

Биологические свойства сапрофитных видов грибов, распространенных на территории Республики Казахстан (на примере изолята *Alternaria alternata*)

Кухар Е.В.¹, (✉) Глотова Т.И.², Байлина Г.Е.¹, Несипбаева А.Е.¹

¹Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина
Астана, Республика Казахстан

²Сибирский федеральный научный центр агробихотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉) e-mail: t-glотова@mail.ru

В последнее десятилетие многие ученые отмечают значительное увеличение у домашних и сельскохозяйственных животных различных патологий, вызванных сапрофитными видами грибов. Клинически они проявляются в виде локальных поражений кожи и шерсти либо системных поражений внутренних органов. Грибы рода *Alternaria* чаще всего ассоциируют с патологиями растений, однако в научной литературе описаны случаи заболеваний, вызванных представителями данного рода, и у животных. Целями работы являлись выделение на специальных питательных средах гриба *A. alternata*, изучение его культурально-морфологических и биологических свойств. Для этого были отобраны пробы биологического материала от лошади с клиническими признаками поражения кожи. Молекулярно-генетические исследования, видовая идентификация и определение биологических свойств выделенной культуры проведены с помощью утвержденных методических рекомендаций и определителей патогенных и условно-патогенных грибов. Изучены культурально-морфологические (фенотипические), кератинолитические, биохимические и молекулярно-генетические свойства оппортунистического вида микроскопического гриба *A. alternata*. Выделенный изолят, получивший номер 15.23.7.1Н, формировал зеленовато-коричневого цвета воздушный и разных оттенков черного цвета субстратный мицелий. Его микроструктуры были представлены кофейно-коричневым мицелием и конидиями. Биохимические свойства характеризовались способностью усваивать маннит и мочевины, слабо усваивать глюкозу, невозможностью расщеплять сахарозу, мальтозу, лактозу, казеин, желатин и пептон. Исследуемый образец обладал выраженной β-гемолитической и кератинолитической активностью. Молекулярно-генетические исследования установили идентичность нуклеотидных последовательностей изолята 15.23.7.1Н *A. alternata* с опубликованными в GenBank последовательностями штаммов. Нуклеотидные последовательности выделенного изолята депонированы в базу данных GenBank под номером PV793443.1.

Ключевые слова: оппортунистические грибы, *Alternaria alternata*, биологические свойства, дерматомицеты, фенотипические свойства, воздушный и субстратный мицелий, конидии

Biological properties of saprophytic fungi species common in the Republic of Kazakhstan (using the *Alternaria alternata* isolate as an example)

Kukhar E.V.¹, (✉) Glotova T.I.², Baylina G.E.¹, Nesipbaeva A.E.¹

¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University
Astana, Republic of Kazakhstan

²Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

(✉) e-mail: t-glотова@mail.ru

In the last decade, many researchers have noted a significant increase in various pathologies in domestic and farm animals caused by saprophytic fungal species. Clinically, they manifest themselves as local lesions of the skin and coat, or are accompanied by systemic lesions of the internal organs of animals. Fungi of the genus *Alternaria* are most often associated with plant pathologies, although cases of animal diseases caused by the representatives of this genus have been described in the scientific

literature. The purpose of the work was to isolate the fungus *A. alternata* on special nutrient media, to study its cultural, morphological and biological properties. For this purpose, samples of biological material were taken from a horse with clinical signs of skin damage. Molecular genetic studies, species identification and determination of the biological properties of the isolated culture were carried out using approved methodological recommendations and determinants of pathogenic and conditionally pathogenic fungi. The cultural, morphological (phenotypic), keratinolytic, biochemical, and molecular genetic properties of an opportunistic species of the microscopic fungus *A. alternata* have been studied. The isolate was assigned the number 15.23.7.1H; it formed a greenish-brown airy and various shades of black substrate mycelium. Its microstructures were represented by coffee-brown mycelium and conidia. Biochemical properties were characterized by the ability to absorb mannitol and urea, poor absorption of glucose, and the inability to break down sucrose, maltose, lactose, casein, gelatin, and peptone. It had pronounced β -hemolytic and keratinolytic activity. Molecular genetic studies have established the identity of the nucleotide sequences of isolate 15.23.7.1H of *A. alternata* with the strain sequences published in GenBank. Its nucleotide sequences are deposited in the GenBank database under the number PV793443.1.

Keywords: opportunistic fungi, *Alternaria alternata*, biological properties, dermatomycetes, phenotypic properties, aerial and substrate mycelium, conidia

Для цитирования: Кухар Е.В., Глотова Т.И., Байлина Г.Е., Несипбаева А.Е. Биологические свойства сапрофитных видов грибов, распространенных на территории Республики Казахстан (на примере изолята *Alternaria alternata*) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2025. Т. 55. № 10. С. 59–69. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-10-7>

For citation: Kukhar E.V., Glotova T.I., Baylina G.E., Nesipbaeva A.E. Biological properties of saprophytic fungi species common in the Republic of Kazakhstan (using the *Alternaria alternata* isolate as an example). *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2025, vol. 55, no. 10, pp. 59–69. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-10-7>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Исследование профинансировано в рамках гранта Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан № AP23489001 «Генетический мониторинг и анализ патогенности новых возбудителей оппортунистических микозов сельскохозяйственных животных в Казахстане» (2024–2026 гг.).

Авторы благодарят лабораторию биоразнообразия и генетических ресурсов ТОО «Национальный центр биотехнологии» Министерства здравоохранения Республики Казахстан в лице ее заведующего В.С. Киян, научных сотрудников Р.С. Уахит и К.Т. Джазиной за проведение молекулярно-генетических исследований и интерпретацию результатов.

Acknowledgements

The study was funded by the grant of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan No. AR23489001 "Genetic monitoring and analysis of the pathogenicity of new pathogens of opportunistic mycoses of farm animals in Kazakhstan" (2024–2026).

The authors thank the Laboratory of Biodiversity and Genetic Resources of the National Center for Biotechnology of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, represented by its head V.S. Kiyan and the research associates R.S. Uakhit and K.T. Dzha-zina for conducting molecular genetic studies and interpreting the results.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы среди животных наблюдается рост числа заболеваний, вызываемых сапрофитными видами грибов [1], что может быть обусловлено изменениями окружающей среды [2]. Различные виды грибов родов *Alternaria*, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Aspergillus* и *Penicillium* могут присутство-

вать на кожном покрове животных без клинических проявлений¹, а также вызывать дерматомикозы [3–6].

Хотя представители рода *Alternaria* более известны как возбудители альтернариоза растений [7, 8], они опасны также для теплокровных животных и человека, являясь аллергенами, передающимися по воздуху [9, 10]. Описаны случаи выделения данных

¹Moriello K.A., de Boer D.J. Fungal flora of the coat of pet cats // *American Journal of Veterinary Research*. 1991. Vol. 52. P. 602–606.

грибов от кошек, собак и лошадей. У кошек инфекция в основном проявлялась в виде медленно растущих безболезненных узелков в области носа, реже – на других частях тела [9, 11, 12]. У собак заболевание сопровождалось гнойно-язвенными поражениями со струпьями и эритемой на различных участках тела [13–15]. У лошадей заболевание чаще протекало в виде узелкового дерматита, феогифомикоза или дерматомикоза [16–19]. Описаны случаи альтерналиоза у белохвостого оленя^{2, 3}.

У животных представители рода *Alternaria* могут вызывать поражения как в моноварианте, так и в ассоциации с другими видами оппортунистических грибов (см. сноску 2) [16, 19].

Установлено, что патогенные виды грибов выделяют ферменты, способствующие повреждению целостности кожи и снижению ее защитных свойств, а также их проникновению в различные слои эпидермиса. Грибы рода *Alternaria* кроме сахаро- и протеолитических ферментов продуцируют токсины, обладающие цитотоксическим и тератогенным действием, блокируют синтез сфинголипидов путем ингибирования фермента, ограничивающего скорость синтеза церамидсинтазы [20], что также способствует повреждению целостности кожи. К факторам вирулентности грибов относят их способность прикрепляться к тканям хозяина и вырабатывать ферменты, вызывающие повреждение тканей. Патогенные грибы продуцируют каталазу и маннитол, которые защищают их от активных форм кислорода. Кроме того, они могут продуцировать меланин, защищающий их от действия ультрафиолетового излучения, повышенной температуры и активных форм кислорода [21].

Описано несколько видов грибов рода *Alternaria*, которые могут вызывать за-

болевания у животных: *A. infectoria* [17], *A. infectoriae* (см. сноску 2) [15], *A. tenuis* [16], *A. alternata* (см. сноску 3) [17, 19]. Установлено, что больные альтерналиозом особи могут являться источником инфекции для других животных и человека, способствовать распространению спор гриба в окружающую среду [10].

В связи с этим актуальными задачами являются получение изолятов грибов рода *Alternaria* spp. от больных животных и изучение их биологических свойств для обеспечения контроля за распространением данных условно-патогенных микроорганизмов.

Цель работы – изучение биологических свойств изолята *A. alternata*, выделенного в центральном регионе Республики Казахстан от лошади с клиническими признаками поражения кожи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Микологические исследования проводили в лаборатории микробиологии НАО «Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина», генотипирование – в лаборатории биоразнообразия и генетических ресурсов ТОО «Национальный центр биотехнологии» Министерства здравоохранения Республики Казахстан.

Исследование микроморфологии изолята проводили на микроскопе Zeiss Axio Scope A1 (Carl Zeiss, Германия) при $\times 40$ и $\times 100$. Наличие кератинолитической активности определяли в тесте на перфорацию волоса, чувствительность к противогрибковым препаратам – по методике CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute)^{4, 5}.

Для изучения биохимических свойств полученного изолята использовали среды Гисса с глюкозой, лактозой, маннозой, маннитом и сахарозой (сахаролитическая активность), а также среду Кристенсена с 40%-й моче-

²Salkin I.F., Stone W.B. Subcutaneous mycotic infection of a white-tailed deer // Journal of Wildlife Diseases. 1974. Vol. 10 (1). P. 34–38.

³Salkin I.F., Gordon M.A., Stone W.B. Dual infection of a white-tailed deer by *Dermatophilus congolensis* and *Alternaria alternata* // Journal of the American Veterinary Medical Association. 1975. Vol. 167 (7). P. 571–573.

⁴Reference method for broth dilution antimicrobial susceptibility testing of filamentous fungi. Wayne: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2008.

⁵Wayne P. Method for Antifungal Disk Diffusion Susceptibility Testing of Yeast Approved Guideline CLSI document M44-A2. Second Ed. Wayne: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2009.

виной (уреазная активность). Для определения гемолитической активности применялся мясо-пептонный агар.

При выделении геномной ДНК использовали 5-суточную культуру микромицета. Для этого фрагмент колонии отделяли от субстрата, переносили в ступку, добавляли 300 мкл СТАВ (2% СТАВ, 1,4 М NaCl, 20 mM EDTA, 500 mM Tris-HCl, доводили объем смеси до 50 мл дистиллированной водой) и инкубировали с добавлением протеиназы К в течение 14–16 часов при 65 °С. ДНК выделяли стандартным фенольно-хлороформным методом [22].

Генотипирование проводили на амплификаторе Bio-Rad T100 (Bio-Rad, США), ПЦР – в общем реакционном объеме 25 мкл, содержащем 5 мкл буфера 5× (Promega, США), 1 мкл dNTP (20 mM), 1,5 мкл MgCl₂ (25 mM), 0,25 U (5 U/мкл) Taq ДНК-полимеразы, 2 мкл праймера (20 пмоль/мкл) и 2 мкл геномной ДНК (50 нг/мкл). Программа амплификации включала: начальную денатурацию при 95 °С в течение 3 мин, 35 циклов денатурации при 95 °С (15 с), отжиг при 59 °С (30 с), удлинение при 72 °С (45 с) и окончательный период продления при 72 °С (10 мин) в термоциклере SimpliAmp™ Thermal Cycler (Thermo Fisher Scientific, США). После амплификации продукты ПЦР подвергали электрофорезу в 1,5%-м агарозном геле, забуференном 0,5× TBE (4,5 mM Tris, 4,5 mM борной кислоты, 1 mM EDTA, pH = 8), окрашивали бромидом этидия с использованием праймеров ITS1 (5'-TCGGTAGGTGAACCTGCGG-3') и ITS4 (5'-CCTCCGCTTATTGATATGC-3')⁶.

Продукты ПЦР очищали ферментативными методами с использованием набора для энзиматической очистки. Затем определяли нуклеотидные последовательности путем секвенирования циклов, которое проводили с применением BigDye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems Thermo Fisher Scientific, США) согласно инструкции производителя, с последующим разделением фрагментов на автоматическом генетическом

секвенаторе IonTorrent (Applied Biosystems Thermo Fisher Scientific, США).

Депонирование нуклеотидных последовательностей проводили по алгоритму GenBank (NCBI). Для сравнительного анализа использовали последовательности других штаммов *A. alternata*, опубликованные в GenBank.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Клиническая картина поражения кожи у лошади была представлена плотными белыми очагами размером 1–2 см в диаметре с мучнистой шероховатой поверхностью (см. рис. 1).

В результате микологического исследования проб биоматериала, отобранных из участков поражения, изолировали грибы двух родов – *Chrysosporium* spp. [19] и *Alternaria* spp.



Рис. 1. Лошадь с множественными очагами поражения в области кожи головы

Fig. 1. A horse with multiple lesions on the scalp

⁶White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. PCR Protocols // A Guide to Methods and Applications. 1990. Vol. 38. P. 315–322.

Первичный рост грибов *Alternaria* spp. на агаре Сабуро был в виде колоний двух типов: пушистых серовато-коричневых с окрашиванием субстратного мицелия в черный цвет и беловато-светло-бежевых с субстратным мицелием желтовато-оранжевого цвета (см. рис. 2).

Для получения чистой культуры гриба рода *Alternaria* отбирали и пересевали характерные по культурально-морфологическим признакам и имеющие темную окраску колонии. При анализе обращали внимание на скорость роста, размер, цвет, форму, поверхность лицевой и обратной сторон колоний, пигментацию субстратного мицелия и характерных конидий.

В колониях чистой культуры гриба воздушный мицелий имел зеленовато-коричневую окраску, субстратный мицелий характеризовался различными оттенками черного цвета. В центре и по краю колонии отмечался рост молодого беловато-светло-коричневого мицелия (см. рис. 3).

При микроскопии полученного изолята выявлено наличие мицелия кофейно-коричневого цвета и конидий, характерных для *A. alternata* (см. рис. 4).

В дальнейшем было проведено исследование полученного изолята методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в электро-

форезном варианте (см. рис. 5). ДНК гриба выявляли на уровне 600 п.н.

В процессе секвенирования получены, затем проанализированы с помощью программного обеспечения BLAST с использованием базы данных NCBI нуклеотидные последовательности *A. alternata*. Изоляту присвоен номер 15.23.7.1Н, а его нуклеотидные последовательности депонированы в базу данных GenBank под номером PV793443.1.

Для подтверждения значения гриба *A. alternata* 15.23.7.1Н в этиологии поражений кожи у лошади изучили его биологические свойства. Установлено, что он хорошо усваивает маннит, плохо усваивает глюкозу, отлично усваивает мочевины, не расщепляет сахарозу, мальтозу, лактозу, казеин, желатин и пептон, лизирует гемоглобин. Также выявлена выраженная β -гемолитическая активность (см. рис. 6).

При культивировании изолята на декстрозном агаре Сабуро и агаре Сабуро, обогащенном кератином, обнаружена слабая выраженность кератинофильных свойств изолята. Тест на перфорацию волос был положительным и показал наличие обильного мицелия и спор с образованием в некоторых местах горизонтальных разрывов поверхностных слоев кутикулы (см. рис. 7).

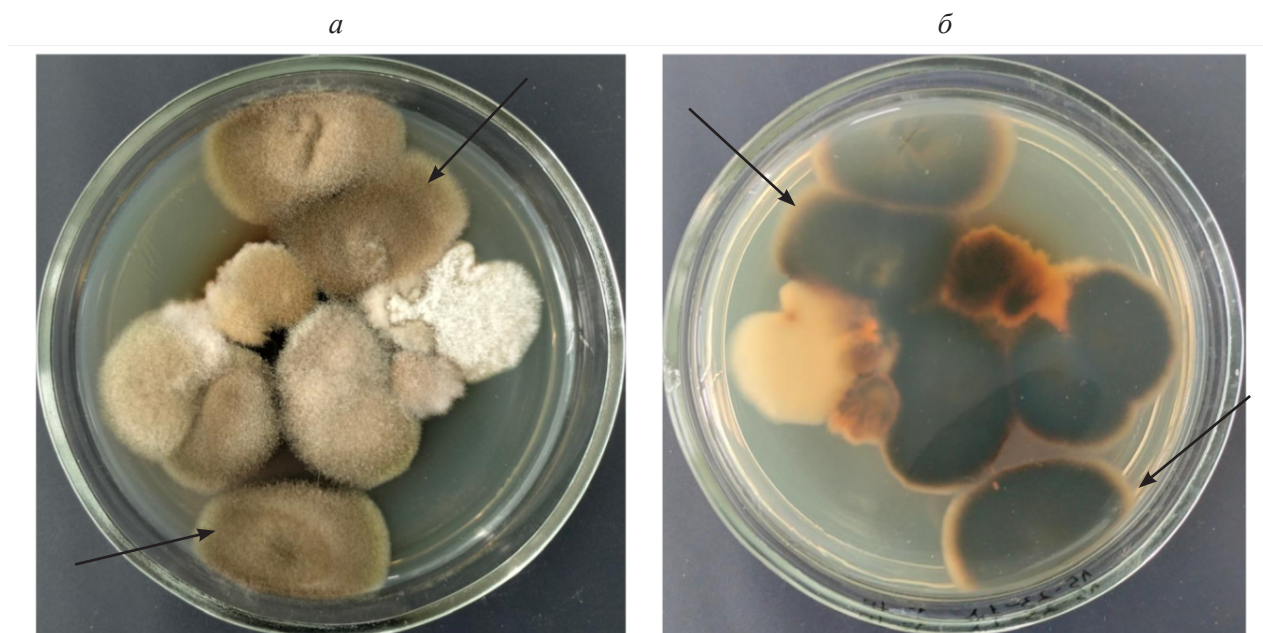


Рис. 2. Первичные культуры, выделенные из пробы биоматериала: а – лицевая сторона; б – обратная сторона колоний

Fig. 2. Primary cultures isolated from a sample of biomaterial: а – front side; б – reverse side of colonies

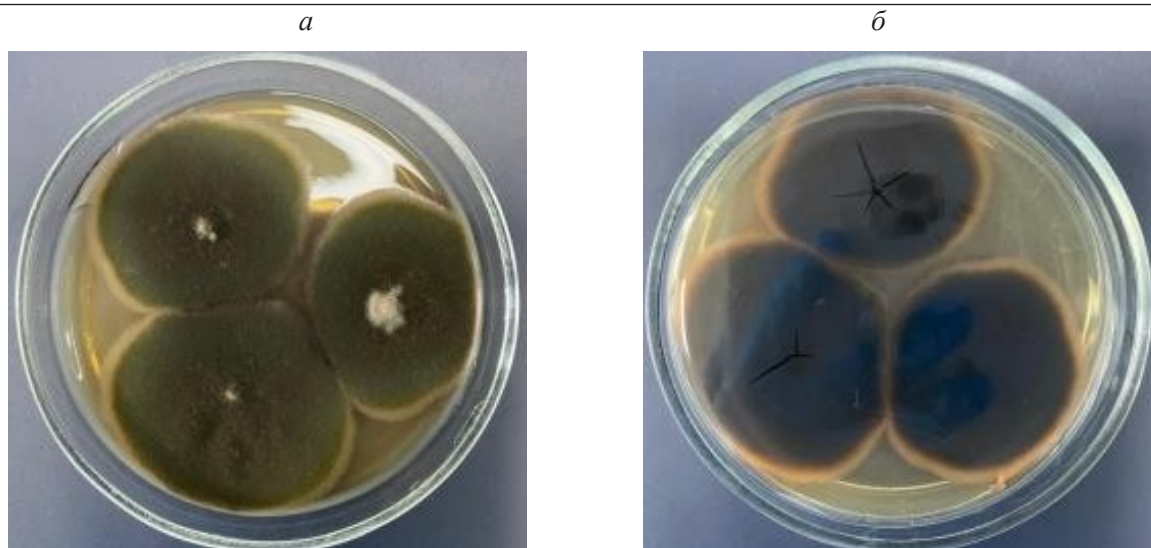


Рис. 3. Колонии чистой культуры гриба *A. alternata* (15-е сутки):
a – лицевая сторона; *б* – обратная сторона колоний

Fig. 3. Colonies of pure culture of the fungus *A. alternata* (day 15):
a – front side; *б* – reverse side of colonies

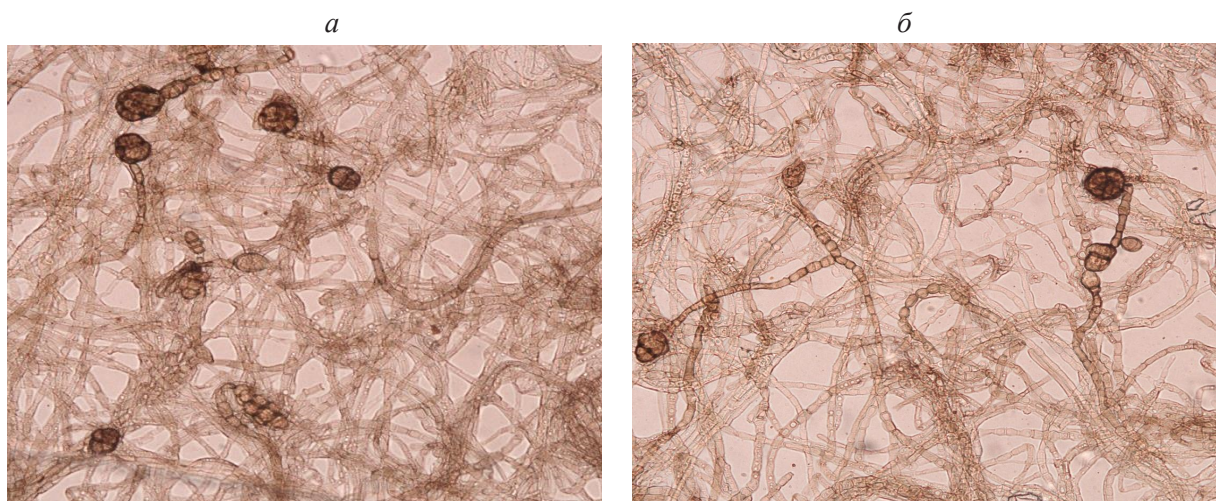


Рис. 4. Микроморфология изолята *A. alternata*. Увел. 40:
a – конидии; *б* – мицелий

Fig. 4. Micromorphology of the *A. alternata* isolate. Magnified by 40:
a – conidia; *б* – mycelium

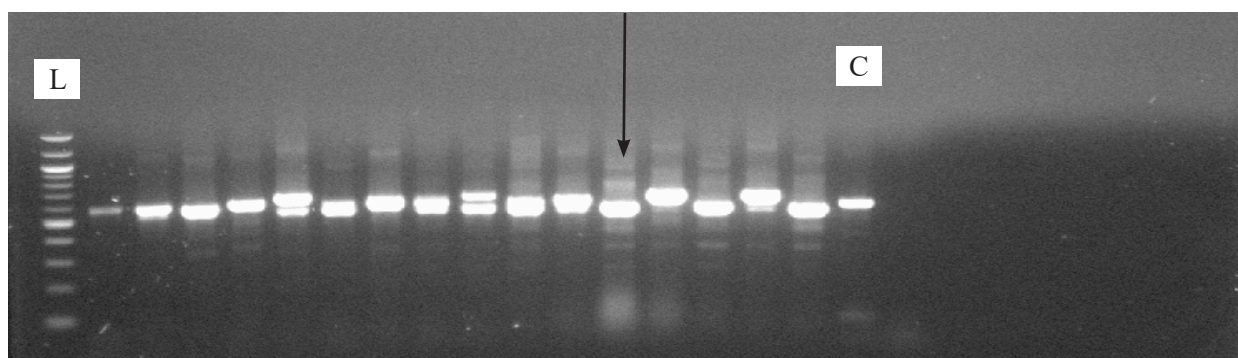


Рис. 5. Результаты ПЦР. Полоса, указанная стрелкой – *A. alternata*, L – молекулярный маркер,
C – протеиназа К, остальные полосы – другие положительные образцы

Fig. 5. PCR results. The band indicated by the arrow is *A. alternata*, L is a molecular marker,
C is proteinase K, the remaining bands are other positive samples

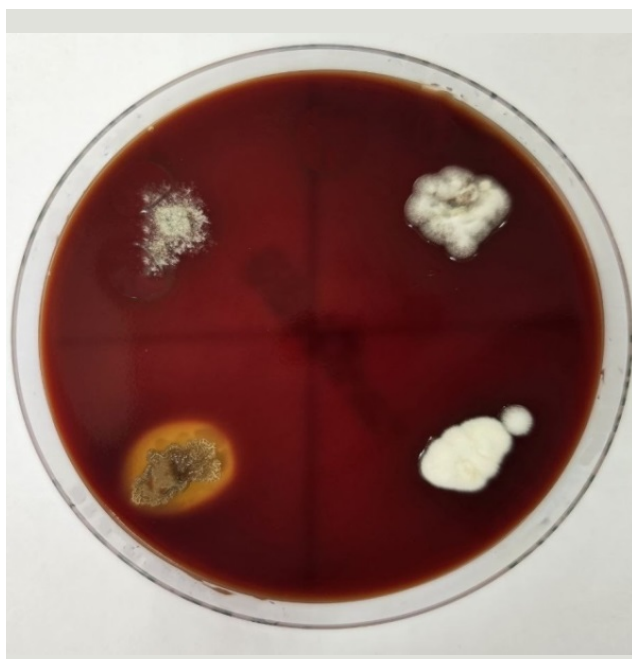


Рис. 6. Рост *A. alternata* на мясо-пептонном агаре с проявлением β -гемолитиза

Fig. 6. Growth of *A. alternata* on blood meat-peptone agar with manifestation of β -hemolysis

Под воздействием гриба произошло видимое расплавление и истончение волоса (см. рис. 7, б), образование «кольшчиков» (см. рис. 7, в–д). Кроме того, наблюдали обильное неравномерное накопление мицелия и образование характерных конидий (см. рис. 7, е, ж), а также формирование мицелиальных пузырей разных размеров и формы под кутикулой и на поверхности волоса (см. рис. 7, з).

Анализ чувствительности *A. alternata* к противогрибковым препаратам выявил его устойчивость к амфотерицину и флуконазолу, выраженную чувствительность к кетоконазолу, слабую чувствительность к клотримазолу и нистатину.

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что грибы рода *Alternaria* могут являться возбудителями системного, подкожного или поверхностного микоза кожи и риносинусита у разных видов животных. Чаще всего описывают клинические признаки феогифомикоза^{7,8} [18] и дерматита [14, 15]

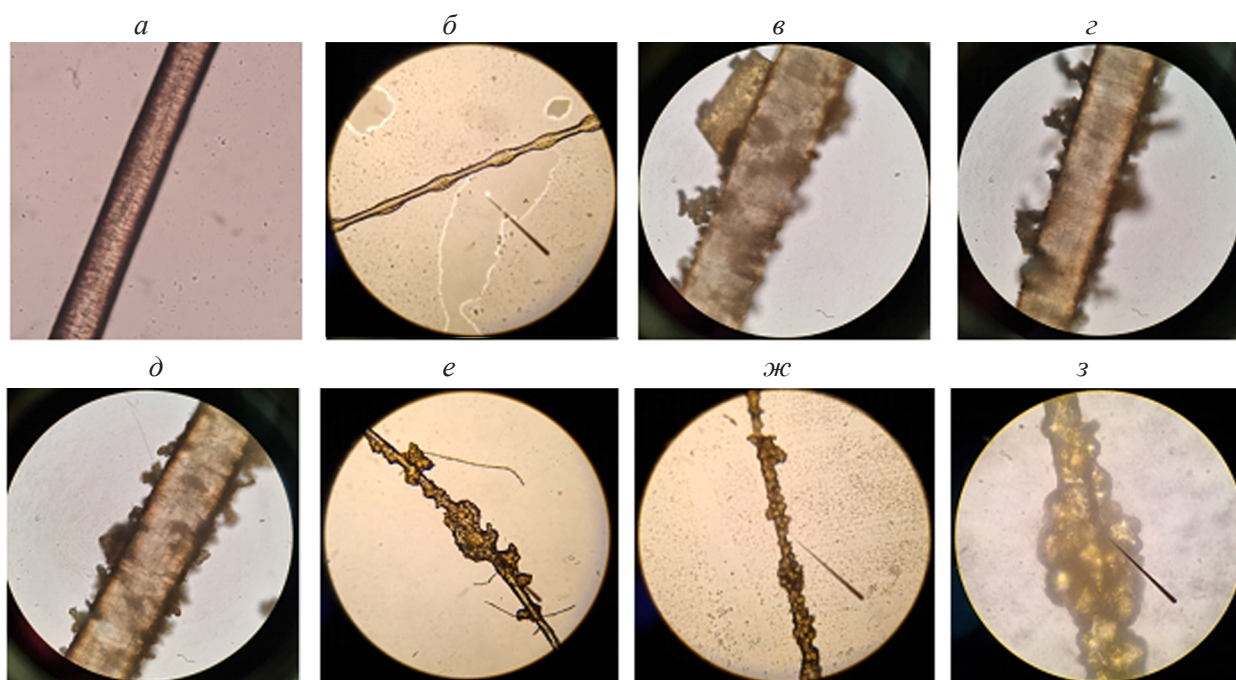


Рис. 7. Кератинолитические и кератинофильные свойства штамма *A. alternata*:

а – контроль; б–ж – увел. 40; з – увел. 100

Fig. 7. Keratinolytic and keratinophilic properties of *A. alternata* strain:

а – control; б–ж – magnified by 40; з – magnified by 100

⁷Roosje P.J., de Hoog G.S., Koeman J.P., Willemsse T. Phaeohyphomycosis in a cat caused by *Alternaria infectoria* E.G. Simons // Mycoses. 1993. Vol. 36 (11-12). P. 451–454.

⁸Dhein C.R., Leathers C.W., Padhye A.A., Ajello L. Phaeohyphomycosis caused by *Alternaria alternata* in a cat // Journal of the American Veterinary Medical Association. 1998. Vol. 193 (9). P. 1101–1103.

у домашних животных (кошек, собак) и лошадей. Заболевания обычно регистрируют у пациентов с иммуносупрессией, в некоторых случаях в форме системного микоза и диссеминированной инфекции [6, 10, 15, 16].

Скорее всего, возможность грибов *Alternaria* spp. вызывать различную патологию является следствием их выраженной биологической активности, в том числе высокой ферментативной активности, что и обуславливает наличие у них патогенных свойств. Причиной поражения кожи *Alternaria* spp. могут быть продуцируемые грибами микотоксины, которые через сложный путь ингибирования ферментов могут нарушать целостность эпителия.

Анализ активности сахаролитических ферментов *A. alternata* указывает на отсутствие дисахаридаз, расщепляющих сахарозу, мальтозу, лактозу на моносахариды, так как на средах Гисса не наблюдали изменений, свидетельствующих об их расщеплении. Отмечено слабое разложение глюкозы, связанное с активностью фосфофруктокиназы в жизненно необходимых для грибной клетки реакциях гликолиза. Выявленное активное усвоение маннита, обусловленное активностью фермента маннитолазы, может свидетельствовать о патогенности *A. alternata*. Так, при проведении исследования R. Touaitia et al. [23] установлено, что распад маннита до кислоты, вызванный *Staphylococcus aureus*, связан с патогенностью данных бактерий.

Зафиксирован высокий уровень активности уреазы, что позволяет штамму расщеплять мочевины. Способность сапрофитных и условно-патогенных возбудителей микозов кожи расщеплять и усваивать мочевины свидетельствует об их приспособленности к обитанию и размножению на коже, а также о потенциальной возможности вызывать ее поражение.

Анализ протеолитической активности *A. alternata* свидетельствует о его гемолитической активности и способности усваивать кератин, вызывая поражение кожи (см. сноска 7, 8).

Как отмечалось ранее, нами выявлено наличие кератинофильных и кератинолитических свойств у *A. alternata*. В тесте на пер-

форацию волос установлена его способность лизировать кератин, что свидетельствует об активности кератиназы, ее способности расщеплять и усваивать кератин волоса. Наши данные совпадают с данными других авторов (см. сноску 8) [23].

Полученные нами результаты свидетельствуют о наличии выраженной биологической активности у исследованного изолята *A. alternata* 15.23.7.1Н. По мнению ряда ученых, роль оппортунистических грибов в развитии тяжелых заболеваний у человека и животных часто недооценивают [24–26]. Они считают, что усиление любой ферментативной активности способствует приспособлению гриба к выживанию в условиях хозяина и проявлению его патогенных свойств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что изолят *A. alternata* 15.23.7.1Н, полученный от лошади с клиническими признаками поражения кожи, обладает выраженной биологической активностью, в том числе патогенными свойствами, и является этиологической причиной заболевания.

Он устойчив к амфотерицину и флуконазолу, обладает слабой чувствительностью к нистатину и клотримазолу, выраженной чувствительностью к кетоконазолу.

Таким образом, при проведении диагностики поражений кожи у животных необходимо учитывать возможную этиологическую роль гриба *A. alternata* в развитии данной патологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cafarchia C., Figueredo L.A., Otranto D. Fungal diseases of horses // *Veterinary Microbiology*. 2013. Vol. 167. P. 215–234. DOI: 10.1016/j.vetmic.2013.01.015.
2. Fisher M.C., Henk D.A., Briggs C.J., Brownstein J.S., Madoff L.C., Mc Craw S.L., Gurr S.J. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health // *Nature*. 2012. Vol. 484. P. 186–194.
3. Brás S., Sabino R., Laureano A., Simões H., Fernandes C., Marques-Pinto G., Cardoso J., Verissimo C. Cutaneous infection by different *Alter-*

- naria* species in a liver transplant recipient // Medical Mycology Case Reports. 2015. Vol. 8. P. 1–4. DOI: 10.1016/j.mmcr.2015.01.004.
4. *Nichita I., Marcu A.* The fungal microbiota isolated from cats and dogs // Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies. 2010. Vol. 43. P. 411–414.
 5. *Paixao G.C., Sidrim J.J.C., Campos G.M.M., Brilhante R.S.N., Rocha M.F.G.* Dermatophytes and saprobe fungi isolated from dogs and cats in the city of Fortaleza, Brazil // Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia. 2001. Vol. 53. P. 568–573. DOI: 10.1590/S0102-09352001000500010.
 6. *Soomra I.H., Shar A.H., Soomra F.M.* Fungal biota of the domestic animals in a city in Pakistan // Pakistan Journal of Medical Sciences. 2010. Vol. 26. P. 964–967.
 7. *De Mers M.* *Alternaria alternata* as endophyte and pathogen // Microbiology. 2022. Vol. 168 (3). P. 001153. DOI: 10.1099/mic.0.001153.
 8. *Turzhanova A., Khapilina O.N., Tumenbayeva A., Shevtsov V., Raiser O., Kalendar R.* Genetic diversity of *Alternaria* species associated with black point in wheat grains // Peer Journal. 2020. Vol. 3. P. e9097. DOI: 10.7717/peerj.9097.
 9. *Fernandes C., Casadevall A., Gonçalves T.* Mechanisms of *Alternaria* pathogenesis in animals and plants // FEMS Microbiology Reviews. 2023. Vol. 47 (6). P. fuad061. DOI: 10.1093/femsre/fuad061.
 10. *Raza H., Khan R.U., Anwar K., Muhammad K.* Visceral phaeohyphomycosis caused by *Alternaria alternata* offering a diagnostic as well as a therapeutic challenge // Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation. 2015. Vol. 26 (2). P. 339–343. DOI: 10.4103/1319-2442.152503.
 11. *Mc Kay J.S., Cox C.L., Foster A.P.* Cutaneous alternariosis in a cat // Journal Small Animals Practice. 2001. Vol. 42 (2). P. 75–78. DOI: 10.1111/j.1748-5827.2001.tb01996.x.
 12. *Dye C., Johnson E.M., Gruffydd-Jones T.J.* *Alternaria* species infection in nine domestic cats // Journal Feline Medicine Surgery. 2009. Vol. 11 (4). P. 332–336. DOI: 10.1016/j.jfms.2008.07.005.
 13. *Dedola C., Stuart A.P., Ridyard A.E., Else R.W., van den Broek A.H., Choi J.S., de Hoog G.S., Thoday K.L.* Cutaneous *Alternaria infectoria* infection in a dog in association with therapeutic immunosuppression for the management of immune-mediated haemolytic anaemia // Veterinary Dermatology. 2010. Vol. 21. P. 626–634. DOI: 10.1111/j.1365-3164.2009.00875.x.
 14. *Stojanov I.M., Jaksic S.M., Prodanov J.Z.* Presence and importance of saprophyte fungal organisms on dog skin // Zbornik Matice srpske za prirodne nauke. 2007. Vol. 113. P. 261–265. DOI: 10.2298/ZMSPN0713261S.
 15. *Rajkumar S.S., Rajamanickam S.M.* Opportunistic fungi as etiologic agents of dermatitis – a case of *Alternaria* fungal infestation in canines // International Journal of Livestock Research. 2015. Vol. 5. P. 24–28. DOI: 10.5455/ijlr.20150421114244.
 16. *Dicken M., Munday J.S., Archer R.M., Mayhew I.G., Pandey S.K.* Cutaneous fungal granulomas due to *Alternaria* spp. infection in a horse in New Zealand // New Zealand Veterinary Journal. 2010. Vol. 58 (6). P. 319–320. DOI: 10.1080/00480169.2010.69765.
 17. *Genovese L.M., Whitbread T.J., Campbell C.K.* Cutaneous nodular phaeohyphomycosis in five horses associated with *Alternaria alternata* infection // Veterinary Record. 2001. Vol. 148 (2). P. 55–66. DOI: 10.1136/vr.148.2.55.
 18. *González-Medina S., Dukes J., Rasotto R., Szekely A., Borman A.M.* Facial cutaneous phaeohyphomycosis associated with *Alternaria infectoriae* infection // Equine Veterinary Education. 2017. Vol. 31 (1). P. 13–18. DOI: 10.1111/eve.12761.
 19. *Kukhar Y., Bailina G., Smagulova A., Uakhit R., Kiyani V.* Characteristics of *Chrysosporium* spp. Pathogens Causing Skin Mycoses in Horses // Journal of Fungi. 2025. Vol. 11 (4). P. 297. DOI: 10.3390/jof11040297.
 20. *Seyedmousavi S., Guillot J., de Hoog G.S.* Phaeohyphomycoses, emerging opportunistic diseases in animals // Clinical Microbiology Reviews. 2013. Vol. 26. P. 19–35.
 21. *Iyalla C.* A review of the virulence factors of pathogenic fungi // Journal of Clinical and Experimental Microbiology. 2017. Vol. 18 (1). P. 53–58. DOI: 10.4314/ajcem.v18i1.8.
 22. *Кухар Е.В., Шарупова А.М., Шевцов А.Б.* Подбор метода выделения ДНК из дерматомицетов и других микромицетов // Проблемы медицинской микологии. 2013. Т. 15. № 2. С. 95.
 23. *Touaitia R., Mairi A., Ibrahim N.A., Basher N.S., Idres T., Touati A.* *Staphylococcus aureus*: a Review of the Pathogenesis and Virulence Mechanisms // Antibiotics. 2025. Vol. 14 (5). P. 470. DOI: 10.3390/antibiotics14050470.
 24. *Brunke S., Mogavero S., Kasper L., Hube B.* Virulence factors in fungal pathogens of man //

- Current Opinion in Microbiology. 2016. Vol. 32. P. 89–95. DOI: 10.1016/j.mib.2016.05.010.
25. De Mers M. *Alternaria alternata* as endophyte and pathogen // Microbiology. 2022. Vol. 168 (3). P. 001153. DOI: 10.1099/mic.0.001153.
26. Lockhart S.R., Gary J.M. Is This Zebra Really a Zebra? The Challenge of Diagnosing Rare Fungal Infections in Veterinary Pathology // Veterinary Pathology. 2019. Vol. 56 (4). P. 510–511. DOI: 10.1177/0300985819843684.
- ## REFERENCES
1. Cafarchia C., Figueredo L.A., Otranto D. Fungal diseases of horses. *Veterinary Microbiology*, 2013, vol. 167, pp. 215–234. DOI: 10.1016/j.vetmic.2013.01.015.
 2. Fisher M.C., Henk D.A., Briggs C.J., Brownstein J.S., Madoff L.C., Mc Craw S.L., Gurr S.J. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature*, 2012, vol. 484, pp. 186–194.
 3. Brás S., Sabino R., Laureano A., Simões H., Fernandes C., Marques-Pinto G., Cardoso J., Veríssimo C. Cutaneous infection by different *Alternaria* species in a liver transplant recipient. *Medical Mycology Case Reports*, 2015, vol. 8, pp. 1–4. DOI: 10.1016/j.mmcr.2015.01.004.
 4. Nichita I., Marcu A. The fungal microbiota isolated from cats and dogs. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, 2010, vol. 43, pp. 411–414.
 5. Paixao G.C., Sidrim J.J.C., Campos G.M.M., Brillhante R.S.N., Rocha M.F.G. Dermatophytes and saprobe fungi isolated from dogs and cats in the city of Fortaleza, Brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 2001, vol. 53, pp. 568–573. DOI: 10.1590/S0102-09352001000500010.
 6. Soomra I.H., Shar A.H., Soomra F.M. Fungal biota of the domestic animals in a city in Pakistan. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 2010, vol. 26, pp. 964–967.
 7. De Mers M. *Alternaria alternata* as endophyte and pathogen. *Microbiology*, 2022, vol. 168 (3), p. 001153. DOI: 10.1099/mic.0.001153.
 8. Turzhanova A., Khapilina O.N., Tumenbayeva A., Shevtsov V., Raiser O., Kalendar R. Genetic diversity of *Alternaria* species associated with black point in wheat grains. *Peer Journal*, 2020, vol. 3, p. e9097. DOI: 10.7717/peerj.9097.
 9. Fernandes C., Casadevall A., Gonçalves T. Mechanisms of *Alternaria* pathogenesis in animals and plants. *FEMS Microbiology Reviews*, 2023, vol. 47 (6), p. fuad061. DOI: 10.1093/femsre/fuad061.
 10. Raza H., Khan R.U., Anwar K., Muhammad K. Visceral phaeohyphomycosis caused by *Alternaria alternata* offering a diagnostic as well as a therapeutic challenge. *Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation*, 2015, vol. 26 (2), pp. 339–343. DOI: 10.4103/1319-2442.152503.
 11. Mc Kay J.S., Cox C.L., Foster A.P. Cutaneous alternariosis in a cat. *Journal Small Animals Practice*, 2001, vol. 42 (2), pp. 75–78. DOI: 10.1111/j.1748-5827.2001.tb01996.x.
 12. Dye C., Johnson E.M., Gruffydd-Jones T.J. *Alternaria* species infection in nine domestic cats. *Journal Feline Medicine Surgery*, 2009, vol. 11 (4), pp. 332–336. DOI: 10.1016/j.jfms.2008.07.005.
 13. Dedola C., Stuart A.P., Ridyard A.E., Else R.W., van den Broek A.H., Choi J.S., de Hoog G.S., Thoday K.L. Cutaneous *Alternaria* infection in a dog in association with therapeutic immunosuppression for the management of immune-mediated haemolytic anaemia. *Veterinary Dermatology*, 2010, vol. 21, pp. 626–634. DOI: 10.1111/j.1365-3164.2009.00875.x.
 14. Stojanov I.M., Jaksic S.M., Prodanov J.Z. Presence and importance of saprophyte fungal organisms on dog skin. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, 2007, vol. 113, pp. 261–265. DOI: 10.2298/ZMSPN0713261S.
 15. Rajkumar S.S., Rajamanickam S.M. Opportunistic fungi as etiologic agents of dermatitis – a case of *Alternaria* fungal infestation in canines. *International Journal of Livestock Research*, 2015, vol. 5, pp. 24–28. DOI: 10.5455/ijlr.20150421114244.
 16. Dicken M., Munday J.S., Archer R.M., Mayhew I.G., Pandey S.K. Cutaneous fungal granulomas due to *Alternaria* spp. infection in a horse in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 2010, vol. 58 (6), pp. 319–320. DOI: 10.1080/00480169.2010.69765.
 17. Genovese L.M., Whitbread T.J., Campbell C.K. Cutaneous nodular phaeohyphomycosis in five horses associated with *Alternaria alternata* infection. *Veterinary Record*, 2001, vol. 148 (2), pp. 55–66. DOI: 10.1136/vr.148.2.55.
 18. González-Medina S., Dukes J., Rasotto R., Szekely A., Borman A.M. Facial cutaneous phaeohyphomycosis associated with *Alternaria* infection. *Equine Veterinary Education*, 2017, vol. 31 (1), pp. 13–18. DOI: 10.1111/eve.12761.

19. Kukhar Y., Bailina G., Smagulova A., Uakhit R., Kiyani V. Characteristics of *Chrysosporium* spp. Pathogens Causing Skin Mycoses in Horses. *Journal of Fungi*, 2025, vol. 11 (4), p. 297. DOI: 10.3390/jof11040297.
20. Seyedmousavi S., Guillot J., de Hoog G.S. Phaeohyphomycoses, emerging opportunistic diseases in animals. *Clinical Microbiology Reviews*, 2013, vol. 26, pp. 19–35.
21. Iyalla C. A review of the virulence factors of pathogenic fungi. *Journal of Clinical and Experimental Microbiology*, 2017, vol. 18 (1), pp. 53–58. DOI: 10.4314/ajcem.v18i1.8.
22. Kukhar E.V., Sharipova A.M., Shevtsov A.B. Selection of a method for DNA isolation from dermatomycetes and other micromycetes. *Problemy meditsinskoj mikologii = Problems in medical mycology*, 2013, vol. 15, no. 2, p. 95. (In Russian).
23. Touaitia R., Mairi A., Ibrahim N.A., Basher N.S., Idres T., Touati A. Staphylococcus aureus: a Review of the Pathogenesis and Virulence Mechanisms. *Antibiotic*, 2025, vol. 14 (5), p. 470. DOI: 10.3390/antibiotics14050470.
24. Brunke S., Mogavero S., Kasper L., Hube B. Virulence factors in fungal pathogens of man. *Current Opinion in Microbiology*, 2016, vol. 32, pp. 89–95. DOI: 10.1016/j.mib.2016.05.010.
25. De Mers M. *Alternaria alternata* as endophyte and pathogen. *Microbiology*, 2022, vol. 168 (3), p. 001153. DOI: 10.1099/mic.0.001153.
26. Lockhart S.R., Gary J.M. Is This Zebra Really a Zebra? The Challenge of Diagnosing Rare Fungal Infections in Veterinary Pathology. *Veterinary Pathology*, 2019, vol. 56 (4), pp. 510–511. DOI: 10.1177/0300985819843684.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кухар Елена Владимировна, главный научный сотрудник, доктор биологических наук, профессор; SPIN-код 9341-8274

✉ **Глотова Татьяна Ивановна**, главный научный сотрудник, доктор биологических наук, профессор; SPIN-код 7488-5915; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: t-glotova@mail.ru

Байлина Гульшат Есимжановна, научный сотрудник, магистр технических наук

Несипбаева Азиза Ерлановна, младший научный сотрудник, магистр естественных наук

AUTHOR INFORMATION

Elena V. Kukhar, Head Researcher, Doctor of Science in Biology, Professor; SPIN-code 9341-8274

✉ **Tatyana I. Glotova**, Head Researcher, Doctor of Science in Biology, Professor; SPIN-code 7488-5915; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: t-glotova@mail.ru

Gulshat E. Baylina, Researcher, Master of Engineering Sciences

Aziza E. Nesipbaeva, Junior Researcher, Master of Natural Sciences

Дата поступления статьи / Received by the editors 16.07.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 19.08.2025
Дата публикации / Published 17.11.2025