ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Бактериология, 2026, том 11, №3, с. 26–30
Bacteriology, 2026, volume 11, No 3, p. 26–30

DOI: 10.20953/2500-1027-2026-3-26-30

Сравнительный анализ биохимической активности природных и клинических штаммов микромицетов рода *Fusarium*

П.Е.Гуляев[1], С.А.Лисовская[1,2], Г.Ш.Исаева[1,2]

[1]ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Казань, Российская Федерация;
[2]ФБУН «Казанский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора, Казань, Российская Федерация

Несмотря на традиционный статус грибов рода *Fusarium* как фитопатогенных организмов, в медицинской практике фиксируется стабильное увеличение ассоциированных с ними оппортунистических микозов. Возникновению таких патологий способствуют инволютивные изменения, дисфункции метаболизма, нерациональная антибиотикотерапия или применение супрессивных препаратов. Наиболее уязвимую группу формируют пациенты с дефицитом иммунной защиты, у которых высок риск генерализации процесса и развития фунгемии. Персистенция микромицетов и последующее поражение кожных покровов и слизистых субстратов обеспечиваются активацией их собственного патогенного потенциала в процессе колонизации. Проведенная оценка ферментативного профиля изолятов различного генеза выявила функциональную специализацию штаммов. Микромицеты, полученные из клинических образцов, проявляют выраженную деструктивную способность к субстратам животного происхождения. В свою очередь, изоляты из естественных экониш адаптированы к расщеплению растительных веществ, демонстрируя высокую амилазную активность.
Ключевые слова: Fusarium, микоз, микромицеты, биохимическая активность, субстрат, ферменты

Для цитирования: Гуляев П.Е., Лисовская С.А., Исаева Г.Ш. Сравнительный анализ биохимической активности природных и клинических штаммов микромицетов рода *Fusarium*. Бактериология. 2026; 11(3): 26–30. DOI: 10.20953/2500-1027-2026-3-26-30

Comparative analysis of the biochemical activity of natural and clinical strains of micromycetes of the genus *Fusarium*

P.E.Gulyaev[1], S.A.Lisovskaya[1,2], G.S.Isaeva[1,2]

[1]Kazan State Medical University, Kazan, Russian Federation;
[2]Kazan Research Institute of Epidemiology and Microbiology of the Rospotrebnadzor, Kazan, Russian Federation

Despite the traditional status of *Fusarium* fungi as phytopathogenic organisms, a steady increase in associated opportunistic mycoses has been recorded in medical practice. The development of such pathologies is facilitated by involutional changes, metabolic dysfunctions, irrational antibiotic therapy, or the use of suppressive drugs. The most vulnerable group consists of patients with a deficient immune system, who are at high risk of generalization and the development of fungemia. The persistence of micromycetes and subsequent damage to the skin and mucous membranes are ensured by the activation of their own pathogenic potential during colonization. An evaluation of the enzymatic profile of isolates of various origins revealed functional specialization among the strains. Micromycetes obtained from clinical samples exhibit a pronounced destructive capacity for substrates of animal origin. In turn, isolates from external ecological niches are adapted to the breakdown of plant polymers, demonstrating high amylase activity.
Key words: Fusarium, mycosis, micromycetes, biochemical activity, substrate, enzymes

For citation: Gulyaev P.E., Lisovskaya S.A., Isaeva G.S. Comparative analysis of the biochemical activity of natural and clinical strains of micromycetes of the genus *Fusarium*. Bacteriology. 2026; 11(3): 26–30. (In Russian). DOI: 10.20953/2500-1027-2026-3-26-30

В последние годы отмечается рост частоты инвазивных фузариозов, особенно среди пациентов с иммунодефицитными состояниями [1]. Изначально представителей рода *Fusarium* относили к фитопатогенам [2, 3], но в настоящее время показано, что они также способны вызывать широкий спектр поверхностных и системных инфекций человека с высокой заболеваемостью в первом случае и высокой смертностью во втором [4]. Уникальность рода заключается в его способности колонизировать крайне разнородные субстраты: объекты окружающей среды (растения, почва, водная среда) и биотопы человека (кожа, ногти, слизистые оболочки), что свидетельствует о высокой адаптивной пластичности и разнообразии метаболического аппарата [5–7].

Для корреспонденции:

Гуляев Павел Евгеньевич, старший преподаватель кафедры микробиологии им. академика В.М.Аристовского ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России

Адрес: 420012, Казань, ул. Бутлерова, 49

Статья поступила 22.03.2026, принята к печати 30.09.2026

For correspondence:

Pavel E. Gulyaev, Senior lecturer at the Academician V.M.Aristovsky Department of Microbiology, Kazan State Medical University of the Ministry of Health of Russia

Address: 49 Butlerov street, Kazan, 420012, Russian Federation

The article was received 22.03.2026, accepted for publication 30.09.2026

Ключевым фактором вирулентности рода *Fusarium* является их способность продуцировать различные экзоферменты и вторичные метаболиты. Богатая ферментативная система данных микромицетов, включающая протеазы, липазы, казеиназы, альбуминазы, целлюлазы и другие гидролазы, способна обеспечивать трофические потребности гриба, а также играет решающую роль в преодолении защитных барьеров макроорганизма, деструкции тканей и обеспечении инвазивного роста [8]. Вторичные метаболиты, такие как трихотеценовые микотоксины, оказывают иммуносупрессивное [9] и цитотоксическое действие.

В настоящее время накоплены многочисленные данные о том, что штаммы одного и того же вида, но выделенные из разных экологических ниш (природные и клинические), могут существенно различаться по своему биохимическому потенциалу, вирулентности и паттернам антибиотикорезистентности. Это позволяет предположить, что происхождение изолята является важным фактором, определяющим его метаболическую стратегию. Однако систематические сравнительные исследования, направленные на выявление корреляции между экологическим происхождением изолятов *Fusarium* и особенностями их биохимической активности, проводятся недостаточно полно.

Целью настоящего исследования является выявление значимых различий в ключевых биохимических активностях между клиническими и природными штаммами *Fusarium* spp. В фокусе анализа находятся гемолитическая, амилазная и фосфолипазная активности, которые потенциально могут служить маркерами вирулентности. Полученные данные позволят углубить понимание молекулярных механизмов патогенеза фузариозов.

Материалы и методы

Методологическая основа работы построена на сравнительном анализе 19 изолятов грибов *Fusarium* spp., дифференцированных на две группы: клинические штаммы (n = 9) и штаммы, выделенные из объектов естественной среды (n = 10). Эксперименты выполнялись на базе микологической лаборатории ФБУН КНИИЭМ Роспотребнадзора. Сбор биологического материала осуществлялся при наличии подписанного пациентами информированного согласия и с официального одобрения локального этического комитета данного учреждения (протокол №2 от 15.03.2023).

Источником клинических изолятов послужили субстраты от лиц с манифестными признаками поражения кожных покровов и слизистых оболочек различной локализации. Снятие экссудата из цервикального канала, зева и конъюнктивальной полости выполняли стерильными ватными тупферами с их последующим переносом в индивидуальные пробирки. Эпидермальные чешуйки извлекали путем соскабливания скальпелем по периферии очага воспаления, а при онихомикозах образцы отбирали из глубоких структур измененной ногтевой пластины. Сбор материала и его транспортировка в лабораторию осуществлялся в стерильной лабораторной посуде (лабораторные пробирки, чашки Петри).

Первичный микроскопический скрининг нативных препаратов и культуральное исследование дублировали для каждого образца с параллельной инкубацией посевов в двух фиксированных температурных режимах (28°C и 37°C). Все верифицированные клинические штаммы микромицетов были переданы на депонирование в Российскую коллекцию патогенных грибов (РКПГ) при НИИ медицинской микологии им. П.Н.Кашкина ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И.Мечникова» Минздрава России.

В качестве природных изолятов использовали коллекционные штаммы, полученные из ВКМ: *Fusarium oxysporum* (F-140, F-2639), *Fusarium solani* (F-142), *Fusarium chlamydosporum* (F-3945), *Fusarium sporotrichioides* (F-4971, F-4972), *Fusarium proliferatum* (F-4996, F-4997), *Fusarium verticillioides* (F-5015, F-671).

Статистический анализ проводили с использованием программы IBM® SPSS® Statistics. Для оценки статистической значимости различий в группах использовался t-критерий Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при $p \leq 0{,}05$. Нормальность распределения проверялась при помощи критерия Шапиро–Уилка ($p \leq 0{,}05$).

Выделение и идентификация грибов

Первичное культуральное исследование выполняли с применением двух параллельных подходов. В первом случае осуществляли приготовление серийных разведений биоматериала от 10^1 до 10^6 в стерильном 0,9%-м растворе хлорида натрия с последующим внесением 0,1 мл полученной взвеси на плотную среду Сабуро-мальтоза-агар (производства ФБУН ГНЦ ПМБ, Оболенск, Россия). Для предотвращения сопутствующей бактериальной контаминации в состав среды предварительно вносили хлорамфеникол (HiMedia, Индия) в концентрации 50 МЕ. Второй подход предполагал прямой посев нативного материала без предварительного разведения в три точки на поверхность агара. Рост колоний микромицетов в двух или трех зонах инокуляции расценивали как клинически значимый результат, тогда как единичный очаг роста интерпретировали как случайное загрязнение.

Видовую идентификацию выделенных изолятов проводили на основании макроморфологических свойств (характеристика колоний, характер пигментообразования мицелия и реверса) [10, 11] и микроскопических характеристик (наличие септ, морфология воздушного и субстратного мицелия, особенности конидиогенеза). Для подтверждения данных, полученных путем фенотипического исследования, дополнительно применяли молекулярно-генетический метод. Для исключения возможной транзиторной контаминации, у пациентов, у которых при первичном посеве были выделены грибы рода *Fusarium* в двух повторениях, проводили повторный забор и посев биоматериала через 5–7 дней.

Для идентификации изолятов *Fusarium* spp. было проведено амплифицирование участка гена элонгационного фактора трансляции 1-альфа (TEF1-α) с использованием праймеров TEF1 (ATGGGTAAGGA(A/G)GACAAGAC) и TEF2 (GGA(G/A) GTACCAGT(G/C)ATCATGTT) [12, 13]. ДНК выделяли из мицелия с использованием набора Monarch Nucleic Acid Purification Kit (New England) согласно инструкции производителя. Полимеразную цепную реакцию проводили в объеме 25 мкл, содержащем 1×буфер, 200 мкМ каждого dNTP, 0,5 мкМ каждого праймера, 1,5 мМ $MgCl_2$, 0,5 U Taq-полимеразы Thermo Fisher Scientific и 20–50 нг геномной ДНК. Амплификацию выполняли при следующих условиях: начальная денатурация

95°C – 5 мин; затем 30 циклов (95°C – 60 с, 57°C – 75 с, 72°C – 60 с); финальное удлинение 72°C – 10 мин. Амплифицированные фрагменты (~600 п.н.) проверяли электрофорезом в 1,5%-м агарозном геле и очищали с использованием набора QIAquick PCR Purification Kit (Qiagen). Секвенирование проводили методом Sanger с использованием набора BigDye Terminator v3.1 (Applied Biosystems) и капиллярного секвенатора ABI 3500. Полученные последовательности идентифицировали с помощью базы данных FUSARIUM-ID. Статистический анализ проводили с использованием программы IBM® SPSS® Statistics.

Определение фосфолипазной активности

Оценку суммарной способности микромицетов к секреции фосфолипаз проводили с помощью модифицированного «чашечного метода» по методике Price et al. [14]. Принцип выявления активности заключается в ферментативной деградации липидных компонентов яичного желтка, приводящей к высвобождению жирных кислот и последующему формированию нерастворимых кальциевых комплексов в толще агара.

Для постановки теста использовали селективную среду на основе агара Сабуро, дополненную 1М хлорида натрия, 5 mM хлорида кальция и 8% гомогенизированного стерильного желтка куриного яйца. Инкубацию посевов осуществляли в стационарных условиях термостата при температуре 30 ± 1°C в течение 5–7 суток. По завершении периода культивирования проводили измерение двух параметров: диаметра колонии (Дк) и суммарного диаметра колонии вместе с окружающей зоной преципитации (Д(к + зп)) [15]. Индекс фосфолипазной активности рассчитывали по формуле: индекс активности ферментов = Д(к + зп) / Дк (рис. 1).

Определение амилолитической активности

Изучение амилолитической активности проводили на агаризованной среде с добавлением крахмала (растворимый крахмал, K_2HPO_4, $MgSO_4$, $CaCl_2$, пептон, дрожжевой автолизат, агар) [9]. Посевы инкубировали в течение 3–7 суток при 30 ± 2°C, ежедневно контролируя рост и появление зон просветления вокруг колоний. Амилолитическую активность оценивали по гидролизу крахмала, который обнаруживали после обработки агаровой пластинки раствором Люголя. Среда, содержащая крахмал, окрашивалась в синий цвет [16].

Определение гемолитической активности

Для изучения гемолитических свойств использовали синтетическую питательную среду (K_2HPO_4, $MgSO_4$, агар) с добавлением 2,5% гемоглобина. Посевы инкубировали в течение 3–7 суток при 30 ± 2°C, ежедневно контролируя рост и появление зон просветления вокруг колоний. Индекс гемолитической активности рассчитывали по той же формуле, что и фосфолипазную активность (рис. 2).

Результаты исследования и их обсуждение

Способность грибов к утилизации тех или иных субстратов может являться фактором вирулентности. В связи с этим проведена сравнительная оценка ферментативной активности клинических и референсных коллекционных штаммов *Fusarium* spp.

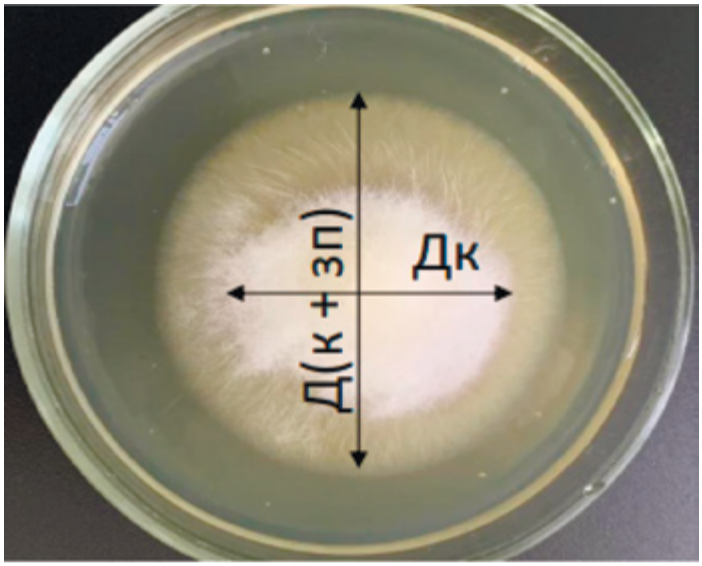

Рис. 1. **Формула расчета индекса активности ферментов.**
Fig. 1. ***Formula for calculating the enzyme activity index.***

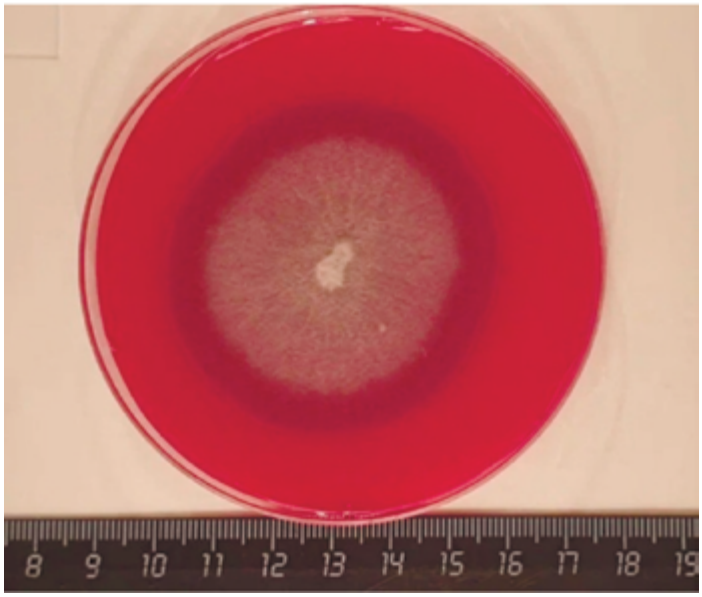

Рис. 2. **Гемолитическая активность клинического штамма 1612.**
Fig. 2. ***Hemolytic activity of clinical strain 1612.***

Изучение ферментативной активности коллекционных штаммов *Fusarium* spp., выделенных из окружающей среды, показало отсутствие выраженной гемолитической, амилолитической и фосфолипазной активности (рис. 3). Индекс активности для всех изученных штаммов не превышал 1,4.

Клинические штаммы *Fusarium* spp., напротив, проявляли гемолитическую активность – средний индекс варьировал в пределах 1,2 (рис. 4).

Однако амилолитическая активность по сравнению с природными штаммами была выражена значительнее слабее. При оценке фосфолипазной активности были выявлены некоторые штаммовые различия: изоляты 1612, 5666 и 1515 отличались несколько более выраженной способностью к утилизации фосфолипидов по сравнению с другими клиническими и природными штаммами ($p < 0,01$).

В ходе проведения экспериментов по оценке ферментативных свойств *Fusarium* spp. отмечено, что на среде с добавлением яичного желтка у всех клинических штаммов наблюдался ускоренный рост с образованием быстрорастущего

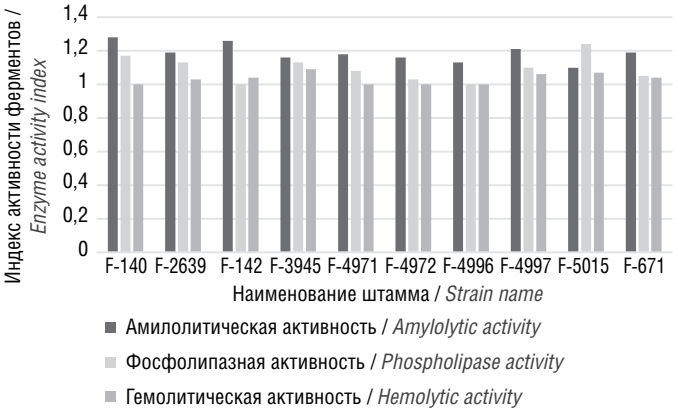

Рис. 3. **Ферментативная активность природных штаммов *Fusarium* spp.**
Fig. 3. ***Enzymatic activity of natural strains of Fusarium spp.***

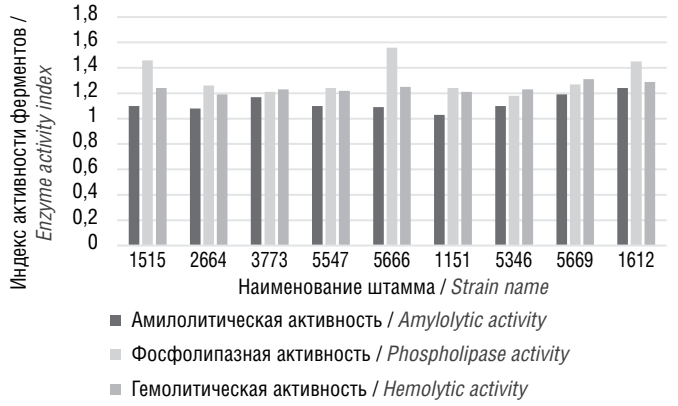

Рис. 4. **Ферментативная активность клинических штаммов *Fusarium* spp.**
Fig. 4. ***Enzymatic activity of clinical strains of Fusarium spp.***

воздушного мицелия и микроконидий, в то время как у природных изолятов наблюдалось образование хламидоспор.

Результаты свидетельствуют о специфических биохимических адаптациях штаммов *Fusarium*, зависящих от источника выделения. Повышенные фосфолипазная и гемолитическая активности клинических штаммов объясняются наличием инвазивных свойств и потребностью в расщеплении субстрата для поддержания роста в организме хозяина.

Заключение

Проведенное исследование выявило статистически значимые различия в биохимической активности между клиническими и природными штаммами грибов рода *Fusarium*. Эти различия подтверждают специфическую адаптацию патогенных изолятов к условиям макроорганизма. Данные результаты согласуются с целью исследования по выявлению различий в ключевых ферментативных активностях.

У клинических штаммов *Fusarium* обнаружено преобладание гемолитической и фосфолипазной активностей. Эти ферменты идентифицированы как ключевые детерминанты вирулентности, способствующие инвазии тканей и уклонению от иммунного ответа. Эти изменения свидетельствуют о метаболическом сдвиге в сторону паразитического существования и формировании устойчивых патогенных фенотипов. Выявленные особенности биохимической активности объясняют повышенную патогенность клинических изолятов. Полученные данные имеют важное значение как для понимания механизмов патогенности *Fusarium* spp., так и для разработки новых подходов к диагностике и лечению инфекций, вызванных этими грибами.

Источники финансирования

Работа выполнена при поддержке отраслевой научной программы Роспотребнадзора.

Funding

The work was carried out with the support of the industry scientific program of Rospotrebnadzor.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими организациями), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Conflict of interest

The authors have no relationships, activities, or interests with third parties (commercial or non-commercial organizations) to declare that could have influenced the work reported in this paper in the last three years.

Вклад авторов

Все авторы подтверждают равное участие на всех этапах подготовки рукописи: разработка концепции, получение и анализ данных, написание и редактирование текста.

Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты настоящей работы, гарантируют надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Author contributions

All authors contributed equally to this work, including conceptualization and design, data acquisition and analysis, manuscript writing and editing.

All authors have read and approved the final manuscript and agree to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Генеративный искусственный интеллект

При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Generative artificial intelligence

No generative artificial intelligence technologies were used in the preparation of this article.

Литература

1. Буркутбаева ТН, Фохридина ЛИ, Тастанбекова ЛК. Свойства плесневых грибов, выделенных от больных с микозами ЛОР-органов. Проблемы медицинской микологии. 2006;8(1):37-39.
2. Гагкаева ТЮ, Гаврилова ОП, Левитин ММ. Биоразнообразие и ареалы основных токсинопродуцирующих грибов рода Fusarium. Биосфера. 2014;6(1):36-45.
3. Salah H, Al-Hatmi AM, Theelen B, Abukamar M, Hashim S, van Diepeningen AD, et al. Phylogenetic diversity of human pathogenic *Fusarium* and emergence of uncommon virulent species. J Infect. 2015 Dec;71(6):658-66. DOI: 10.1016/j.jinf.2015.08.011

4. Tupaki-Sreepurna A, Kindo AJ. Fusarium: The versatile pathogen. Indian J Med Microbiol. 2018 Jan-Mar;36(1):8-17. DOI: 10.4103/ijmm.IJMM_16_24
5. Домрачева Л, Трефилова Л, Фокина А. Фузарии: биологический контроль, сорбционные возможности [Текст]. Германия: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013;181.
6. Walter S, Nicholson P, Doohan FM. Action and reaction of host and pathogen during *Fusarium* head blight disease. New Phytol. 2010 Jan;185(1):54-66. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2009.03041.x
7. Охапкина ВЮ, Ханжин АА. Эколого-эпидемиологическое значение микромицетов рода *Fusarium*. Теоретическая и прикладная экология. 2012;2:5-14.
8. Çuhadar T, Karabıçak N, Özdil T, Özgür D, Otağ F, Hızel K, et al. Detection of virulence factors and antifungal susceptibilities of *Fusarium* strains isolated from keratitis cases. Mikrobiyol Bul. 2018 Jul;52(3):247-258. doi: 10.5578/mb.66738 (Turkish).
9. Short DP, O'Donnell K, Thrane U, Nielsen KF, Zhang N, Juba JH, et al. Phylogenetic relationships among members of the *Fusarium solani* species complex in human infections and the descriptions of *F. keratoplasticum* sp. nov. and *F. petroliphilum* stat. nov. Fungal Genet Biol. 2013 Apr;53:59-70. DOI: 10.1016/j.fgb.2013.01.004
10. Winn W, Allen S, Janda W, Koneman E, Procop G, Schreckenberger P, et al. Laboratory approach to the diagnosis of fungal infections. Koneman's Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology. Lippincott Williams, Philadelphia: 2006;1156-1166.
11. Eichenfield LF, Tom WL, Chamlin SL, Feldman SR, Hanifin JM, Simpson EL, et al. Guidelines of care for the management of atopic dermatitis: section 1. Diagnosis and assessment of atopic dermatitis. J Am Acad Dermatol. 2014 Feb;70(2):338-51. DOI: 10.1016/j.jaad.2013.10.010
12. O'Donnell K, Kistler HC, Cigelnik E, Ploetz RC. Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. Proc Natl Acad Sci U S A. 1998 Mar 3;95(5):2044-9. DOI: 10.1073/pnas.95.5.2044
13. Torres-Cruz TJ, Whitaker BK, Proctor RH, Broders K, Laraba I, Kim HS, et al. FUSARIUM-ID v.3.0: An Updated, Downloadable Resource for *Fusarium* Species Identification. Plant Dis. 2022 Jun;106(6):1610-1616. DOI: 10.1094/PDIS-09-21-2105-SR
14. Price MF, Wilkinson ID, Gentry LO. Plate method for detection of phospholipase activity in *Candida albicans*. Sabouraudia. 1982 Mar;20(1):7-14. DOI: 10.1080/00362178285380031
15. Кузикова ИЛ, Медведева НГ, Сухаревич ВИ. Влияние фунгицидов и поверхностно-активных веществ на фосфолипазную активность грибов – агентов биоповреждений. Микология и фитопатология. 2010;44(5):441-447.
16. Василова ЛЯ, Хидиятова АА, Борисенков АГ. Скрининг микроорганизмов – продуцентов амилаз. Башкирский химический журнал. 2018;25(4):30-33.

References

1. Burkutbayeva TN, Fokhrydyna LI, Tastanbyekova LK. Properties of the mould fungi isolated from patients with mycoses of LOR-organs. Problems of Medical Mycology. 2006;8(1):37-39. (In Russian).
2. Gagkaeva TYu, Gavrilova OP, Levitin MM. Biodiversity and distribution of the main toxigenic *Fusarium* fungi. Biosfera. 2014;6(1):36-45. (In Russian).
3. Salah H, Al-Hatmi AM, Theelen B, Abukamar M, Hashim S, van Diepeningen AD, et al. Phylogenetic diversity of human pathogenic *Fusarium* and emergence of uncommon virulent species. J Infect. 2015 Dec;71(6):658-66. DOI: 10.1016/j.jinf.2015.08.011
4. Tupaki-Sreepurna A, Kindo AJ. Fusarium: The versatile pathogen. Indian J Med Microbiol. 2018 Jan-Mar;36(1):8-17. DOI: 10.4103/ijmm.IJMM_16_24
5. Domracheva L, Trefilova L, Fokina A. *Fusaria*: biological control, sorption capabilities. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013;181. (In Russian).
6. Walter S, Nicholson P, Doohan FM. Action and reaction of host and pathogen during *Fusarium* head blight disease. New Phytol. 2010 Jan;185(1):54-66. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2009.03041.x
7. Okhapkina VYu, Khanzhin AA. Ecological epidemiological significance of micromycetes of the genus *Fusarium*. Theoretical and applied ecology. 2012;2:5-14. (In Russian).
8. Çuhadar T, Karabıçak N, Özdil T, Özgür D, Otağ F, Hızel K, et al. Detection of virulence factors and antifungal susceptibilities of *Fusarium* strains isolated from keratitis cases. Mikrobiyol Bul. 2018 Jul;52(3):247-258. doi: 10.5578/mb.66738 (Turkish).
9. Short DP, O'Donnell K, Thrane U, Nielsen KF, Zhang N, Juba JH, et al. Phylogenetic relationships among members of the *Fusarium solani* species complex in human infections and the descriptions of *F. keratoplasticum* sp. nov. and *F. petroliphilum* stat. nov. Fungal Genet Biol. 2013 Apr;53:59-70. DOI: 10.1016/j.fgb.2013.01.004
10. Winn W, Allen S, Janda W, Koneman E, Procop G, Schreckenberger P, et al. Laboratory approach to the diagnosis of fungal infections. Koneman's Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology. Lippincott Williams, Philadelphia: 2006;1156-1166.
11. Eichenfield LF, Tom WL, Chamlin SL, Feldman SR, Hanifin JM, Simpson EL, et al. Guidelines of care for the management of atopic dermatitis: section 1. Diagnosis and assessment of atopic dermatitis. J Am Acad Dermatol. 2014 Feb;70(2):338-51. DOI: 10.1016/j.jaad.2013.10.010
12. O'Donnell K, Kistler HC, Cigelnik E, Ploetz RC. Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. Proc Natl Acad Sci U S A. 1998 Mar 3;95(5):2044-9. DOI: 10.1073/pnas.95.5.2044
13. Torres-Cruz TJ, Whitaker BK, Proctor RH, Broders K, Laraba I, Kim HS, et al. FUSARIUM-ID v.3.0: An Updated, Downloadable Resource for *Fusarium* Species Identification. Plant Dis. 2022 Jun;106(6):1610-1616. DOI: 10.1094/PDIS-09-21-2105-SR
14. Price MF, Wilkinson ID, Gentry LO. Plate method for detection of phospholipase activity in *Candida albicans*. Sabouraudia. 1982 Mar;20(1):7-14. DOI: 10.1080/00362178285380031
15. Kuzikova IL, Medvedeva NG, Sukharevich VI. Influence of fungicides and surfactants on phospholipase activity of biodestructive fungi. Mycology and Phytopathology. 2010;44(5):441-447. (In Russian).
16. Vasilova LYa, Khidiyatova AA, Borisenkov AG. Screening of microorganisms – producers of amylase. Bashkir Chemical Journal. 2018;25(4):30-33. (In Russian).

Информация о соавторах:

Лисовская Светлана Анатольевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры микробиологии им. акад. В.М.Аристовского ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; ведущий научный сотрудник лаборатории микологии ФБУН «Казанский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора
ORCID: 0000-0002-4377-2567

Исаева Гузель Шавхатовна, доктор медицинских наук, заведующий 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
ORCID: 0000-0002-1462-8734

Information about co-authors:

Svetlana A. Lisovskaya, PhD, MD, Associate Professor of the Academician V.M.Aristovsky Department of Microbiology, Kazan State Medical University of the Ministry of Health of Russia; Leading Researcher of Mycology laboratory, Kazan Research Institute of Epidemiology and Microbiology of the Rospotrebnadzor
ORCID: 0000-0002-4377-2567

Guzel Sh. Isaeva, MD, PhD, DSc, Head of the Academician V.M.Aristovsky Department of Microbiology, Kazan State Medical University of the Ministry of Health of Russia; deputy Director for Innovative Development, Kazan Research Institute of Epidemiology and Microbiology of the Rospotrebnadzor
ORCID: 0000-0002-1462-8734