

Ю.А. Чикин, С.В. Лукьянцев

РАСПРОСТРАНЕНИЕ УСЛОВНО-ПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ СИНАНТРОПНЫМИ ТАРАКАНАМИ

Аннотация. Синантропные тараканы способствуют направленной и достаточно быстрой сукцессии микобиоты; доминирующими становятся виды грибов, известные как продуценты разнообразных биоактивных метаболитов, в том числе микотоксинов. В популяциях синантропных тараканов могут накапливаться микромицеты, потенциально опасные для здоровья человека и животных, а также способные к биодеструкции в условиях книгохранилищ и библиотек.

Ключевые слова: условно-патогенные грибы, синантропные тараканы.

В последние годы внимание исследователей привлекают антропогенные биоценозы, исследование которых имеет фундаментальное значение и даёт информацию, полезную для оптимизации условий жизни человека. В результате антропогенного воздействия на биоценозы происходит перестройка сообществ почвенных грибов: видовое разнообразие уменьшается, снижается доля редких видов, начинают преобладать токсинообразующие виды [1]. В почвах, воздухе и на поверхности растений становятся доминантными активные продуценты микотоксинов: *Penicillium chrysogenum* Thom, *P. vulpinum* Seifert & Samson, *P. granulatum* Bainier. Кроме того, у ряда изолятов грибов рода *Penicillium* (например, *P. chrysogenum*), выделенных из городской среды, обнаруживаются ранее не встречавшиеся микотоксины, среди которых есть такие крайне опасные для здоровья человека, как α -циклопиазоновая кислота и клавиновые эргоалкалоиды [2].

Всё больше исследователей обращают внимание на сообщества организмов жилых помещений, в частности домашней пыли. В них представлены только гетеротрофы, значительную часть которых составляют грибы. Наряду с микроорганизмами домашнюю пыль населяют разнообразные членистоногие, находящиеся с грибами в тесных биоценологических отношениях. Например, показано [3], что обитающие в домашней пыли клещи способствуют направленной и достаточно быстрой сукцессии микобиоты – происходит её обеднение, доминирующими становятся аспергиллы (*Aspergillus niger* Tiegh, *A. flavus* Link) и пенициллы (*P. chrysogenum*). Названные виды грибов давно известны в качестве продуцентов разнообразных биоактивных метаболитов, в том числе микотоксинов [4].

Распространёнными и многочисленными сожителями человека являются синантропные тараканы. Традиционно в научной литературе обсуждается их роль в переносе и распространении возбудителей инфекционных и паразитарных заболеваний человека [5, 6]. Например, чёрный таракан (*Blatta orientalis*) может играть роль переносчика стафилококковой инфекции

(*Staphylococcus albus* и *St. aureus*); известно также, что такие опасные для человека бактерии, как *Clostridium*, *Shigella* и *Mycobacterium tuberculosis* (туберкулёзная палочка), не претерпевают изменений, проходя через пищеварительный тракт тараканов, и не теряют своей патогенности [7, 8]. Синантропные тараканы являются источником аллергенов человека, что оказывает влияние на санитарно-гигиеническую обстановку в жилых помещениях [9, 10].

По пищевой специализации большинство таракановых сапрофаги, для некоторых видов отмечается переход к мицетофагии [11]. Естественно, что именно бактерии и грибы составляют основу микрофлоры кишечника, их споры постоянно выделяются с испражнениями. Кишечник тараканов содержит очень богатую и разнообразную симбиотическую и транзитную микрофлору и микрофауну [12], состав которой существенно зависит от состава и качества доступной для синантропов пищи. В их фекалиях присутствует агрегационный феромон [13]; питаясь, тараканы загрязняют пищевой субстрат испражнениями, привлекающими к источнику пищи других насекомых. Все это способствует горизонтальному переносу микроорганизмов и накоплению их в популяции насекомых. При передаче инфекции несовершенного гриба *Metarhizium anisopliae* между особями рыжего таракана (*Blattella germanica*) нимфы пятого возраста, подвергнутые воздействию конидий гриба, заражались и в дальнейшем передавали инфекцию здоровым тараканам; в итоге за 9–11 дней погибало до 50% тараканов [14].

Известный в качестве возбудителя зелёной мускардины широкого круга насекомых (более 200 видов) гриб *M. anisopliae* не является облигатным энтомопатогеном, а широко распространён как на растительных остатках, так и в почве [15]. Поэтому есть основания предполагать, что в популяциях синантропных тараканов происходит распространение и накопление плесневых грибов, занимающих подобную экологическую нишу. Для ряда видов грибов, относящихся к родам *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, уже доказана их способность поражать живых насекомых в лабораторных условиях [16], однако сведения о накоплении токсичных и патогенных для человека грибов в популяциях синантропных тараканов носят отрывочный характер [17].

В последние десятилетия отмечается рост заболеваемости дерматомикозами, микотическими риносинуситами, бронхолёгочными заболеваниями и аллергической астмой. В числе причин болезней часто называют распространённые на растительных остатках и в почве плесневые грибы. Особенно подвержены этим заболеваниям люди с ослабленной иммунной системой, а также дети и подростки. Исследование возможностей накопления и распространения вредных для человека плесневых грибов в популяциях синантропных тараканов представляется весьма актуальным.

Материалы и методы исследования

В лабораторных популяциях исследовался состав микромицетов нескольких видов синантропных тараканов (*Shelfordella tartara* Sauss., *Blaberus craniifer* Serv., *Nauphoeta cinerea* Oliv., *Blatta orientalis* L., *Blattella germanica* L., *Eurycotis floridana* Walk., *Periplaneta americana* L.).

Выделение в культуру и определение грибов из тараканов и их фекалий производилось стандартными методами [18, 19]. Инфекционный материал для выделения грибов готовили разными способами. Для получения накопительных культур энтомофильных грибов остатки погибших тараканов, перемешанные со стерилизованным паром фрагментами хитинового покрова насекомых, выдерживали во влажной камере. Для получения чистых культур грибов применялись как раскладка на поверхность среды свежих трупов и отдельных частей препарированных насекомых (конечности, кишечник, надкрылья и т.п.), так и рассев суспензии, полученной при их растирании. Для оценки состава грибов, переносимых живыми тараканами, был опробован метод подсаживания насекомых в чашки Петри на свежую застывшую агаровую среду (сусло-агар, среда Чапека). Перед посадкой насекомых отсаживали в отдельные садки, застеленные чистой фильтровальной бумагой. Выделение грибов из фекалий проводилось путём растирания материала в фарфоровой ступке пестиком и приготовления серии разведений в стерильной дистиллированной воде. Для кормления насекомых использовали культуры грибов на сусло-агаре, картофельном агаре и овсяном агаре. Для идентификации грибов применяли посев на агар Чапека и сусло-агар [19, 22].

Для модельных опытов по заражению тараканов грибами при контакте с плесневелым растительным опадом использовали семена-летучки клёна ясенелистного, которые после увлажнения и автоклавирования засеивались культурами грибов в колбах ёмкостью 250 мм³. В опытах были использованы выделенные нами из лабораторных тараканов *Nauphoeta cinerea* культуры *Geotrichum candidum* Link, *Scopulariopsis brevicaulis* (Sacc.) Bainier, *Fusarium* sp., а также культуры *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin и *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson, любезно предоставленные Б.А. Борисовым (Москва), *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith, (предоставлена В.В. Глуповым, Новосибирск). Объём растительного субстрата в колбе составлял около 150 мм³. После зарастания растительного субстрата мицелием проводилось перетряхивание его в пластиковые контейнеры ёмкостью 250 мм³, куда подсаживали и тараканов по 6 особей в контейнер (3 имаго и 3 личинки последнего возраста).

Результаты и их обсуждение

При наблюдении проводился внешний осмотр насекомых, отмечались отклонения в их окраске и поведении. Наиболее распространённым ранним признаком инфекционного поражения являлось изменение окраски покровов. Грибы обычно выделялись из насекомых, у которых на части покровов присутствовали пятна красноватого оттенка или более тёмные, буровато-коричневые. В культуре *E. floridana* были отмечены случаи появления плесневого налёта на спинных щитках, тёмные пятна на конечностях, обламывание последних 2–3 члеников конечностей и появление на обломках лапок живых тараканов белого налёта мицелия; после пересева на среду из них выросли колонии *Fusarium* sp. и *Geotrichum candidum*.

Наряду с грибными инфекциями были выявлены и бактериальные поражения. Так, из погибших насекомых, у которых окраска тела становилась ярко-

красной, была выделена бактерия *Serratia marcescens*, вызывающая септицемию тараканов, а также бактерии рода *Pseudomonas*, которые были обнаружены не только в больных и погибших тараканах, но и в здоровых насекомых.

Из фекалий живых насекомых, а также из свежих трупов тараканов чаще всего выделялись грибы родов *Aspergillus* и *Penicillium*, реже – *Scopulariopsis brevicaulis*, *Trichoderma harzianum* Rifai и виды родов *Cladosporium* Link, *Fusarium* Link, *Chaetomium* Kunze, *Absidia* v.Tiegh., *Cunninghamella* Matr., *Mucor* Mich, *Rhizopus* Ehrenb., значительно реже – *Verticillium lateritium* Berk., *Graphium* sp., *Geotrichum candidum*. Из свежих трупов *B. germanica* массово выделялся *Mucor plumbeus* Bonord.; на трупах тараканов *B. orientalis* обильно спороносил *Aspergillus ochraceus* Willhhelm. Условно-патогенный гриб *Scopulariopsis brevicaulis* выделялся из трупов *B. craniifer*, *B. orientalis*, *Sh. tartara*, *P. americana*, но встречался и в фекалиях здоровых *P. americana* и *N. cinerea*.

В ходе серии опытов по исследованию микрофлоры фекалий *Blatta orientalis* выяснилось, что состав выделенных грибов довольно однообразен, но несколько меняется при смене рациона тараканов. Доминируют грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Trichoderma*. Из фекалий рыжего таракана часто выделялся *Aspergillus niger* v.Tiegh, *Trichoderma harzianum*. При кормлении тараканов чистыми культурами грибов микобиота фекалий резко изменялась на период до 10 суток. Например, после скормливания тараканам *B. orientalis* культур *Stachybotrys atra* Corda и *Aspergillus niger* пропагулы этих грибов выделялись с фекалиями в течение 2 и 9 суток соответственно.

Общее количество грибных пропагул в 1 г фекалий тараканов *Blatta orientalis* при обычном режиме питания составляло примерно $8,9 \cdot 10^4$ КОЕ, а общее количество бактерий – $3,5 \cdot 10^6$ КОЕ на 1 г фекалий. Если тараканов в течение трёх дней не кормили, а потом скормливали им недельную культуру гриба *Aspergillus niger* на сусло-агаре, то количество микроорганизмов в рассевах суспензии фекалий увеличивалось в среднем на порядок. Грибы высевались в количестве $2,3 \cdot 10^5$ КОЕ, а бактерии – $2,1 \cdot 10^7$ КОЕ на 1 г фекалий. В последующем количественный состав микроорганизмов в фекалиях тараканов возвращался к прежним значениям.

В ходе опытов по кормлению чистыми культурами условно-патогенных и токсинообразующих грибов, таких как *A. niger* и *Stachybotrys atra*, выяснилось, что тараканы способны активно питаться ими. Возраст культуры грибов не оказывал существенного влияния на интенсивность их поедания тараканами.

После скормливания культуры *A. niger* пропагулы этого гриба выделялись из фекалий тараканов более 9 дней, причём совместно с *A. niger* вырастали колонии грибов родов *Penicillium*, *Trichoderma*, иногда *Mucor*. Количество и соотношение пропагул разных родов грибов изменялось. Например, в 1-й день после кормления в фекалиях преобладали пропагулы *A. niger* ($2,7 \cdot 10^5$ на 1 г), на 4-й день количество пропагул *A. niger* упало до $3,2 \cdot 10^4$ на 1 г, но, кроме *A. niger*, появились колонии *Penicillium* и *Trichoderma*. Колонии грибов вырастали в соотношении: 1,0 (*A. niger*) : 2,4 (*Penicillium*) : 1,7 (*Trichoderma*).

После скармливания тараканам культуры *Stachybotrys atra* у них в течение 1-го дня наблюдались расстройство пищеварения и учащение дефекации, а затем в течение двух суток после кормления из фекалий выделялись пропагулы только этого гриба. Позднее в микобиоте фекалий стали преобладать грибы родов *Rhizopus* (на 3-й день), *Chaetomium* (на 3–5-й день), *Acremonium* (на 6-й день), *Penicillium* (на 6–9-е сутки), *Aspergillus*, *Trichoderma* (на 10-е сутки).

При постановке аналогичных опытов с использованием других видов тараканов и других грибов обнаружилось, что тараканы активно питаются взятыми для опыта культурами, но проявляют определённую избирательность в поедании грибов. Например, при скармливании тараканам *Nauphoeta cinerea* выращенных на сусло-агаре культур грибов *Stachybotrys atra*, *Memnoniella echinata* (Rivolta) Galloway, *Aureobasidium pullulans* (de Bary) G. Arnaud, *Aspergillus ochraceus*, *Botrytis cinerea* Pers., *Paecilomyces fumosoroseus* обнаружилось следующее: тараканы почти не едят культуры *P. fumosoroseus* и *Stachybotrys atra*, из культур *M. echinata* и *A. ochraceus* выедают около половины мицелия и спороношений, а культуры *B. cinerea* и *A. pullulans* съедают полностью. В одном из вариантов опыта, когда для кормления культурой *B. cinerea* была отобрана самка с оотекой, наблюдалось преждевременное сбрасывание оотеки, из которой впоследствии так и не вышли личинки.

В опытах по контактному заражению тараканов грибами от заплесневелого растительного опада было установлено, что во всех случаях насекомые не избегали контакта с мицелием условно-патогенных грибов, даже активно зарывались в заражённый грибами субстрат. Внешние признаки заражения тараканов появлялись в опытах с грибами *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus*, *Paecilomyces fumosoroseus* через 1–2 дня после подсаживания насекомых в контейнеры с заражённым субстратом. При заражении *M. anisopliae* из 6 взятых в эксперимент насекомых на 5-й день опыта погибло 2, а на 7-й день — ещё 2. При заражении *P. lilacinus* на 5-й день опыта погиб один таракан. В остальных случаях наблюдалось постепенное снижение двигательной активности насекомых, на надкрыльях у многих из них были отмечены участки с изменённой пигментацией и мицелиальным налётом, но в течение эксперимента (3 месяца) насекомые оставались живы.

Какой-либо специфичности переноса определённых грибов тем или иным видом тараканов нами не обнаружено. Большинство грибов, выявленных нами в культурах тараканов, при определённых условиях способны, судя по литературным данным, существенно вредить здоровью людей с ослабленной иммунной системой [4, 22, 23].

Большинство грибов, выявленных нами в популяциях синантропных тараканов, обладают сильной целлюлозолитической активностью и являются основными деструкторами бумаги [21]. Они способны заселять различные отделочные материалы жилых и хозяйственных помещений (обои и т.п.) даже при незначительном их увлажнении, в результате протечек сантехники и нарушения гидроизоляции помещений. Поведенческие особенности синантропных тараканов (склонность к агрегации и активный поиск влажных местообитаний) обуславливают возможность переноса этими насекомыми спор условно-патогенных грибов. Вероятно, присутствие в жилых помещениях тараканов

может быть дополнительным фактором риска развития у людей микогенной аллергии и микотоксикозов и т.д. (см. таблицу). Исследование переноса грибов тараканами и другими беспозвоночными может иметь значение и для профилактики распространения грибов-биодеструкторов (например, в условиях книгохранилищ и библиотек).

**Грибы, выявленные в культурах тараканов, потенциально опасные
для здоровья человека**

Род (вид) грибов	Вызываемые у человека заболевания
<i>Absidia</i>	Инвазивные инфекции
<i>Acremonium</i>	Онихомикоз, язва роговицы глаза, менингит, эндофтальмит, эндокардит
<i>Aspergillus niger</i>	Отит, лёгочные инфекции
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Алиментарная нефропатия
<i>Aureobasidium pullulans</i>	Перитонит, кератит, лёгочные инфекции
<i>Chaetomium globosum</i>	Онихомикоз, перитонит, кожные инфекции
<i>Cladosporium</i>	Кожные, лёгочные и диссеминированные инфекции, синуситы
<i>Cunninghamella</i>	Пневмония, диссеминированные инфекции
<i>Fusarium</i>	Кератит, перитонит, кожные и диссеминированные инфекции, алиментарная токсическая алейкия
<i>Geotrichum candidum</i>	Бронхиальные и лёгочные инфекции
<i>Penicillium purpurogenum</i>	Лёгочные инфекции
<i>Rhizopus</i>	Пневмония, синуситы
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>	Онихомикоз, кожные инфекции
<i>Stachybotrys atra</i>	Дерматиты, легочные и желудочные кровотечения, лейкопения
<i>Trichoderma harzianum</i>	Заболевания лёгких, лейкоз, почечная недостаточность
<i>Verticillium lateritium</i>	Кератит, поражение роговицы, бронхиальные и лёгочные инфекции

Степень влияния приведенных в таблице грибов на популяцию тараканов существенно зависит от количества инфекций и условий обитания насекомых. При оптимальных условиях содержания даже целенаправленное контактное заражение выборки энтомофильными грибами не вызывает быстрой гибели всех инфицированных тараканов. Часть заражённых насекомых способна переносить грибы как на поверхности тела в виде мицелия и спор, так и в содержимом кишечника, способствуя накоплению инфекции в новых местообитаниях.

Рассматривая значение микрофлоры фекалий тараканов для распространения условно-патогенных грибов, следует заметить, что перенос разнообразных микроорганизмов с фекалиями животных – явление распространённое. В литературе отмечена тенденция накопления потенциально опасных зоо- и фитопатогенных видов грибов в переработанных беспозвоночными растительных субстратах [20]. Переносчиками условно-патогенной для человека микрофлоры могут являться и синантропные тараканы, поскольку споры

многих микроорганизмов при прохождении через их кишечник не теряют жизнеспособности.

Литература

1. Марфенина О.Е., Мирчинк Т.Г. Микроскопические грибы при антропогенном воздействии на почву // Почвоведение. 1988. № 9. С. 107–112.
2. Козловский А.Г., Винокурова Н.Г., Желифонова В.П. и др. Токсинообразующая способность грибов рода *Penicillium*, выделенных из антропогенно нарушенных экосистем // Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии. М., 1998. С. 227–229.
3. Чекунова Л.Н. и др. Микромицеты домашней пыли и их взаимоотношения с синантропными клещами сем. *Pyroglyphidae* // Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии. М., 1998. С. 293–294.
4. Спесивцева Н.А. Микозы и микотоксикозы животных. М.: Наука, 1960. 456 с.
5. Павловский Е.Н. Руководство по паразитологии человека. Москва; Ленинград: Наука, 1948. С. 619–625.
6. Бей-Биенко Г.Е. Насекомые таракановые // Фауна СССР. Москва; Ленинград: Наука, 1950. № 40. 343 с.
7. Артюхина И.Н., Евдокимова М.П. Длительность сохранения и выделения шигелл Флекснера и Зоне рыжим тараканом (*Blattella germanica* L.) при индивидуальном дозированном кормлении // Медицинская паразитология. 1973. № 5. С. 602–606.
8. Штейнхауз Э. Микробиология насекомых. М.: Иностранная литература, 1950. 768 с.
9. Дремова В.П., Алешио Н.А. Синантропные тараканы: Биология, экология, контроль численности. М.: ПРИНТ, 2003. 271 с.
10. Robinson W.H. Urban Entomology. London, 1996. 430 p.
11. Вишнякова В.Н. Отряд *Blattidea*. Таракановые // Историческое развитие класса насекомых. М., 1980. С. 136–145.
12. Tejera E. Les Blattes envisagees comme agents de dissemination des germes pathogenes // Comp. Rend. Soc. Biol. 1926. № 95. P. 1382–1384.
13. Жуковская М.И. Исследование агрегационного феромона американского таракана: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 1992. 19 с.
14. Kaaken W., Reid B.L., Bennett G.W. Horizontal Transmission of the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium-Anisopliae* (Imperfect Fungi, Hyphomycetes) and Hydramethylnon Among German Cockroaches (*Dictyoptera, Blattellidae*) // Journal of entomological science. 1996. Vol. 31, № 4. P. 378–390.
15. Кириленко Т.С. Микромицеты почв под посевами ячменя и овса // Микромицеты почв. Киев: Наукова думка, 1984. 264 с.
16. Гомоюнова Н.П., Кальвиш Т.К. Биология и грибные болезни куколок *Oedemagena tarandi* L. и *Cephemia trompe* Madeer в условиях Чукотки // Изв. АН СССР. Сер. биол. наук. 1971. Т. 10, № 2. С. 93–102.
17. Жужиков Д.П. Чем опасны тараканы. М.: Колос, 2005. 94 с.
18. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка, 1973. 240 с.
19. Коваль Э.З. Определитель энтомофильных грибов СССР. Киев: Наукова думка, 1974. 260 с.
20. Ищенко И.А., Марфенина О.Е., Василенко А.Н. Сукцессии микроскопических грибов при переработке субстратов дождевыми червями // Микология и фитопатология. 1994. Т. 28, вып. 6. С. 61–70.
21. Ньюкиа Ю.П. Биологическое повреждение бумаги и книг. СПб.: РОСНО, 1994. 233 с.
22. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов (Guid to clinically significant fungi) / Пер. с англ. М.: Мир, 2001. 486 с.
23. Микотоксины. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Женева, 1982. Вып. 11. 146 с.