра микологии почв. факультет почвоведения МГУ);
- Предоставившего большую часть материалов для исследований Алексея Владимировича Абрамова (д.б.н, с.н.с. ЗИН РАН);
- Магистрантов биологического факультета: Александра Павловича Юзефовича и Ксению Александровну Мищанчук за предоставленную возможность участвовать в поимке рукокрылых и получении образцов шерсти в ходе летней тропической практики;
- В лабораторной работе очень помогли сотрудники кафедры микологии и альгологии: Максим Юрьевич Дьяков, Мария Маратовна Ярмеева и Ирина Игоревна Алдобаева.

Список источников и ресурсов

- Александров Д. Ю., Александрова А. В. Особенности видового состава микромицетов, распространяемых на шерсти мелких млекопитающих // Микология сегодня. М.: Национальная академия микологии, 2011. Т. 2. С. 115—125.
- Чернова О., Целикова Т. Атлас волос млекопитающих. Тонкая структура остевых волос и игл в сканирующем электронном микроскопе. М.: КМК, 2004. 430 с.
- Щипанов Н.А., Александров Д.Ю., Александрова А.В. Распространение спор микроскопических грибов мелкими млекопитающими // Зоологический журнал. 2006. Т. 85, № 1. С. 101–113.
- Carmichael J. W. Fungi from Alberta rodents // Mycopathologia et mycologia applicata. 1961. V. 14, P. 129-135.
- Christensen M. A view of fungal ecology // Mycologia. 1989. V. 81. P. 1–19.
- Dighton J. Nutrient Cycling by Saprotrophic Fungi in Terrestrial Habitats // Environmental and microbial relationships. In: Kubicek C., Druzhinina I. (eds) Environmental and Microbial Relationships. The Mycota. .2007. V 4. P. 287–300.
- Hawksworth D.L. Why Study Tropical Fungi? // In: Watling R., Frankland J.C., Ainsworth A.M., Isaac S., Robinson C.H. (Eds.): Tropical Mycology 2, Micromycetes. New York, CABI Publishing. .2002. P. 1–11.
- Hubalek Z., Rosicky Bi, Otcenasek M. Fungi on the hair of small wild mammals in Czechoslovakia and Yugoslavia // Ceska Mykol. 1979. V. 33. P. 81–93.
- Janos D.P., Sahley C.T., Emmons L.H. Rodent dispersal of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in Amazonian Peru // Ecology. 1995. V. 76, N 6. P. 1852–1858.
- Kotter M.M., Farentinos R.C. Tassel-Eared Squirrels as Spore Dispersal Agents of Hypogeous Mycorrhizal Fungi // Journal of Mammalogy. 1984. V. 65, N 4. P. 684–687.
- Lehmkuhl J.F., Gould L.E., Cazares E., Hosford D.R. Truffle abundance and mycophagy by northern flying squirrels in eastern Washington forests // Forest Ecology and Management. 2004. V. 200. P. 49–65.

Источники фотографий животных:

слайд 6

беличьи: https://www.naturepl.com/stock-photo-callosciurus-erythraeus-nature-image00556604.html

мышиные: https://www.flickr.com/photos/mamuin/7028205793

гимнура: https://rosliomarphotography.com

многозубка: http://www.modernfix.com/reviews/review-smallest-creature-enchanting/

китайский барсук http://lifecatalog.ru/cont/m/mel/Melogale.html

тупайя: фото: Sergejs Čičagovs https://rigazoo.lv/ru/dzivnieki/ziditaji/belangera-tupaja

слайд 7

Photographed by Bui Tuan Hai. RUSSIAN JOURNAL OF THERIOLOGY, 2019 18(2): 120-136

слайд 18

http://v3.boldsystems.org/index.php/Taxbrowser_Taxonpage?taxid=282875