

Е.В. Кухар

ЭКОЛОГИЯ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ, ПАТОГЕНОВ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА

В статье сделан анализ экологии патогенных грибов, вызывающих болезни кожи у людей и животных. Дан анализ распространенности грибов в зависимости от класса и типов питания микромицетов. Более подробно характеризованы дерматомицеты как паразиты человека и животных, приведены эпидемически значимые группы возбудителей, дана краткая характеристика дерматомикозов человека и животных. Сделан акцент на ферментативную активность дерматомицетов как фактор их патогенности, приведены результаты ферментативной активности штаммов, циркулирующих на территории Северного Казахстана, на основании собственных исследований.

Ключевые слова: микромицеты, дерматофиты, кератин, питательный субстрат, сахаролитическая, кератинолитическая и уреазная активность дерматомицетов.

Экология патогенных микроорганизмов не нашла достаточного освещения в научной литературе. В настоящее время знания по экологии микроорганизмов пополнились своеобразными научными фактами о механизмах выживания патогенов в абиотических и биотических объектах окружающей среды. Это дало новое объяснение теоретических положений эпизоотического процесса. К примеру, открытие механизма выживания патогенных микроорганизмов в водной среде перевернуло основные положения теории эпизоотического процесса о том, что организм животного является единственным источником возбудителя инфекции (Кисленко, 2016).

Грибы (лат. *Fungi* или *Mycota*) – царство живой природы, объединяющее эукариотические организмы, сочетающие в себе некоторые признаки как растений, так и животных. Для медицины и ветеринарии особое значение имеют микромицеты – микроскопические грибы, являющиеся источниками микозов и микотоксикозов.

Грибы появились у самых истоков жизни в древнейшей геологической эре – архейской, около миллиарда лет назад. В начале палеозойской эры, в кембрийский период (600 млн л. н.), грибы уже достаточно сформировались и существовали как сапрофиты на органических веществах и как паразиты растений и животных. Еще в III в. до н. э. о грибах как о своеобразных растениях упоминалось в трудах древнегреческого ученого Теофраста. В связи с развитием земледелия в Древнем Риме ученые стали уделять внимание и даже довольно подробно описывать эти болезни, которые часто вызывали массовые заболевания (эпифитии) сельскохозяйственных культур (Спесивцева, 1964).

Природным резервуаром грибов является почва. Почвенные грибы вызывают трансформацию сложных органических соединений: в качестве источника углерода могут использовать такие труднорастворимые вещества, как целлюлоза, крахмал, лигнин, пектиновые вещества, нефть, пестициды. Грибы активно участвуют в ферментативном гидролизе белков; разрушают мочевины благодаря наличию у них фермента уреазы, а также аспарагин под воздействием фермента аспарагиназы; вырабатывают антибиотики, обладающие противобактериальной активностью (Белюченко, 2016).

По способу питания все грибы делятся на сапрофитов, паразитов и грибы-симбионты.

Грибы-сапрофиты питаются мертвыми органическими веществами. Они играют важную роль в круговороте веществ в природе, минерализуя органические вещества, освобождают почву от мертвых остатков и одновременно пополняют в ней запасы минеральных солей.

Грибы-паразиты ведут паразитический образ жизни. Они поселяются на живых организмах и питаются за их счет. Например, спорынья паразитирует на злаках.

Грибы-симбионты участвуют в создании двух очень важных типов симбиотического союза: лишайники и микориза. Такой союз очень выгоден обоим партнерам. В результате гриб получает большое количество органических веществ и витаминов, а растительный компонент становится способным более эффективно поглощать питательные вещества из почвы (Горленко и др., 1985).

Согласно современной классификации грибы делят на семь классов:

1. Хитридиомицеты (*Chytridiomycetes*) – это микроскопические одноклеточные грибы с несколькими ядрами. Хитридиомицеты – обитатели водоемов и почвы – широко распространены в природе;

2. Оомицеты (*Oomycetes*) – это микроскопические одноклеточные грибы с волокнистым слоевищем без перегородок и с двухжгутиковыми спорами. Они ведут как сапротрофный, так и паразитический образ жизни в пресной воде или в почве;

3. Зигомицеты (*Zygomycetes*) имеют хорошо развитые гифы без перегородок и неподвижные споры. Живут, главным образом, как сапротрофы в почве и на поверхности земли и разлагают органическое вещество на простейшие неорганические элементы. Они играют большую роль в образовании гумуса (перегноя);

4. Эндомицеты (*Endomycetes*) – одноклеточные или многоклеточные микроскопические грибы, которые размножаются вегетативным способом. Они живут или как сапротрофы в почве, на остатках растений, в органах пищеварения и в помете животных или паразитируют на высших растениях;



Рис. 1. Разнообразие микромицетов
(<http://greenword.ru/2010/09/mycetozoa.html>)

5. Аскомицеты (*Ascomycetes*) имеют хорошо развитые гифы с перегородками. Живут или как сапротрофы на остатках растений или животных, или паразитируют на высших растениях;

6. Базидиомицеты (*Basidiomycetes*) имеют хорошо развитые гифы с перегородками; живут как сапротрофы и очень редко как паразиты;

7. Дейтеромицеты (*Deuteromycetes*) имеют разветвленные, многоядерные с перегородками гифы как у сумчатых или у базидиальных грибов. Большинство является паразитами (Гарибова, Лекомцева, 2005).

Микроскопические грибы представлены большим видовым разнообразием. Внешне грибы имеют разнообразные морфологические формы, иногда полностью отличающиеся от привычного вида микромицетов (рис. 1).

Пищеварение у грибов наружное – они выделяют гидролитические ферменты, расщепляющие сложные органические вещества, и всасывают продукты гидролиза всей поверхностью тела.

Известно, что около 2000 видов грибов способно паразитировать в организме животных и человека (Горленко, 1985). Грибы-паразиты поражают живые ткани растений, животных и человека, вызывая

различные заболевания, называемые микозами. По мнению (Пошон Ж. и Г. де Баржак, 1960) для человека патогенными являются не более 400 видов. Более 300 видов грибов или продукты их обмена могут вызывать различные аллергические реакции.

Дерматомицеты – кератинофильные плесневые грибы, паразитирующие на ороговевших субстратах, широко распространены во всем мире. Дерматомицеты – грибы, паразитирующие в организме человека и животных, вызывают микозы, протекающие с поражением кожи и ее придатков (дерматомикозы). Они поражают все виды домашних и большинство диких животных, встречаются у рыб и птиц, человека. Дерматомицеты в разной степени приспособлены к паразитизму и имеют разный круг хозяев. Наиболее специализированные из них вызывают заболевания только у человека (антропофильные грибы) или только у животных (зоофильные грибы). Среди людей и животных циркулируют возбудители дерматомикозов, являющиеся несовершенными грибами, относящимися к трем родам: *Trichophyton*, *Microsporium*, *Epidermophyton*. Среди дерматомицетов, поражающих животных, наибольшее эпидемиологическое значение имеют *Trichophyton verrucosum*, *T. mentagrophytes* и *Microsporium canis*, среди трихофитонов, вызывающих болезни у человека, – *Trichophyton rubrum* (Сергеев, Сергеев, 2008).

Очень распространены и опасны менее специализированные виды. Они могут поражать как человека, так и животных, при этом инфекция часто передается от домашних животных к человеку. Некоторые мало специализированные дерматомицеты могут длительное время обитать или сохраняться в почве (геофильные грибы), что повышает риск заражения.

Дерматофиты относят к группе грибов-космополитов, встречающихся во всех уголках земного шара и широко распространенных в природе. Однако некоторые редкие формы инфекций и отдельные возбудители встречаются почти исключительно в определенных географических зонах, чаще – в странах с жарким влажным климатом.

Выделяют следующие эпидемически значимые группы возбудителей:

– *геофильные дерматофиты* – обитают в почве. Заражение возможно после контакта чувствительного организма с инфицированной землей. Геофильными являются представители комплекса *M. gypseum-fulvum* (космополиты), а также более редкие *M. cookie* (космополиты), *M. nanum* (распространен в странах Карибского бассейна), *T. ajelloi* (Европа, Северная и Южная Америка, Океания), *T. simii* (космополит) и некоторые другие возбудители дерматофитии. Часто встречаются в почве или как сапрофит на шкуре и шерсти мелких животных *M. cookie* и *T. terrestre*. В почве геофильные виды разлагают кератинизированные животные остатки (перья, шерсть, когти и т. п.);

– антропофильные дерматофиты – паразиты человека, передача инфекционного агента происходит в результате контакта с больным. Наиболее распространены *T. rubrum*, *T. mentagrophytes* var. *interdigitale*, *T. violaceum*, *E. floccosum*, реже – *T. concentricum* (Сергеев, Сергеев, 2008);

– зоофильные дерматофиты – паразиты большинства домашних животных (кошек, собак, рогатого скота), являющихся источником заражения людей. Они имеют специфический аффинитет к кератину определенных животных, которые являются для них хозяевами: *M. canis* – собаки, кошки, крупный рогатый скот, овцы, свиньи, мелкие грызуны; *M. distortium* – собаки, кошки, лошади, обезьяны; *M. gallinae* – домашняя птица; *M. nanum* – свиньи; *M. persicolor* – кроты; *T. equinum* – лошади; *T. mentagrophytes* var. *erinacei* – мелкие грызуны, ежи; *T. mentagrophytes* var. *gypseum* – собаки, кошки, крупный рогатый скот, свиньи, лошади, крысы, обезьяны; *T. mentagrophytes* var. *mentagrophytes* – грызуны; *T. verrucosum* – собаки, кошки, крупный рогатый скот, свиньи, лошади. Зоофильные дерматофиты распространены повсеместно (Спесивцева, 1964).

Для питания дерматофитов необходимы азотистые и углеродсодержащие вещества: аминокислоты, соли азота, ди- и моносахара и т. д. Этим объясняется свойство многих патогенных грибов легко развиваться в организме человека и животных, где возбудитель находит среду, богатую источниками питательных веществ. Наличие в среде аминокислот, пептонов, аминов и белков стимулирует их развитие. В процессе расщепления белков интенсивность выделения NH_3 в результате дезаминирования аминокислот меняется в зависимости от способа дезаминирования, который в свою очередь определяется природой аминокислот. Многие виды грибов расщепляют мочевины, наличие уреазы у них было доказано К. Шибата в 1904 г. (Феофилова, 1983). Кроме того, многие грибы часто образуют и накапливают мочевины (у низших грибов – 14% веса).

Во всех средах, предназначенных для изучения грибов, органический углерод должен содержаться в концентрациях, превышающих концентрацию минеральных солей. Среди сахаров, служащих лучшим источником углерода, почти все представители почвенных грибов усваивают глюкозу, мальтозу и левулезу, а часто и другие углеводы. Следует отметить, что в отсутствие других источников углерода многие грибы способны усваивать углерод белков, аминокислот, амидов, жиров.

Потребление углеводов одними грибами сопровождается только образованием органических кислот, тогда как другие окисляют их до воды и углекислоты. В оптимальных условиях синтез клеточного содержимого грибов происходит значительно более эффективно, чем

у большинства бактерий. Так, грибы могут ассимилировать 30–50% углерода, содержащегося в питательных веществах, что зависит от содержания в среде углеводов и некоторых микроэлементов, в частности цинка.

Дерматомицеты обладают богатым набором ферментов, легко приспосабливаются к разнообразным источникам питания, могут развиваться на разнообразных субстратах растительного и животного происхождения. В связи с тем, что грибы данной группы поражают кожу, их еще называют дерматофиты, от латинского слова дерма (*derma*) – кожа. У патогенных грибов-дерматофитов, в отличие от остальных грибов-паразитов, основным субстратом является кожа, ногти, волосы человека и животных, т. к. присутствие кератина является необходимым условием их развития при паразитировании. Паразитированию грибов в поверхностных слоях кожи и ее придатках благоприятствует также имеющееся здесь большое количество кислорода и подходящая, более низкая по сравнению с внутренними органами, температура – 25–30°C (Марюхта, 1967). У человека и животных дерматомикозы могут протекать в виде фавуса, трихофитии и микроспории.

Трихофития (стригуший лишай, трихофитоз) характеризуется появлением на коже резко ограниченных безволосых очагов с шелушащейся отрубевидной поверхностью или воспалительной реакцией кожи и фолликулов, вызываемая грибами рода *Trichophyton* (Malmsten, 1845). У человека трихофития может протекать в виде поверхностной трихофитии гладкой кожи, поверхностной трихофитии волосистой части головы, глубокой трихофитии гладкой кожи, глубокой трихофитии волосистой части кожи, глубокой трихофитии области бороды, трихофитии ногтей (Сергеев, Сергеев, 2008).

У животных трихофития может протекать поверхностно, в виде глубокой или фолликулярной, стертой или атипичной формы. Среди зоофильных трихофитонов чаще выявляются *T. verrucosum*, который является основным возбудителем трихофитии крупного рогатого скота, вызывает заболевания овец, зебу, буйволов и других животных, а также зооантропонозную трихофитию человека (Спесивцева, 1964).

При *фавусе* поражается в основном волосистая часть головы, приблизительно в 20% случаев в процесс вовлекаются ногти, достаточно редко – гладкая кожа. В исключительных случаях возбудитель фавуса – *T. schonleinii* – может вызвать микоз области бороды и усов. *T. schonleinii* может вызывать онихомикозы в некоторых эндемических районах, чаще встречается у больных с микозами волосистой части головы. Фавус человека, вызванный *T. quinckeanum*, может быть причиной возникновения эндемичных очагов парши.

Руброфития (рубромикоз) – довольно часто встречающееся грибковое заболевание ладоней, подошвенной поверхности стоп и ногтей пальцев человека. В патологический процесс может вовлекаться также кожа голеней, ягодиц, живота, спины, лица, иногда он принимает весьма распространенный характер с поражением почти всего кожного покрова. Вызывается антропофильным грибом *T. rubrum*, который имеет эпидемическое значение, вызывает поражение кожи головы, бороды, тела, микозы ладоней, стоп, паховый микоз и поражение ногтей. При этом волосы *T. rubrum* поражает редко.

Микроспория – инфекционное грибковое заболевание, вызываемое грибами рода *Microsporum*, характеризующееся поражением кожи и ее придатков, сопровождающееся воспалительными явлениями, обламыванием и выпадением волос. В настоящее время известно более 25 видов гриба *Microsporum*, из которых в качестве патогенов выделяют следующие: геофильная группа (*M. gypseum*, *M. cookeii*, *Keratotrypomyces ajellonii*), антропофильная группа (*M. ferrugineum*, *M. audouinii*, *M. distortum*, *M. rivalieri*, *M. langeronii*), зоофильная группа (*M. canis*, *M. nanum*, *M. persicolor*).

Установлено, что *M. equinum Gruby* поражает лошадей, встречается в США, Европе, странах ближнего зарубежья (Казахстан, Россия, Киргизия и др.); *M. gypseum Bodin* – паразитирует у собак, телят, крыс, морских свинок; *M. canis Sabouraud* (син.: *M. lanosum*, *M. felineum*) – основной возбудитель микроспории кошек, собак, пушных зверей, обезьян, а также зооантропонозной микроспории человека; *M. audouinii Gruby* и *M. ferrugineum* – антропофильные дерматомицеты, вызывают микозы головы и тела; *M. fulvum*, *M. nanum* и *M. vanbreuseghemii* – геофильные дерматомицеты, поражают человека, вызывают редкие спорадические случаи микозов головы, бороды и тела человека.

Микроспорумы предпочитают кожу и волосы, изредка поражают ногти. По распространенности представитель микроспорумов – *M. canis*, занимает второе место после *T. rubrum*. У человека грибы рода *Microsporum* могут вызывать грибковые заболевания кожи туловища и конечностей за исключением крупных складок, кистей и стоп (микоз гладкой кожи), микоз волосистой части головы (в том числе, микоз области бороды). Антропофильные *Microsporum spp.* чаще вызывают микоз волосистой части головы у детей в возрасте от 6 до 10 лет. Зоофильные *Microsporum spp.*, источником которых обычно являются домашние кошки и собаки, также могут быть возбудителями инфекции у человека. У животных патогенные грибы *Microsporum spp.* в большом количестве находятся в пораженной шерсти, кожных чешуйках, когтевых пластинах.

Эпидермофитии – группа заболеваний, вызываемых грибами рода *Epidermophyton*, поражающих только гладкую кожу и не проникающих в волосы. Вызывается грибом *Epidermophyton floccosum*. По распространенности и степени патогенности *E. floccosum* может занимать второе место наряду с *M. canis*, *T. mentagrophytes* и *T. tonsurans*. Также *E. floccosum* может быть возбудителем микоза гладкой кожи, микоза стоп и кистей, онихомикоза (Родионов, 2000).

Механизм питания грибов обусловлен их ферментативной активностью. Ферментативная активность патогенных грибов очень разнообразна, интенсивность ее широко варьирует как у различных грибов, так и у одного и того же гриба в разных условиях существования. Кроме того, они обладают очень мощными окисляющими и гликолитическими механизмами. У одних грибов более выражена протеолитическая активность, у других – сахаролитическая, а у некоторых – липолитическая. Одни грибы обладают обширным рядом ферментов и усваивают самые разнообразные углеводы, другие, наоборот, способны потреблять лишь очень ограниченный ряд азотистых веществ и углеводов. Различна и глубина разложения питательных субстратов грибами: одни из них разлагают белки лишь до аминокислот, другие – до аммиака и сероводорода. У дерматофитов выявлено большое количество ферментов, особо значимы среди них кератинолитические протеазы (кератиназа, эластаза), которые можно рассматривать как факторы вирулентности (Разнатовский и др., 2006).

Фавиформные культуры дерматофитов обладают сложным комплексом протеаз, активность которых у грибов *T. faviforme*, *T. violaceum* и *A. schöenleinii* наиболее ярко выражена при значениях pH 3 и 8,04, что отличает их от культур *M. ferrugineum*, максимум протеолитической активности которой находится при значении pH 5,06. Грибам *T. violaceum* свойственна наибольшая активность протеаз, а культурам *M. ferrugineum* – наименьшая. Степень расщепления белков дерматофитами различна и убывает в следующей последовательности: казеин > пептон > гемоглобин > желатин. Кроме протеолитической активности дерматомикозам характерно проявление уреазной и липазной активности, причем максимальная активность липазной активности проявляется на говяжьем жире (Марюхта, 1967).

Для выявления ферментативной активности в отношении углеводов проводились посевы на среды Гисса с глюкозой, лактозой, маннитом, сахарозой, мальтозой, среде Кристенсена с мочевиной. Результаты показали, что штаммы усваивают различные сахара и мочевину, но степень усвоения неодинакова (Жакупова, 2013).

Штамм *Trichophyton verrucosum* № 302 был выделен из очага поражения на коже теленка породы ангус. На медовой, кукурузной,

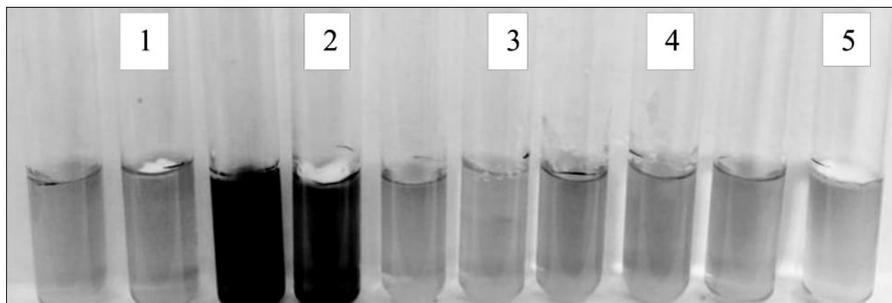


Рис. 2. Ферментативные свойства штамма *T. verrucosum* № 3 на среде Гисса: (1 – сахароза, 2 – глюкоза, 3 – манит, 4 – лактоза, 5 – мальтоза)

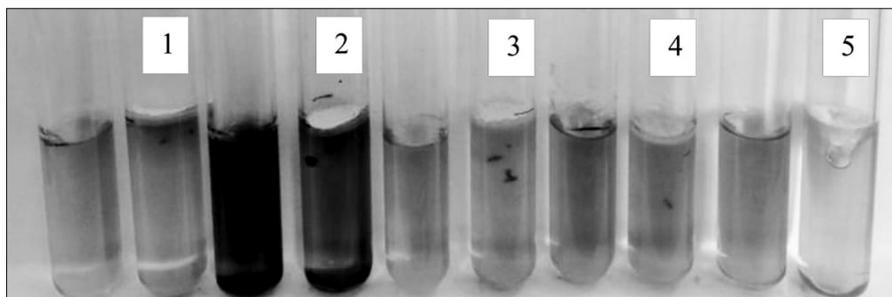


Рис. 3. Ферментативные свойства штамма *T. tonsurans* № 86 на среде Гисса (1 – сахароза, 2 – глюкоза, 3 – манит, 4 – лактоза, 5 – мальтоза)

картофельной среде колонии крупные белые, выражена пигментация, реверзум окрашен до ярко-желтого цвета. На медовой среде – до оранжево-коричневого оттенка. Ферментативная активность выражена в отношении всех сахаров (рис. 2–6).

Штамм *Microsporium canis* № 13 выделен из патологического материала с очага поражения на коже больной кошки из ветеринарной клиники «Зоосфера». На медовой, кукурузной, картофельной среде колонии пушистые, белые, выражена пигментация, реверзум окрашен от соломенно-желтого до желтого цвета. Ферментативная активность выражена в отношении всех сахаров, мочевины расщепляет слабо (рис. 2).

Геофильный штамм *M. gypseum* № 12 был выделен из патматериала от ошки, подозреваемой в заражении микроспорией плотоядных. Ферментирует сахарозу, мальтозу, глюкозу. Уреазная активность – ярко выражена.

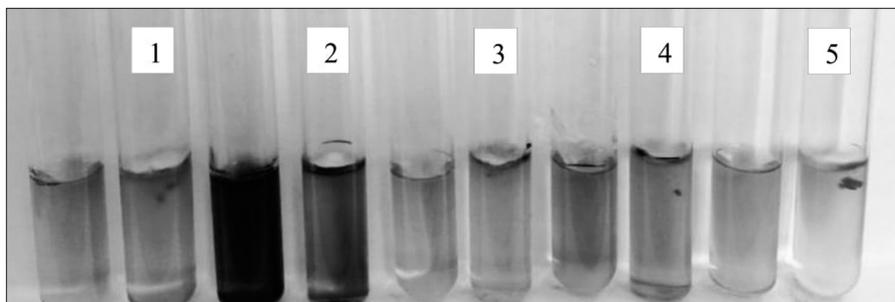


Рис. 4. Ферментативные свойства штамма *M. canis* № 376 на среде Гисса (1 – сахароза, 2 – глюкоза, 3 – маннит, 4 – лактоза, 5 – мальтоза)

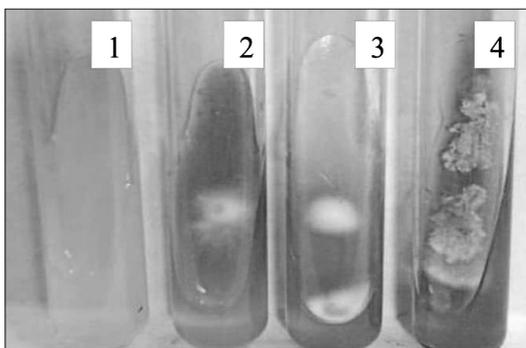


Рис. 5. Уреазная активность дерматомицетов: 1 – контроль, 2 – *M. canis* № 376, 3 – *T. verrucosum* № 3, 4 – *T. tonsurans* № 86

Антропофильный гриб *T. tonsurans* № 86: только в пробирке с лактозой наблюдается незначительный поверхностный рост мицелия, изменение цвета среды во всех пробирках (рис. 3).

Зоофильный штамм *M. canis* № 376: отличается изменением цвета среды во всех пробирках, заметным поверхностным ростом культуры по всей пробирке, в пробирке с лактозой – частичный поверхностный рост (рис. 4). Контроль – без изменений.

Штамм *T. mentagrophytes* var. *gypseum* № 208.2 выделен из ногтей пациента наркологического отделения. Дерматомицет ферментирует маннит, мальтозу, сахарозу, менее активно – глюкозу и лактозу. Уреазная активность – выраженная.

Нами установлено, что дерматомицет *T. verrucosum* № 3 проявляет антагонизм в отношении плесневых грибов (рис. 7-б).

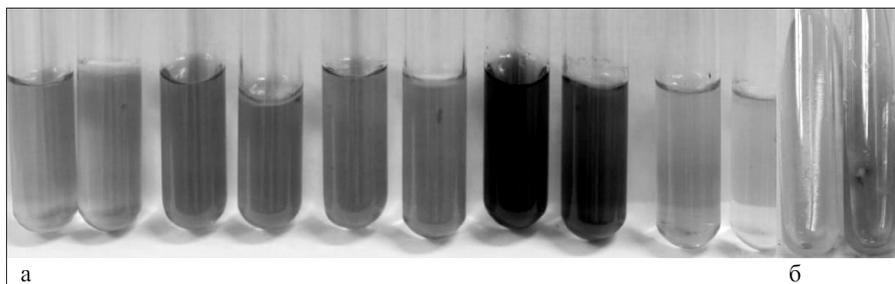


Рис. 6. *Trichophyton mentagrophytes* var. *gypseum* № 208.2 интенсивно сбраживает сахарозу, мальтозу, глюкозу, маннит на средах Гисса с сахарами (а), активно расщепляет мочевины на среде Кристенсена (б)

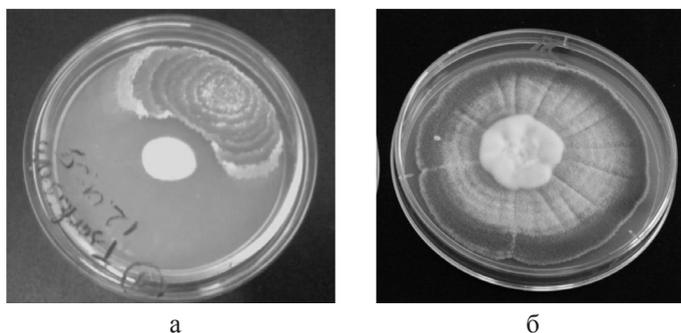


Рис. 7. Ингибирование роста микромицетов дерматомицетом *T. sarkisovii*

При этом, рост микромицетов подавлялся по мере формирования мицелиальной массы и ее старения (рис. 7). В одних случаях наблюдали полное ингибирование роста микромицетов (рис. 7-а), в других – наблюдали поверхностный рост дерматомицетов на колониях плесневых грибов, в частности, *Penicillium spp.*

Заключение. Таким образом, штаммы дерматомицетов, циркулирующие в северном регионе Казахстана, отличаются активной ферментативной активностью в усвоении углеводов и мочевины, лучше всего усваивая глюкозу и сахарозу. Это позволяет им находить доступные источники питания, прекрасно существовать на коже животных и человека, поражать кожу, волосы и другие придатки кожи. Антагонизм дерматомицетов выражен в отношении банальных плесеней, что приводит к победе в борьбе за источники питания. Это объясняет относительно редкие микст-инфекции кожи, вызванные воздействием нескольких паразитических грибов.

Литература

Белюченко И.С. Микроорганизмы почв и их роль в функционировании аграрных ландшафтов // Наука, технологии и инновации в современном мире. №1 (3). Уфа, 2016. С. 18–25.

Гарибова Л.В., Лекомцева С.Н. Основы микологии: Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. М., 2005. 220 с.

Горленко М.В., Гарибова Л.В., Сидорова И.И. и др. Все о грибах. М.: Лесная промышленность, 1985. 250 с.

Жакупова М. Влияние компонентов питательных сред на накопление биомассы дерматомицетов // Химия и жизнь: сб. мат. XII межд. науч.-практ. студ. конф. Новосибирск: НГАУ, 2013. С. 234–238.

Кисленко В.Н. Экология патогенных микроорганизмов: учебное пособие. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. 226 с.

Марюхта Ю.Б. Сравнительное изучение фавиформных культур дерматофитов: Автореф. дисс. на соискание учёной степени кандидата ветеринарных наук по специальности 16.00.03. Л., 1967. С. 5–15.

Пошон Ж., Г. де Баржак. Почвенная микробиология: пер. с фр. проф. В.А. Шорина. М., 1960. 560 с.

Разнатовский К.И., Родионов А.Н., Котрехова Л.П. Дерматомикозы. СПб.: Изд. дом СПбМАПО, 2006. С. 9–112.

Родионов А.Н. Грибковые заболевания кожи. Руководство для врачей. СПб.: «Питер», 2000. 288 с.

Сергеев А.Ю., Сергеев Ю.В. Грибковые инфекции. Руководство для врачей. М.: БИНОМ, 2008. 480 с.

Спесивцева Н.А. Микозы и микотоксикозы. М.: Колос, 1964. 520 с.

Феофилова Е.П. Клеточная стенка грибов. М., 1983. С. 5–203.