

Частота обнаружения грибов рода *Fusarium* у пациентов с заболеваниями кожи и слизистых оболочек

П.Е.Гуляев^{1,2}, С.А.Лисовская^{1,2}, Г.Ш.Исаева^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Казань, Российская Федерация;

²ФБУН «Казанский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора, Казань, Российская Федерация

Цель данного исследования: проведение анализа региональных особенностей динамики и частоты встречаемости грибов рода *Fusarium* у пациентов с поверхностными формами поражений кожи и слизистых, проживающих в Республике Татарстан.

Материалы и методы. Для проведения исследований использовали биологический материал, взятый от пациентов, находившихся на амбулаторном лечении с различными заболеваниями кожи или слизистых оболочек.

Результаты. Был проведен анализ частоты встречаемости грибов *Fusarium* spp. за период 2016–2020 гг. Также приводятся данные по локализации микозов, ассоциированных с грибами рода *Fusarium*.

Выводы. Полученные результаты отражают существенный рост количества случаев микозов, ассоциированных с *Fusarium* spp., за исследуемый период.

Ключевые слова: *Fusarium*, микозы, онихомикоз, кератит

Для цитирования: Гуляев П.Е., Лисовская С.А., Исаева Г.Ш. Частота обнаружения грибов рода *Fusarium* у пациентов с заболеваниями кожи и слизистых оболочек. Бактериология. 2025; 10(1): 100–104. DOI: 10.20953/2500-1027-2025-1-100-104

Frequency of detection of *Fusarium* fungi in patients with skin and mucous membrane diseases

P.E.Gulyaev^{1,2}, S.A.Lisovskaya^{1,2}, G.Sh.Isaeva^{1,2}

¹Kazan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Kazan, Russian Federation;

²Kazan Research Institute of Epidemiology and Microbiology of Rosпотребнадзор, Kazan, Russian Federation

Purpose. The purpose of this study is to analyze regional features of the dynamics and frequency of occurrence of fungi of the genus *Fusarium* in patients with superficial forms of lesions of the skin and mucous membranes living in the Republic of Tatarstan.

Materials and methods. For the research we used biological material taken from patients undergoing outpatient treatment with various diseases of the skin or mucous membranes.

Results. An analysis of the frequency of occurrence of *Fusarium* spp. for the period from 2016 to 2020. Data on the localization of mycoses associated with fungi of the genus *Fusarium* were also presented.

Conclusions. The results obtained reflect a significant increase in the number of cases of mycoses associated with *Fusarium* spp. for the period under study.

Key words: *Fusarium*, mycoses, onychomycosis, keratitis

For citation: Gulyaev P.E., Lisovskaya S.A., Isaeva G.Sh. Frequency of detection of *Fusarium* fungi in patients with skin and mucous membrane diseases. Bacteriology. 2025; 10(1): 100–104. (In Russian). DOI: 10.20953/2500-1027-2025-1-100-104

Для корреспонденции:

Гуляев Павел Евгеньевич, старший преподаватель кафедры микробиологии им. акад. В.М.Аристовского ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; младший научный сотрудник лаборатории микологии ФБУН «Казанский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора

Адрес: 420012, Казань, ул. Бултерова, 49

Телефон: (843) 236-5200

E-mail: gulyaev.pavel@kazangmu.ru

Статья поступила 12.07.2024, принята к печати 31.03.2025

For correspondence:

Pavel E. Gulyaev, Senior Lecturer, Academician V.M.Aristovsky Department of Microbiology, Kazan State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation; Junior researcher at the mycology laboratory of the Kazan Research Institute of Epidemiology and Microbiology of Rosпотребнадзор

Address: 49 Butlerov str., 420012, Kazan, Russian Federation

Phone: (843) 236-5200

E-mail: gulyaev.pavel@kazangmu.ru

The article was received 12.07.2024, accepted for publication 31.03.2025

В настоящее время доказательство этиологической значимости условно-патогенных грибов в патогенезе заболеваний человека является сложной задачей для медицинской микологии. Проблема заключается в том, что не существует однозначно непатогенных микромицет: любой гриб может вызвать инфекцию у человека с ослабленным иммунитетом, и микроорганизм нельзя сразу же исключать из этиологии заболевания как контаминант.

Биология грибов рода *Fusarium* связана с условиями среды обитания, поэтому необходимо в первую очередь определить области (локусы) колонизации макроорганизма данными грибами, которые зависят от локализации повреждений кожи, слизистых оболочек и иммуносупрессии макроорганизма. *Fusarium*, как сообщалось различными исследователями ранее, вызывает в основном поверхностные инфекции, такие как кератит [1–4] и онихомикоз [4, 5]. У пациентов с ослабленным иммунитетом этот патоген вызывает генерализованные формы, что приводит к системной и инвазивной инфекции [6–9]. Обычно считается, что инфицирование *Fusarium* происходит при вдыхании конидий, а также контактным путем через поврежденные ткани [1, 10, 11], поэтому инфекции, вызываемые *Fusarium*, изначально были описаны в тропических и субтропических странах с жарким климатом, в основном в агропромышленных регионах. В недавних исследованиях сообщалось о повышении частоты случаев кератита также в регионах со средне-умеренным климатом [9] и среди городского населения в связи с широким использованием контактных линз [1–4].

Цель данного исследования: проведение анализа региональных особенностей динамики и частоты встречаемости грибов рода *Fusarium* у пациентов с поверхностными формами поражений кожи и слизистых оболочек.

Материалы и методы

Проанализировали результаты микологических исследований пациентов с заболеваниями кожи и слизистых оболочек, проведенных на базе лаборатории микологии ФБУН «Казанский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора в 2016–2020 гг. В анализируемую группу были включены пациенты, находившиеся на амбулаторном лечении с различными заболеваниями кожи или слизистых оболочек (онихомикозы, дерматиты, кератиты, конъюнктивиты и т.д.). Микроскопию и микологический посев проводили в двух повторностях, учитывая различные температурные режимы для выращивания грибов (37°C и 28°C). От всех пациентов было получено информированное согласие на участие в исследовании, при этом для лиц младше 18 лет информированное согласие было получено от законных представителей несовершеннолетних. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом учреждения (протокол №4, утвержденный 12.11.2015).

Отделяемое слизистых оболочек (зева, цервикального канала, конъюнктивы глаза) отбирали тампоном из гигроскопической ваты, который помещали в стерильную пробирку. Кожные чешуйки соскабливали скальпелем с периферических участков места поражения, ногтевые чешуйки – из глубоких слоев пораженной ногтевой пластины, собирали в стерильную чашку Петри.

Посев полученного материала проводили двумя способами:

- материалы суспендировали в стерильном физиологическом растворе (0,9%-й раствор NaCl) до разведения 10^1 – 10^6 по Макфарланд и высевали по 0,1 мл на чашки с агаром Сабуро (HiMedia, Индия), содержащим 50 МЕ хлорамфеникола для подавления роста бактерий;
- посев материала без разведения на 3 точки в центре чашки. При данном методе рост микромицетов в двух и трех точках определяется как диагностически значимый, в одной точке – как случайный (рис. 1).

Виды грибов идентифицировали по макроморфологическим (культуральным) признакам (структура колоний, поверхность, пигментация колоний гриба и субстрата) и микроморфологическим свойствам (субстратный и воздушный мицелий, септы, характер спороношения) [12]. Для исключения возможной транзитной контаминации пациентов, у которых при первичном посеве были выделены грибы рода *Fusarium*, приглашали на повторный отбор биоматериала через 5–7 дней.

У штаммов, выделенных при вторичном высеве, определяли таксономическую принадлежность с помощью молекулярно-генетической идентификации с использованием рибосомных генов (18S рДНК) с применением праймеров 5,8SR (5'-TCGATGAAGAACGCAGCG-3') и ITS4R (5'-CCTCCGCTTATTGATATGC-3') [13].

Статистическую значимость результатов оценивали с использованием теста Манна–Уитни с порогом значимости при $p < 0,05$ в Prism 6 (GraphPad Software Inc.). Достоверность



Рис. 1. Монокультура штамма *Fusarium solani*, выделенного из кожного покрова пациента. Посев на плотной среде Сабуро в 3 точках без разведения; культивирование 5 суток при 30°C. Колонии хлопьевидные, обильный воздушный мицелий белого цвета; кремовая пигментация реверса.

Fig. 1. Monoculture of *Fusarium solani* strain isolated from the patient's skin. Sowing on dense Sabouraud medium in 3 points without dilution; cultivation for 5 days at 30°C. Flocculent colonies, abundant white aerial mycelium; cream pigmentation of the reverse.

разницы частот оценивали по критерию χ^2 ($p < 0,05$). ROC-анализ использовали для оценки диагностической силы прогноза продолжительности заболевания с помощью подсчета количества выросших колоний.

Результаты

Частота встречаемости грибов *Fusarium* spp.

Провели анализ 18 260 микологических исследований биоматериала пациентов за период с 2016 по 2020 г. У 476 (2,6%) пациентов в посеве были обнаружены грибы рода *Fusarium*. При проведении повторного микробиологического исследования у 290 (60,9%) пациентов с тех же локусов только у 54 (18,9%) пациентов были вновь обнаружены грибы рода *Fusarium*.

Всех пациентов ($n = 54$), у которых были выявлены грибы рода *Fusarium*, распределили на 7 возрастных групп: 0–3 года (ранее детство), 4–6 лет (дошкольный возраст), 7–17 лет (школьный возраст), 18–44 года (молодой возраст), 45–59 лет (средний возраст), 60–74 года (пожилой возраст), 75 и более лет (старческий возраст).

За изучаемый период выявили увеличение частоты встречаемости грибов рода *Fusarium*. Так, при первичном посеве частота встречаемости *Fusarium* spp. увеличилась в 14,2 раза: с 0,5% в 2016 г. до 7,1% в 2020 г. (рис. 2B), а при вторичных посевах – в 12,5 раза: с 0,42% в 2016 г. до 5,25% в 2020 г. ($p < 0,01$) (рис. 2D).

В биоматериалах с первичного посева у пациентов в возрасте от 18 до 44 лет грибы рода *Fusarium* обнаружены в 59,7% случаев, тогда как среди детей (0–3 года и 4–6 лет) и лиц пожилого возраста (60 лет и старше) таких случаев было <5% для каждой возрастной группы (рис. 2A). Примечательно, что при вторичном посеве биоматериала среди всех выделенных культур грибы рода *Fusarium* обнаружены у пациентов среднего возраста (45–59 лет) в 48,1% случаев, а у лиц пожилого возраста (60–74 года) – в 20,4% (рис. 2A).

Необходимо отметить, что с 2016 по 2020 г. наибольший прирост (в 19,6 раза) встречаемости грибов при первичном посеве наблюдался у пациентов 18–44 лет, а при вторичном посеве у пациентов среднего возраста (44–59 лет) этот показатель вырос в 12 раз: с 1,85% в 2016 г. до 22,2% в 2020 г.

Наибольший прирост встречаемости грибов при первичном посеве наблюдали у пациентов в возрасте 18–44 лет – в 19,6 раза, а при вторичном посеве выявили пророст в 12 раз у пациентов в возрасте 44–59 лет.

Локализация микоза, ассоциированного с *Fusarium* spp.

Грибы рода *Fusarium* в 80,5% (383/476) случаев при первичном и в 66,6% (36/54) случаев при вторичном посеве были выделены с кожи и ее придатков (рис. 3). Необходимо отметить, что в 44,1% (211/383) случаев при первичном и 38,8% (21/33) случаев при вторичном посеве данные микромицеты были обнаружены на поверхности ногтевой пластины, преимущественно стоп.

В 19,5% (93/476) случаев при первичном посеве грибы рода *Fusarium* были выявлены на слизистых оболочках, преимущественно зева (66/93; 13,9%), тогда как при вторичном

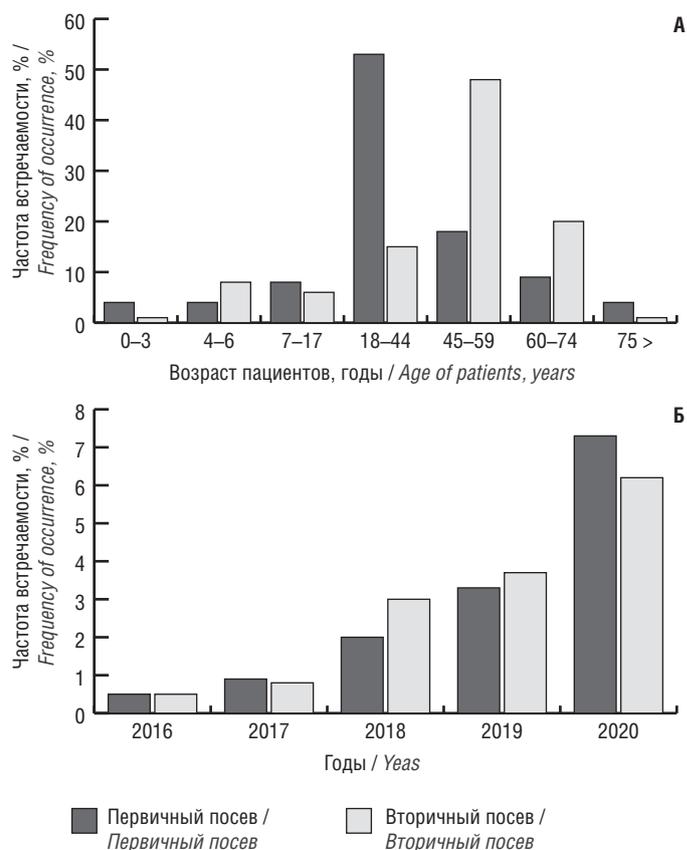


Рис. 2. Частота встречаемости грибов рода *Fusarium* в зависимости от возраста пациента (A) и года анализа (B).
 Fig. 2. Frequency of occurrence of *Fusarium* fungi depending on the patient's age (A) and the year of analysis (B).

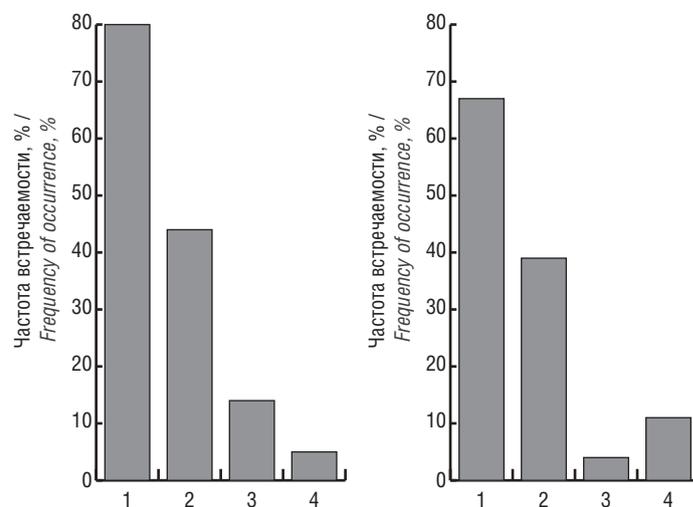


Рис. 3. Частота встречаемости грибов рода *Fusarium* в биоматериале из различных локусов при первичном (слева) и вторичном (справа) посевах: 1 – кожа, 2 – ногти, 3 – глотка, 4 – глаза.
 Fig. 3. Frequency of occurrence of fungi of the genus *Fusarium* in biomaterial from different loci during primary (left) and secondary (right) cultures: 1 – skin, 2 – nails, 3 – pharynx, 4 – eyes.

посеве среди 18 (33,3%) пациентов только у 2 (3,7%) в зеве были обнаружены данные микромицеты. Оба пациента более года состояли на учете у врача-аллерголога с диагнозом «бронхиальная астма» и пользовались ингалятором для купирования приступов астмы.

При первичном высеве в 5,6% (27/476) случаев были выявлены *Fusarium* spp. на конъюнктиве глаза, у 6 (11,1%) пациентов из 21 повторно сдавших анализ данные микромицеты были выделены и при вторичном посеве.

Согласно нашим данным, 11 (68,7%) пациентов, на конъюнктиве глаза которых при повторном высеве были обнаружены *Fusarium* spp., длительно использовали мягкие контактные линзы.

Видовая идентификация грибов рода *Fusarium*

Штаммы грибов, выделенные от пациентов при вторичном посеве, относились к 5 видовым комплексам (species complex/SC): *F. solani* (FSSC), *F. oxysporum* (FOSC); *F. fujikuroi* (FFSC): *F. verticillioides*, *F. proliferatum*; *F. chlamydosporum* (FCSC); *F. sambucinum* (FSAMSC): *F. sporotrichoides*. Среди 54 изученных штаммов 6 (11,1%) изолятов были определены только до рода. Доминирующие виды были отнесены к видовым комплексам *F. solani* (29/54; 53,7%) и *F. oxysporum* (11/54; 20,3%). Представители видового комплекса *F. chlamydosporum* были выявлены на ногтевой поверхности стоп 2 (3,7%) пациентов. *F. sporotrichoides*, относящийся к видовому комплексу *F. sambucinum* (FSAMSC), был выделен из ногтевой пластины только одного пациента с длительным рецидивирующим онихомикозом.

Обсуждение

Согласно получаемым сообщениям от разных групп исследователей, грибы рода *Fusarium* во всем мире признаны патогеном для человека с широким спектром клинических проявлений [14]. Грибы *Fusarium* spp. обладают эффективными механизмами распространения в окружающей среде, что приводит к широкому распространению микроорганизма в человеческой популяции. Проведенное нами исследование указывает на возможность грибов рода *Fusarium* играть роль в патологии человека. Проведенный нами анализ результатов микологического исследования биоматериала пациентов, проживающих на территории Республики Татарстан, подтверждает тенденцию увеличения случаев выявления *Fusarium* spp. с 2016 по 2020 г. Наиболее часто *Fusarium* spp. обнаруживали у пациентов поздней весной и ранней осенью. В зимний период грибы рода *Fusarium* выявлялись в 2 раза меньше, чем в летнее время. Преимущественная осенне-весенняя сезонность заболеваний может быть связана с биологическими свойствами данного микроорганизма – хорошим ростом этих грибов во влажных условиях и распространением их конидий ветром и осадками. В целом виды *Fusarium* предпочитают влажные условия, где активность воды выше 0,86, и способны хорошо расти при температуре от 0 до 37°C.

В ходе проведенной видовой идентификации клинических изолятов было показано, что наиболее распространенными комплексами в регионе являлись *F. solani* и *F. oxysporum*. Грибы рода *Fusarium* являются одним из первых групп микромицетов, у которых термин «видовой комплекс» использовался для обозначения близкородственных видов. Данный термин был применен в клинической практике на основе ранних работ M.Chen et al. [15] и K.J.Kwon-Chung et al. [16], как монофилетическая группа, в отношении видов, которые

на молекулярно-эпидемиологическом уровне различаются, но функционально неразличимы. Согласно глобальной базе данных Index Fungorum (speciesfungorum.org), род *Fusarium* включает 301 вид, сгруппированных в 22 видовых комплекса [17], и предполагается, что 74 таксономических вида способны вызывать инфекции у людей [18]. Полученные нами данные согласуются с данными литературы, где в биоматериале преобладали видовые комплексы FSSC и FOSC [19]. В образцах от пациентов, обратившихся в лабораторию КНИИЭМ, при вторичном посеве, где степень обсемененности составляла 10⁴ КОЕ/мл, доминирующим видом являлся *F. solani*. Надо отметить, что *F. solani* встречался во всех локусах макроорганизма, тогда как *F. oxysporum* не был отмечен в ногтях. Представители других видовых комплексов в протестированных образцах были выявлены у пациентов с длительным течением инфекционного процесса различной этиологии в незначительном количестве – <15%.

Проведенный нами анализ локализации *Fusarium* spp. в макроорганизме показал, что наиболее часто грибок контаминировал две зоны: кожу и ногти, что, возможно, обусловлено благоприятным сочетанием как экологических факторов (температуры, влажности), так и предрасполагающих факторов со стороны макроорганизма в результате наличия микро- и макротравм, приводящих к нарушению целостности и функции эпидермиса. Согласно литературным данным, кожа является частым биотопом проникновения данных микромицетов [20]. Стоит отметить, что распространение грибка наблюдалось в основном у пациентов с ослабленным иммунитетом, с длительным течением инфекционного процесса различной этиологии. У иммунокомпетентных лиц поражения кожи обычно локализовались и развивались после повреждения кожи в месте заражения. В ногтях грибы рода *Fusarium* встречались в 40,7% случаях, часто значение степени обсемененности составляло 10² КОЕ/мл. В недавнем исследовании J.Galletti et al. на модели онихомикоза показана способность *Fusarium* spp. разрушать роговой слой ногтей и использовать его в качестве единственного источника питательных веществ для роста и размножения, что позволяет предположить, что *Fusarium* spp., подобно дерматофитам, также является кератинолитическим микромицетом [21]. Данные микромицеты могут поражать роговицу и переднюю камеру глаза, где в области зрачков они образуют радужно-грибковую массу, которая влияет на дренаж влаги и вызывает повышение внутриглазного давления, что приводит к грибковому кератиту и глаукоме [2]. В нашей работе показано, что 11 (68,7%) пациентов, на конъюнктиве глаза которых при повторном высеве были обнаружены *Fusarium* spp., длительно использовали мягкие контактные линзы, которые могли травмировать слизистую конъюнктивы глаза и, таким образом, способствовать грибковой адгезии и инвазии.

Выводы

Полученные нами данные демонстрируют значительный рост встречаемости *Fusarium* spp. у пациентов в Республике Татарстан за период 2016–2020 гг. Выявление инфицирования грибами рода *Fusarium* имеет осенне-весеннюю сезонность, что, возможно, связано с биологическими особенностями микроорганизма и определенными факторами передачи. Среди

пациентов с грибковыми поражениями кожи и слизистых оболочек преобладали лица наиболее трудоспособного возраста – от 18 до 44 лет (53%), что может быть обусловлено более высокой социальной активностью данной возрастной группы. Причинами роста выявления случаев заболеваний, ассоциированных с грибами рода *Fusarium*, могут быть также более широкое использование контактных линз, снижение иммунной защиты у населения, большая настороженность врачей по поводу грибковых инфекций и, как следствие, улучшение лабораторной диагностики. Принимая во внимание, что виды *Fusarium* могут выступать в роли оппортуниста в качестве вторичного инфекционного агента при наличии предрасполагающих факторов, осложняющих течение основного заболевания, необходимы дальнейшие исследования факторов патогенности грибов *Fusarium* и изучение их симбиотических взаимодействий с другими видами микроорганизмов.

Информация о финансировании

Работа выполнена в рамках отраслевой программы Роспотребнадзора.

Financial support

The work was supported by the Sectoral Scientific Program of the Rosпотребнадзор.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interest.

Литература / References

- Al-Hatmi AM, Meis JF, de Hoog GS. *Fusarium*: Molecular Diversity and Intrinsic Drug Resistance. *PLoS Pathog*. 2016 Apr 7;12(4):e1005464. DOI: 10.1371/journal.ppat.1005464
- Köhler JR, Hube B, Puccia R, Casadevall A, Perfect JR. Fungi that Infect Humans. *Microbiol Spectr*. 2017 Jun;5(3):10.1128/microbiolspec.funk-0014-2016. DOI: 10.1128/microbiolspec.FUNK-0014-2016
- Walther G, Stasch S, Kaerger K, Hamprecht A, Roth M, Cornely OA, et al. *Fusarium* Keratitis in Germany. *J Clin Microbiol*. 2017 Oct;55(10):2983-2995. DOI: 10.1128/JCM.00649-17
- Pérez-Nadales E, Alastruey-Izquierdo A, Linares-Sicilia MJ, Soto-Debrán JC, Abdala E, García-Rodríguez J, et al.; Spanish Fusariosis Study Group. Invasive Fusariosis in Nonneutropenic Patients, Spain, 2000–2015. *Emerg Infect Dis*. 2021 Jan;27(1):26-35. DOI: 10.3201/eid2701.190782
- Guarro J. Fusariosis, a complex infection caused by a high diversity of fungal species refractory to treatment. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2013;32(12):1491-500. DOI: 10.1007/s10096-013-1924-7
- Van Diepeningen AD, Feng P, Ahmed S, Sudhadham M, Bunyaratavej S, de Hoog GS. Spectrum of *Fusarium* infections in tropical dermatology evidenced by multilocus sequencing typing diagnostics. *Mycoses*. 2015;58(1):48-57. DOI: 10.1111/myc.12273
- Willinger B. Emerging Fungi and Diagnosis of Fungal Infections: Current Knowledge and New Developments. *J Fungi (Basel)*. 2021 Apr 19;7(4):316. DOI: 10.3390/jof7040316
- Batista BG, Chaves MA, Reginatto P, Saraiva OJ, Fuentesfria AM. Human fusariosis: An emerging infection that is difficult to treat. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2020;53:e20200013. DOI: 10.1590/0037-8682-0013-2020
- Tortorano AM, Prigntano A, Esposito MC, Arsic Arsenijevic V, Kolarovic J, Ivanovic D, et al; ECMM Working Group. European Confederation of Medical Mycology (ECMM) epidemiological survey on invasive infections due to *Fusarium* species in Europe. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2014 Sep;33(9):1623-30. DOI: 10.1007/s10096-014-2111-1
- Ploetz RC. *Fusarium* Wilt of Banana. *Phytopathology*. 2015 Dec;105(12):1512-21. DOI: 10.1094/PHYTO-04-15-0101-RVW
- Garnica M, Nucci M. Epidemiology of Fusariosis. *Curr Fungal Infect Rep*. 2013;7:301-305. DOI: 10.1007/s12281-013-0161-y
- Leslie JF, Summerell BA. The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing, Iowa. 2006. DOI: 10.1002/9780470278376
- Herkert PF, Al-Hatmi AMS, de Oliveira Salvador GL, Muro MD, Pinheiro RL, Nucci M, et al. Molecular Characterization and Antifungal Susceptibility of Clinical *Fusarium* Species From Brazil. *Front Microbiol*. 2019 Apr 10;10:737. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00737
- Al-Hatmi AM, de Hoog GS, Meis JF. Multiresistant *Fusarium* Pathogens on Plants and Humans: Solutions in (from) the Antifungal Pipeline? *Infect Drug Resist*. 2019 Nov 28;12:3727-3737. DOI: 10.2147/IDR.S180912
- Chen M, Zeng J, De Hoog GS, Stielow B, Gerrits Van Den Ende AH, Liao W, et al. The 'species complex' issue in clinically relevant fungi: A case study in *Scedosporium apiospermum*. *Fungal Biol*. 2016 Feb;120(2):137-46. DOI: 10.1016/j.funbio.2015.09.003
- Kwon-Chung KJ, Bennett JE, Wickes BL, Meyer W, Cuomo CA, Wollenburg KR, et al. The case for adopting the "species complex" nomenclature for the etiologic agents of cryptococcosis. *mSphere*. 2017;2:e00357-16. DOI: 10.1128/mSphere.00357-16
- Herkert PF, Al-Hatmi AMS, de Oliveira Salvador GL, Muro MD, Pinheiro RL, Nucci M, et al. Molecular Characterization and Antifungal Susceptibility of Clinical *Fusarium* Species From Brazil. *Front Microbiol*. 2019 Apr 10;10:737. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00737
- O'Donnell K, Ward TJ, Robert VARG, Crous PW, Geiser DM, Kang S. DNA sequence-based identification of *Fusarium*: current status and future directions. *Phytoparasitica*. 2015;43:583-595. DOI: 10.1007/s12600-015-0484-z
- Nelson PE, Dignani MC, Anaissie EJ. Taxonomy, biology, and clinical aspects of *Fusarium* species. *Clin Microbiol Rev*. 1994;7:479-504. DOI: 10.1128/CMR.7.4.479
- Nucci M, Anaissie E. Cutaneous infection by *Fusarium* species in healthy and immunocompromised hosts: implications for diagnosis and management. *Clin Infect Dis*. 2002 Oct 15;35(8):909-20. DOI: 10.1086/342328
- Galletti J, Negri M, Grassi FL, Kioshima-Cotica ÉS, Svidzinski TI. *Fusarium* spp. is able to grow and invade healthy human nails as a single source of nutrients. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2015;34:1767-1772. DOI: 10.1007/s10096-015-2410-1

Информация о соавторах:

Лисовская Светлана Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии им. акад. В.М.Аристовского ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России

Исаева Гузель Шавхатовна, доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой микробиологии им. акад. В.М.Аристовского ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; заместитель директора по инновационному развитию ФБУН «Казанский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора

Information about co-authors:

Svetlana A. Lisovskaya, PhD in Biological Sciences, associate professor of the Academician V.M.Aristovsky Department of Microbiology, Kazan State Medical University

Guzel Sh. Isaeva, MD, PhD, DSc, Associate Professor, Head of the Academician V.M.Aristovsky Department of Microbiology, Kazan State Medical University; Deputy Director for Innovative Development of the Kazan Research Institute of Epidemiology and Microbiology of Rosпотребнадзор