

МИКОЛОГИЯ И АЛЬГОЛОГИЯ

УДК 582.282.192.8

МОРФОЛОГО-КУЛЬТУРАЛЬНЫЕ И БИОДЕСТРУКТИВНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДОВ РОДА *CHAETOMIUM*

В.П. Прохоров, М.А. Линник

(кафедра микологии и альгологии; e-mail: prokhorovvp@mail.ru)

Были изучены рост и развитие колоний *C. globosum*, *C. funicola*, *C. elatum* и *C. spirale* при температурах 17–20, 25, 27, 30 и 33–35° и с разными источниками углерода (глюкоза, сахароза, маннит, лактоза, крахмал и целлюлоза). Наиболее благоприятной для всех видов оказалась температура 25–27°. При 33–35° рост колоний был угнетенным. Динамика роста и морфология колоний, развитие воздушного мицелия и плодовых тел у разных видов рода *Chaetomium* варьировали в зависимости от источника углерода. Для всех исследованных видов и *C. murorum* было проведено сравнение характера развития. Относительно высокой активностью разрушения крафт-бумаги обладали *C. globosum*, *C. funicola* и *C. elatum*.

Ключевые слова: аскомицеты, виды рода *Chaetomium*, источники углерода, температура, разрушение целлюлозы.

Род *Chaetomium* по видовому разнообразию и распространению в природе является одним из наиболее крупных родов в порядке Sordariales. Его представители встречаются практически повсеместно. Многие из них обитают на разлагающихся остатках растительного происхождения, семенах, древесине, обоях, тканях, бумаге, на перьях птиц, помете животных, а также в почве, водоемах и ризосфере разных растений. Они выполняют деструктивную функцию, активно разлагая растительные остатки, а также входят в состав пищевых цепей, являясь источником питания для бактерий, микотрофных грибов и беспозвоночных животных [1, 2, 4, 5, 6, 9, 10, 15, 17, 19, 28, 30, 31, 35, 36, 39, 43]. Некоторые виды рода *Chaetomium* вызывают повреждение книг в книгохранилищах, продуктов пищевой и текстильной промышленности, предметов изобразительного и прикладного искусства и разнообразных деревянных материалов [5, 7, 11, 25]. Они также способны поражать органы людей с ослабленным иммунитетом [8, 12, 16, 20]. Благодаря способности к образованию различных экзометаболических эти грибы быстро распространяются в окружающей среде, осваивают и разлагают новые субстраты и успешно конкурируют с другими микроорганизмами [3, 13, 18, 19, 21, 23, 25, 26, 27, 33, 37, 38, 40, 41, 42]. Некоторые виды рода *Chaetomium* представляют интерес как объекты биотехнологии в связи с активным разложением целлюлозосодержащих материалов [23, 24, 34]. Благодаря антагонистическим свойствам они также вызывают интерес как агенты биологического контроля [14, 21, 22, 29, 44].

Культурально-морфологические и физиологические свойства грибов рода *Chaetomium* изучены не-

достаточно. Большинство известных видов этого рода относят к группе мезофильных грибов. Оптимальные для их роста температуры лежат в диапазоне от 25 до 28° [15, 32]. Однако среди представителей этого рода встречаются также термофильные и термотолерантные виды, развитие которых происходит при достаточно высоких температурах от 40° [32]. Они входят в состав микробиоты компостов, разлагая целлюлозу и ксилан, и являются важной частью этих термогенных экосистем. У многих видов этого рода, как отмечено выше, обнаружена способность к разложению целлюлозосодержащих материалов. С целью пополнения данных о физиолого-морфологических особенностях разных видов рода *Chaetomium* была проведена работа по изучению роста и развития колоний *C. globosum*, *C. funicola*, *C. elatum* и *C. spirale* при различных температурах и на средах с разными источниками углерода. По литературным данным, они являются наиболее распространенными на территории России среди известных видов рода *Chaetomium* [4–6, 10]. У этих видов и *C. murorum* было проведено сравнительное изучение разрушения образцов крафт-бумаги, взятых в качестве модельного целлюлозосодержащего материала.

Материалы и методы

Виды *C. globosum*, *C. funicola*, *C. elatum* и *C. spirale* были выделены с образцов растительного материала и помета травоядных животных, собранных в Московской обл. в период 2006–2007 гг.

Развитие колоний этих грибов было исследовано на стандартной агаровой среде с суслом (СА) при температурах 17–20, 25, 27, 30 и 33–35°.

В качестве источника углеродного питания были использованы глюкоза, сахароза, манит, лактоза, а также целлюлоза и крахмал. Грибы инкубировали при оптимальной температуре 25° на минеральной среде Гетчинсона с источниками углерода.

Развитие колоний и активность разрушения крафт-бумаги были исследованы у *C. globosum*, *C. elatum*, *C. funicola*, *C. murorum* и *C. spirale*. Чашки с минеральной средой Гетчинсона и предварительно взвешенными образцами крафт-бумаги были инокулированы грибами. Чашки содержали в термостате в течение 31 дня. Повторность для каждого вида составляла 10—15 чашек. Наблюдения за развитием грибов, появлением и созреванием плодовых тел проводились в течение первых 2 недель через 3 сут., затем через 1 неделю. В конце инкубирования образцы крафт-бумаги были извлечены из камер, очищены от плодовых тел грибов, высушены и взвешены. Для каждого исследуемого вида был вычислен показатель активности разрушения им крафт-бумаги по формуле

$$A = \frac{\sum_{i=n} (M_i - M_{li})}{\sum_{i=n} M_i} \times 100\%,$$

где A — активность разрушения бумаги грибами рода *Chaetomium*; M_i — начальная масса бумажного образца; M_{li} — масса бумажного образца на 31-е сут. после начала инкубации камер с грибами; n — номер образца крафт-бумаги. В качестве контроля использовали крафт-бумагу, не инокулированную грибами.

Обсуждение результатов

Влияние температуры на морфолого-культуральные характеристики видов рода *Chaetomium*. У *C. globosum* наиболее активный радиальный рост мицелия происходил при 25—27° (рис. 1). Образовывался редкий, светлый воздушный мицелий с многочисленными оливково-зелеными плодовыми телами, равномерно распределенными по поверхности колонии.

Зачатки перитециев появлялись уже на 3—4-е сут. роста. Морфологические характеристики плодовых тел и спор были типичными для этого вида. Повышение температуры до 30° оказало влияние на распределение, обилие и развитие плодовых тел. В основном они концентрировались в центре, образуя плотные скопления с незначительным количеством зачатков плодовых на периферии колонии. Кроме того, реверс большинства колоний был окрашен в розоватый оттенок, поскольку гриб начинал выделять пигменты в среду, что часто свидетельствует об ухудшении условий развития. Дальнейшее повышение температур приводило к заметному снижению радиального роста с образованием зачатков плодовых тел в центре колонии. У них развивался тонкий пленчатый полупрозрачный перидий с коричневыми четко оформленными плотными придатками. Формирования зрелых плодовых тел с характерными волнистыми придатками и головками аскоспор не происходило. Микроскопирование мицелия выявило присутствие многочисленных пигментированных неравномерно утолщенных гиф, часто с шаровидными или почковидными клетками. Характер развития колоний *C. globosum* свидетельствует, что температура от 33° и выше была неблагоприятной для роста грибов этого вида.

Аналогичные результаты получены для *C. funicola*. Температуры 25 и 27° были оптимальными для роста и развития колоний этого вида. При их повышении до 30° плодовые тела созревали относительно поздно: на 21-е сут. у перитециев еще не формировались характерные дихотомически ветвящиеся волоски, не наблюдалось образование сумок с аскоспорами. Реверс колоний был окрашен в коричневый цвет, что также может указывать на ухудшение условий развития. Диапазон температур 33—35°, по-видимому, является близким к критическому. В этих условиях образовывались неравномерно складчатые колонии с плотным прижатым окрашенным мицелием, волнистым краем, с редкими зачатками плодовых тел в центре. Радиальный рост колоний был относительно слабым (рис. 1).

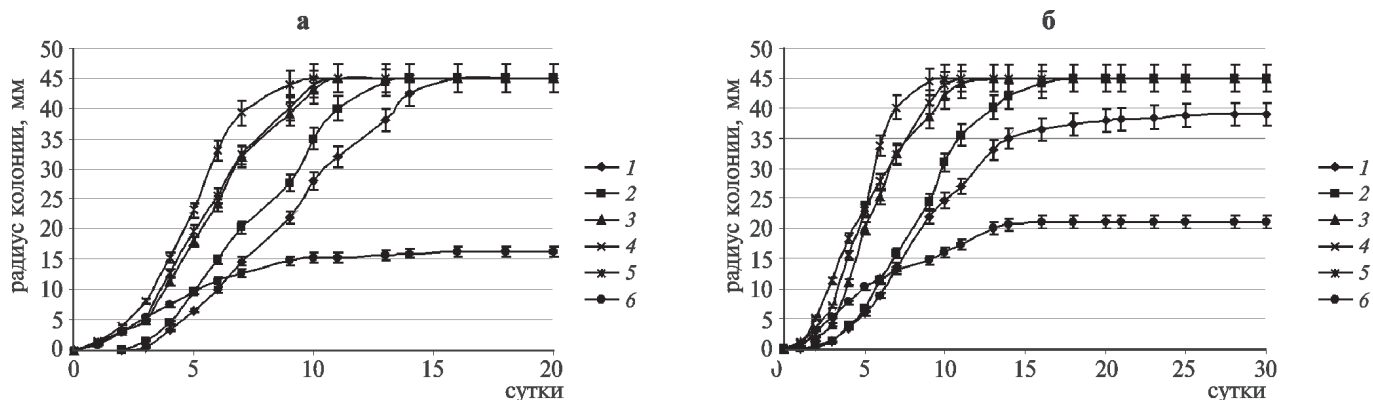


Рис. 1. Кривые роста колоний *C. globosum* (а) и *C. funicola* (б) при разных температурах. Обозначения: 1 — 15—17°; 2 — 17—20°; 3 — 25°; 4 — 27°; 5 — 30°; 6 — 33—35°

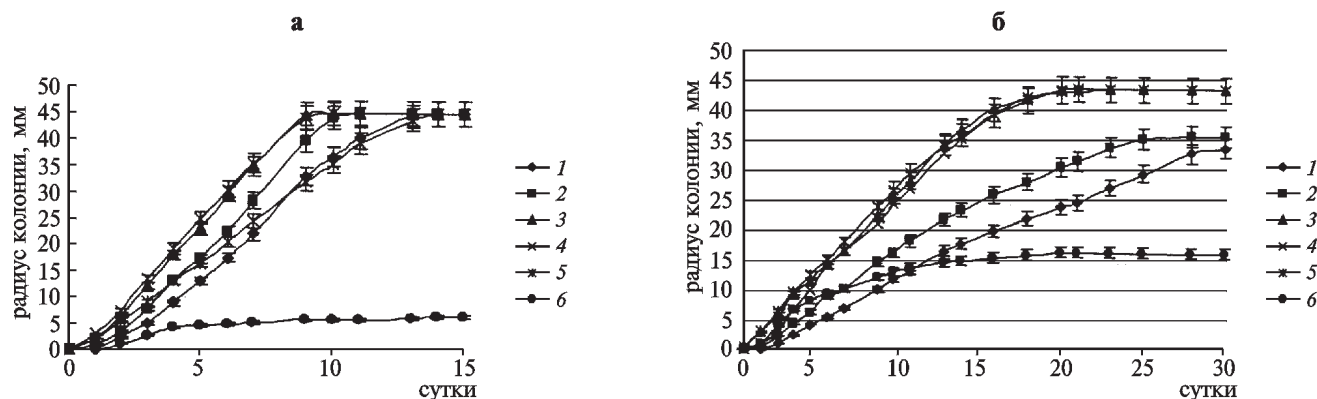


Рис. 2. Кривые роста колоний *C. elatum* (а) и *C. spirale* (б) при разных температурах. Обозначения см. на рис. 1

Для вида *C. elatum* в целом были предпочтительны более низкие температуры. При 27° наблюдалось уменьшение обилия плодовых тел. Далее при 30° визуальная скорость радиального роста снижалась. По сравнению с другими исследованными видами повышение температуры до 33–35° вызывало подавление роста *C. elatum* (рис. 2). Гриб формировал коричневатые, складчатые, с неровным краем колонии, радиус которых не превышал 5–7 мм. Их рост прекращался на 6–7-е сут. Для них было характерно образование коротких утолщенных гиф с круглыми и почковидными клетками.

Вид *C. spirale* при температурах ниже 30° образовывал равномерные, с ровным краем колонии со слабо развитым мицелием. Плодовые тела активно формировались по всей поверхности колоний при 25, 27, 30° либо были сконцентрированы в центре при 17–20°. При 33–35°, несмотря на сравнительно активный радиальный рост, морфологические особенности колоний указывали на значительное ухудшение условий развития. Гриб образовывал пигментированные коричневые складчатые колонии из коротких утолщенных гиф без плодовых тел.

Таким образом, из 6 исследованных температур наиболее благоприятными для роста всех исследованных видов были 25 и 27°. При 17–20° у всех видов по сравнению с 25–30° более поздно развивались плодовые тела, а также уменьшалось их количество. При температурах выше 27° наблюдалось появление признаков, указывающих на ухудшение условий развития, а именно снижение динамики роста (рис. 1, 2), окрашивание реверса (*C. globosum*, *C. funicola*) или поверхностного мицелия, увеличение сроков появления и созревания плодовых тел, либо их недоразвитие (*C. globosum* при 35°), либо происходило увеличение плотности их образования, а также появление складчатости колонии.

Температура 33–35° была наиболее неблагоприятной для всех исследованных видов. Об этом свидетельствуют не только данные по динамике роста и морфологии колоний, но также характеристика

морфологии гиф. У всех видов развивались утолщенные, короткие гифы, часто с вздутыми, почковидными и округлыми клетками.

Рост и развитие плодовых тел при благоприятной температуре 25–27° значительно варьировали в зависимости от индивидуальных особенностей видов. Для *C. globosum* было характерно слабое развитие воздушного мицелия и образование многочисленных оливково-зеленых плодовых тел. *C. elatum* часто формировал светлый, пушистый, ватообразный воздушный мицелий. Плодовые тела обычно образовывали радиальные сектора. У *C. funicola* мицелий также хорошо развивался, однако он был более плотным по сравнению с *C. elatum*, с многочисленными плодовыми телами, обычно равномерно распределенными по поверхности колонии. Плодовые тела у *C. spirale* темно-серые, что придает характерный оттенок колониям, мицелий прижат к поверхности среды, слабо развит, часто с желтоватым оттенком. Все исследованные виды являются типичными мезофиллами.

Морфолого-культуральные характеристики грибов рода *Chaetomium* в зависимости от источников углерода. В зависимости от источника углерода наблюдалось изменение морфологических особенностей, динамики роста и активности образования плодовых тел у каждого из исследованных видов. Для каждого исследованного вида можно выделить наиболее и наименее благоприятные источники углерода для развития и плодоношения. Изменялись характер и активность развития воздушного мицелия и динамика роста колоний. Кроме того, была отмечена изменчивость окраски реверса колоний и мицелия, формы края колоний и т.д.

На средах с низкомолекулярными источниками углерода и крахмалом рост колоний *C. funicola* варьировал незначительно (рис. 3). Плодовые тела у этого вида активно образовывались на всех исследованных средах, но наиболее благоприятными для их формирования были сахароза и маннит. Крахмал оказался благоприятным как для развития плодоношений, так и воздушного мицелия. Однако часто

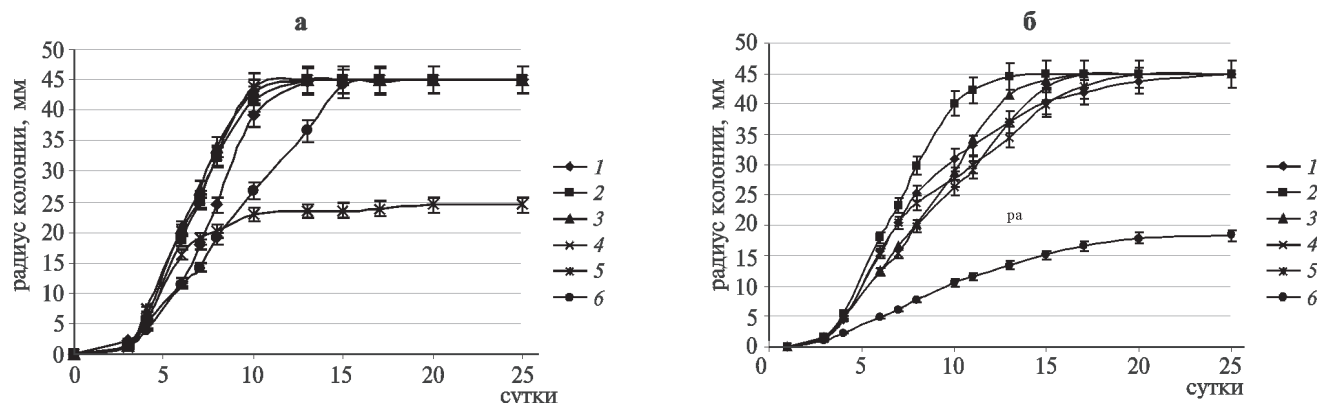


Рис. 3. Кривые роста *C. globosum* и *C. funicola* на средах с разными источниками углерода. Обозначения: 1 — глюкоза; 2 — сахароза; 3 — маннит; 4 — лактоза; 5 — крахмал; 6 — целлюлоза

мицелий был окрашен в желтоватый цвет, и на поверхности колоний появлялись мелкие (0,5–1 мм) капли оранжевого экссудата. Плодовые тела формировались обильнее, чем на средах с низкомолекулярными источниками углерода. На среде с целлюлозой наблюдался незначительный рост колоний, которые характеризовались слабым развитием мицелия, лопастным краем и образованием многочисленных зачатков плодовых тел.

У *C. globosum* активное образование и созревание плодовых тел отмечено на средах с крахмалом, маннитом, лактозой. На средах с сахарозой и целлюлозой образование и развитие плодовых тел происходило более поздно. Образование плодовых тел на среде с глюкозой не отмечено. Воздушный мицелий относительно хорошо развивался на средах с крахмалом, глюкозой, сахарозой и практически не формировался на средах с лактозой, маннитом и целлюлозой. Динамика роста колоний варьировала незначительно (рис. 3). Однако следует отметить, что на среде с лактозой колонии формировали лопастные выросты и плодовые тела в глубине питательной среды.

Для *C. elatum* в целом характерно образование белого, ватообразного воздушного мицелия, часто

неравномерно распределенного по поверхности среды и образующего радиальные сектора. Колонии обычно были окрашены в желтовато-бежевый цвет и отличались широковолнистыми или лопастными краями. Плодовые тела также образовывались неравномерно и обычно располагались в радиальных секторах. Плодовые тела не развивались или были немногочисленными (менее 10 перитециев на колонию) на всех исследованных средах, кроме среды с крахмалом. Радиальный рост варьировал незначительно. Слабое развитие колоний и по скорости роста, и по образованию мицелия наблюдалось на среде с целлюлозой (рис. 4). К другим морфологическим особенностям колоний можно отнести окраску реверса в желтовато-зеленый цвет (глюкоза, сахароза) или желто-оранжевый цвет (крахмал), образование глубинного мицелия с многочисленными лопастями и неразвитость воздушного мицелия (лактоза).

Сравнительно слабо на всех исследованных средах развивались колонии *C. spirale*. У этого вида наиболее активный радиальный рост и образование зачатков плодовых тел были отмечены на средах с маннитом и лактозой (рис. 4). Остальные источники углерода, вероятно, трудно усваиваются гри-

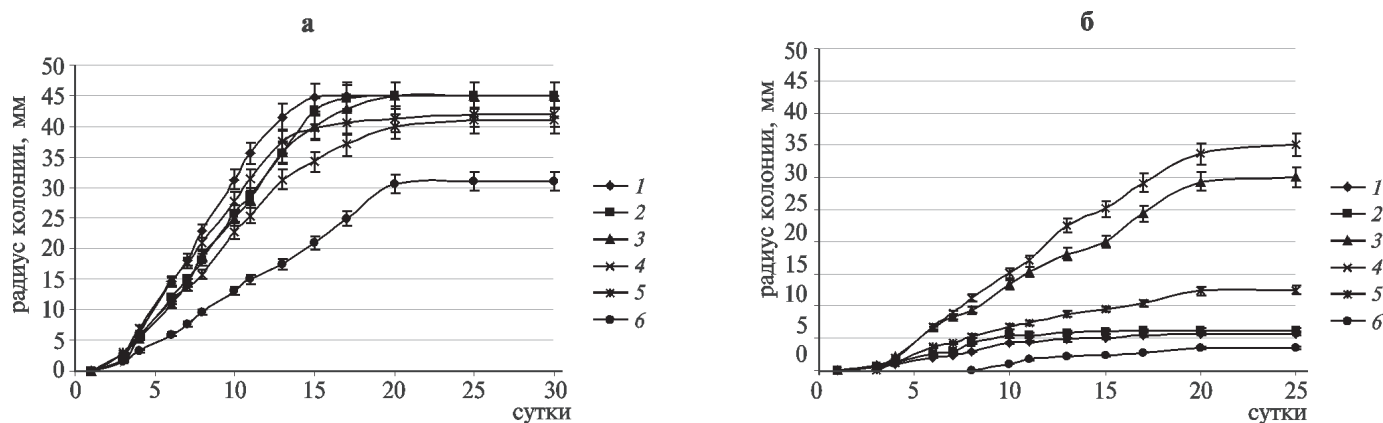


Рис. 4. Кривые роста *C. elatum* (а) и *C. spirale* (б) на средах с разными источниками углерода. Обозначения см. на рис. 3

бами этого вида, на что указывает не только слабый рост колоний, но и отсутствие плодовых тел и воздушного мицелия, желтовато-зеленоватая или бежевая пигментация (глюкоза), образование лопастных выростов внутри среды (глюкоза, сахароза, крахмал).

Таким образом, в зависимости от используемого источника углерода различались не только скорость роста колоний, но и характер распределения плодовых тел по поверхности колонии и в глубине среды, их обилие и сроки созревания, развитие воздушного мицелия, форма края колоний и т.д.

Крахмал оказался достаточно благоприятным источником для всех исследованных видов, кроме *C. spirale*. У всех видов на среде с целлюлозой был отмечен слабый рост по сравнению с другими источниками. Маннит и лактоза способствовали развитию плодовых тел, но не воздушного мицелия у *C. funicola*, *C. globosum* и *C. spirale*. Колонии видов *C. globosum*, *C. elatum* и *C. spirale* незначительно различались по динамике развития колоний и морфологии на средах с глюкозой и сахарозой. Колонии *C. funicola* хуже развивались на глюкозе, а сахароза, напротив, оказалась оптимальным источником углерода. Разнообразные морфологические показатели колоний могут указывать на ухудшение условий роста. К ним, например, относятся пигментация (*C. spirale*, *C. funicola*, *C. elatum*), развитие глубинного мицелия (*C. elatum*, *C. globosum*, *C. spirale*), слабое развитие поверхностного мицелия, образование экссудата (*C. funicola*).

Способность разрушения крафт-бумаги видами рода *Chaetomium*. С целью исследования и сравнения биодеструктивных свойств видов рода *Chaetomium* был проведен эксперимент на разрушение этими грибами крафт-бумаги, которая представляет собой плотный упаковочный материал.

В результате проведенного эксперимента обнаружено, что на минеральной среде с крафт-бумагой все грибы образовывали плодовые тела, однако мицелий развивался слабо.

Исследованные виды различались по срокам появления и созревания перитециев, местам их локализации в чашках Петри, количеству и плотности образования плодовых тел, а также активности колонизации и разрушения этого материала.

Зачатки плодовых тел у *C. globosum* и *C. funicola* появлялись уже на 4–5-е сут. Плодовые тела у видов *C. elatum*, *C. spirale*, *C. murorum* формировались только на 7–9-е сут. Вид *C. globosum* характеризовался сравнительно ранними сроками созревания перитециев. Образование жгутов или скоплений аскоспор на вершине устьица у отдельных плодовых тел было отмечено через 1,5–2 недели после начала инкубирования камер с крафт-бумагой. У остальных исследованных представителей рода *Chaetomium* плодовые тела созревали бо-

лее медленно. Немногочисленные жгуты или головки из аскоспор у них были обнаружены через 2,5–3,5 недели.

По пространственному распределению плодовых тел и плотности их в камерах с бумагой все исследованные грибы можно разделить на две группы. К первой группе относятся *C. globosum*, *C. funicola* и *C. elatum*. Плодовые тела этих грибов активно колонизировали крафт-бумагу. Они быстро распространялись по всей поверхности образца бумаги и характеризовались высокой плотностью ее заселения (60–100 плодовых тел на 1 см²). Иные результаты получены для видов из второй группы — *C. spirale* и *C. murorum*. Их перитеции располагались в чашках более редко. Основная их часть формировалась на поверхности минеральной среды, хотя немногочисленные плодовые тела и/или их зачатки встречались и на крафт-бумаге (5–7 плодовых тел на 1 см²).

Для сравнения активности разрушения крафт-бумаги для каждого вида рода *Chaetomium* был определен общий показатель потерь в массе крафт-бумаги или активности разрушения этого материала. Максимальная активность 60% была обнаружена только у *C. globosum* (рис. 5).

Минимальная активность разрушения была у *C. spirale*, которая составила 24% от исходной массы образца крафт-бумаги (рис. 5).

Известно, что грибы рода *Chaetomium* способны разлагать целлюлозу и другие биополимеры, которые являются основой клеточных стенок растительных клеток. Одной из проблем является разрушение разнообразных целлюлозосодержащих материалов плесневыми грибами, среди которых могут быть представлены и эти аскомицеты. Они могут развиваться на бумаге, документах, тканях и других материалах, снижая их качество и разрушая предметы, представляющие культурную и историческую ценность или необходимые для практического использования. Все исследованные виды способны разрушать такой плотный материал, как крафт-бумага,

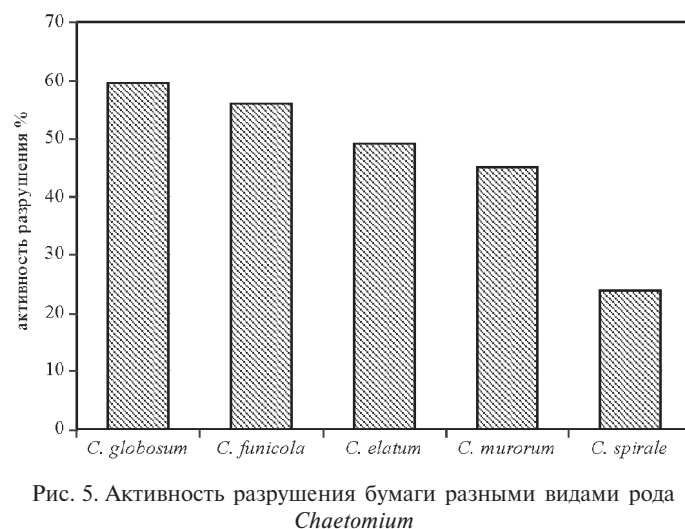


Рис. 5. Активность разрушения бумаги разными видами рода *Chaetomium*

и, по-видимому, могут являться агентами биоповреждений других целлюлозосодержащих материалов. Однако деструктивные способности у разных видов рода *Chaetomium* отличаются и зависят от их физиологических особенностей.

Исследованные грибы обладали разной активностью разрушения крафт-бумаги. Наиболее высоким этот показатель был у *C. globosum*. Хорошо разрушали крафт-бумагу *C. elatum* и *C. murorum*. Масса бумаги после инкубации камер с изолятами этих видов уменьшалась на 50–45%. *C. spirale* слабо разрушал бумагу и степень разрушения составляла менее 30% и почти не формировал плодовых тел на ее поверхности, что указывает на слабые биодеструктивные возможности этого гриба. Три исследованных вида — *C. globosum*, *C. funicola*, *C. elatum* — наряду с высокой способностью разрушения крафт-бумаги активно колонизировали ее, образуя на бумажной поверхности многочисленные плодоношения.

На целлюлозосодержащем материале грибы рода *Chaetomium* образовывали органы спороношения, что позволяет обеспечивать их распространение с поврежденного образца на другие материалы, содержащие целлюлозу.

Таким образом, грибы рода *Chaetomium* могут играть важную роль как в природных сообществах, так и в жизни человека. Изучение физиологических характеристик и сравнительный анализ индивидуальных особенностей разных видов рода *Chaetomium* позволяют лучше понять экологию этой группы грибов и обнаружить перспективы их использования в биотехнологии. К важным условиям, оказывающим влияние на рост грибов, относятся температура и источники углеродного питания. В зависимости от индивидуальных особенностей грибы значительно отличаются по способности использовать те или иные питательные соединения, а также росту и активности образования спор в разных температурных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Skolko A.J., Groves J.W. Notes on seed-borne fungi VII. *Chaetomium* // Can. J. Bot. 1953. Vol. 31. P. 779–810.
2. Теплякова З.Ф. Мобилизация органического вещества и активность микробиологических процессов в горных и подгорных почвах Заилийского Алатау // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1960. № 1. С. 111–121.
3. Ames L.M. A monograph of the Chaetomiaceae // U.S. Army Research and Development. Ser. 2 (Repr. L.). 1961. 125 p.
4. Lodha B.C. Studies on coprophilous fungi. I. *Chaetomium* // J. Ind. Bot. Soc. 1964. Vol. 43: 1. P. 121–140.
5. Hubálek Z., Balát F., Toušková I., Vlk J. Mycoflora of birds' nests in nest-boxes // Mycopathol. et Mycol. appl. 1973. Vol. 49. N 1. P. 1–12.
6. Наплекова Н.Н. Аэробное разложение целлюлозы микроорганизмами в почвах Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1974. 250 с.
7. Кириленко Т.С. Определитель почвенных сумчатых грибов. Киев: Наукова думка, 1978. 263 с.
8. Webb T., Mundt J. Molds at the time of harvest // Appl. and Environ. Microbiol. 1978. Vol. 35. N 4. P. 655–658.
9. Rudnicka-Jeziarska W. Worcowce (Ascomycetes). Czuprynkowe (Chaetomiales) // Grzyby (Mycota). T. XII. Warszawa; Kraków, 1979. P. 47–202.
10. Черепанова Н.П. Сумчатые грибы рода *Chaetomium* // Тр. Ленингр. об-ва естествоиспытателей. 1989. Т. 76. Вып. 3. 166 с.
11. Bockhary H.A., Parvez S. Fungi inhabiting household environments in Riyadh, Saudi Arabia // Mycopathologia. 1995. Vol. 130. P. 79–87.
12. Lorenzo L.E. Especies coprófilas de la familia Chaetomiaceae en la Patagonia (Argentina) // Bol. Soc. Argent. Bot. 1998. Vol. 29. N 3–4. P. 159–172.
13. Burtseva Y.V., Sova V.V., Pivkin M.V., Zvyagintseva T.N. Enzymes of carbohydrate metabolism of mycelial fungi from marine environments. Beta-1,3-glucanase of the marine fungus *Chaetomium indicum* // Biochem. (Mosc.). 2000. Vol. 65. N 10. P. 1175–1183.
14. Прохоров В.П., Арменская Н.Л. Копротрофные перитециоидные аскомицеты европейской части России // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2001. Т. 106. Вып. 2. С. 78–82.
15. Piontelli E.L., Cruz R.C., Toro M.A. Coprophilous fungal community of wild rabbit in park of a hospital (Chile): a taxonomic approach // Boletín Micológico. 2006. Vol. 21. P. 1–17.
16. Зайцев Ю.П., Копытина Н.И. Высшие грибы из донных отложений сероводородной биотали Черного моря // Современная микология в России. М.: Нац. Акад. Микологии, 2008. Т. 2. С. 386.
17. Линник М.А., Прохоров В.П. Виды рода *Chaetomium* Подмосковья и их характеристика // Современная микология в России. М.: Нац. Акад. Микологии, 2008. Т. 2. С. 76.
18. Ребрикова Н.Л., Сизова Т.П. Грибы, развивающиеся на текстильных тканях в музейных фондах // Микол. и фитопатол. 1975. Т. 9. № 3. С. 207–214.
19. Abdel-Kareem O. Effect of selected natural dyes in reduction on colour changes of egyptian linen textiles by fungi // Ann. di Chimica. 2007. Vol. 97. N 7. P. 527–540.
20. Fogle M.R., Douglas D.R., Jumper C.A., Straus D.C. Growth and mycotoxin production by *Chaetomium globosum* // Mycopathologia. 2007. Vol. 164. N 1. P. 49–56.
21. Christensen C.M., Nelson G.H., Mirocha C.J., Bates F., Dorworth C.E. Toxicity to rats of corn invaded by *Chaetomium globosum* // Appl. Environ. Microbiol. 1966. Vol. 14: 5. P. 774–777.
22. Abbott S.P., Sigler L., McAleer R. et al. Fatal cerebral mycoses caused by the ascomycete *Chaetomium strumarium* // J. of Clinical Microbiol. 1995. Vol. 33. N 10. P. 692–2698.
23. Barron N.A., Sutton D.A., Veve R. et al. Invasive mycotic infections caused by *Chaetomium perlucidum*, a new

agent of cerebral phaeohyphomycosis // J. Clinic. Microbiol. 2003. Vol. 41: 11. P. 5302–5307.

24. Руденко А.В., Волощук Е.М., Глухенький Б.Т. Компонентный состав микотических ассоциаций, обнаруживаемых у больных онихомикозом // Усп. мед. микол. 2005. Т. 6. С. 7–9.

25. Geiger W.B., Conn J.E., Waksman S.A. Chaetomin, a new antibiotic substance produced by *Chaetomium cochliodes*. II. Isolation and concentration // J. Bacteriol. 1944. Vol. 48. P. 531–536.

26. Наплекова Н.Н. К физиологии грибов рода *Chaetomium* // Водоросли и грибы Западной Сибири. 1965. Вып. 2: 10. С. 120–123.

27. Eriksen J., Goksøyr J. The effect of temperature on growth and cellulase (beta-1,4-endoglucanase) production in the compost fungus *Chaetomium thermophile* var. *dissitum* // Arch. Microbiol. 1976. Vol. 110. P. 233–238.

28. Eriksen J., Goksøyr J. Cellulases from *Chaetomium thermophile* var. *dissitum* // Eur. J. Biochem. 1977. Vol. 77. P. 445–450.

29. Brewer D., Taylor A. The production of toxic metabolites by *Chaetomium* spp. isolated from soils of permanent pasture // Can. J. Microbiol. 1978. Vol. 24: 9. P. 1078–1081.

30. Udagawa S., Muroi T., Kurata H., Sekita S., Yoshihira K., Natori S., Umeda M. The production of chaetoglobosins, sterigmatocystin, O-methylsterigmatocystin, and chaetocin by *Chaetomium* spp., and related fungi // Can. J. Microbiol. 1979. Vol. 25: 2. P. 170–177.

31. Sekita S., Yoshihira K., Natori S., Udagawa S., Sakabe F., Kurata H., Umeda M. Mycotoxin production by *Chaetomium* spp. and related fungi // Can. J. Microbiol. 1981. Vol. 27: 8. P. 766–772.

32. Di Pietro A., Gut-Rella M., Pachlatco J.P., Schwinn F.J. Role of antibiotics produced by *Chaetomium globosum* in Bio-control of *Pythium ultimum*, a causal agent of damping-off // Phytopathology. 1992. Vol. 82: 2. P. 131–135.

33. Nielsen K.F., Gravesen S., Nielsen P.A., Andersen B., Thrane U., Frisva J.C. Production of mycotoxins on artificially and naturally infested building materials // Mycopathologia. 1999. Vol. 145: 1. P. 43–56.

34. Abbott S.P. Mycotoxins and indoor molds // Indoor Environ. Connections. 2002. Vol. 3. N 4. P. 1–6.

35. Saito T., Hong P., Kato K., Okazaki M., Inagaki H., Maeda S., Yokogawa Y. Purification and characterization of

an extracellular laccase of a fungus (family *Chaetomiaceae*) isolated from soil // Enzyme and Microbial Technology. 2003. Vol. 33. P. 520–526.

36. Ghatora S.K., Chadha B.S., Badhan A.K., Saini H.S., Bhat. Ghatora M.K. Identification and characterization of diverse xylanases from thermophilic and thermotolerant fungi // J. BioResources. 2006. Vol. 1. N 1. P. 18–33.

37. Sun H., Yang J., Lin Ch., Huang X., Xing R., Zhang Ke-Qin. Purification and properties of a β -1,3-glucanase from *Chaetomium* sp. that involved in mycoparasitism // Biotechnol. Letters. 2006. Vol. 28. P. 131–135.

38. Tarafdar J.C., Gharu A. Mobilization of organic and poorly soluble phosphates by *Chaetomium globosum* // Appl. Soil Ecol. 2006. Vol. 32. N 3. P. 273–283.

39. Ohtsuki S.T., Yazaki S., Ui S., Mimura A. Isolation of a novel thermophilic fungus *Chaetomium* sp. nov. MS-017 and description of its palm-oil mill fiber-decomposing properties // Appl. Microbiol. and Biotechnol. 2003. Vol. 60. N 5. P. 581–587.

40. Di Pietro A., Gut-Rella M., Pachlatco J.P., Schwinn F.J. Role of Antibiotics produced by *Chaetomium globosum* in biocontrol of *Pythium ultimum*, a causal agent of damping-off // Phytopathology. 1992. Vol. 82. N 2. P. 131–135.

41. Dhingra O.D., Mizubuti E.S.G., Santana F.M. *Chaetomium globosum* for reducing primary inoculum of *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis* in soil surface soybean stubble in field conditions // Biological control. 2003. Vol. 26. N 3. P. 302–310.

42. Aggarwal R., Tewari A.K., Srivastava K.D., Singh D.V. Role of antibiosis in the biological control of spot blotch (*Cochliobolus sativus*) of wheat by *Chaetomium globosum* // Mycopathologia. 2004. Vol. 157. N 4. P. 369–377.

43. Ya-fen X., Jin-jie S. Bio-control trials of *Chaetomium spirale* ND35 against apple cancer // J. of Forest Research. 2005. Vol. 16. N 2. P. 121–124.

44. Kanokmedhakul S., Kanokmedhakul K., Soyong K., Suksamrarn A. Bioactive compounds from *Chaetomium cupreum*, *C. globosum* and *Trichoderma harzianum* // International conference on integration of science and technology, for sustainable development. Bangkok, 2007. P. 166–169.

45. Maheshwari R., Bharadwaj G., Bhat M.K. Thermophilic fungi: their physiology and enzymes // Microbiol. and Molecular Biol. Rev. 2000. Vol. 64. N 3. P. 461–488.

Поступила в редакцию
27.04.09

MORPHOLOGICAL, CULTURAL AND BIODESTRUCTIVE CHARACTER OF *CHAETOMIUM* SPECIES

V.P. Prokhorov, M.A. Linnik

Chaetomium is a fungus found on different substrates contained cellulose. Some species of the genera can destroy books, textile materials and valuable wood articles. Some of them are of great interest because of antagonistic and enzymic properties. Research of morphology and cultural characteristics of *Chaetomium* species is an interesting practical and theoretical problem. Growth and development colonies of *C. globosum*, *C. funicola*, *C. elatum* and *C. spirale* were studied at 17–20, 25, 27, 30 и 33–35°C, and on different carbon sources — glucose, sucrose, mannitol, lactose, starch and cellulose. Growth of colonies was optimal at 25–27°C for all investigated species and entirely week at 33–35°C. Growth dynamic and morphology of colonies, development of air mycelium and fruit bodies of different *Chaetomium* species significantly varied

depend on carbon source. Comparison of craft-paper destruction was made for all investigated species and *C. murorum*. The fungi *C. globosum*, *C. funicola* and *C. elatum* were characterized by relatively high destructive activities.

Key words: *ascomycetes, Chaetomium, sources of carbon, temperature, cellulose biodestruction.*

Сведения об авторах

Прохоров Владимир Петрович — докт. биол. наук., проф. кафедры микологии и альгологии биологического факультета МГУ. Тел. (495)939-27-64; e-mail: prokhorovvp@mail.ru

Линник Мария Александровна — аспирантка кафедры микологии и альгологии. Тел. (495)939-27-64; e-mail: linma1985@gmail.ru