

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ДИНАМИКА РОСТА, ГАЗООБМЕНА CO₂ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ *DAEDALEOPSIS CONFRAGOSA* И *D. TRICOLOR*

© 2023 г. В. А. Мухин^{1,2,*}, В. Д. Владыкина^{2,**}, Д. К. Диярова^{1,***}

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, 620144 Екатеринбург, Россия

²Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002 Екатеринбург, Россия

*e-mail: victor.mukhin@ipae.uran.ru

**e-mail: viktoria.yambusheva@urfu.ru

***e-mail: dasha_d@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 17.06.2022 г.

После доработки 05.09.2022 г.

Принята к публикации 07.11.2022 г.

Проанализирована температурная динамика роста, газообмена CO₂ и конкурентоспособности *Daedaleopsis confragosa* и *D. tricolor*. Показано, что на сусло-агаре (MEA) рост мицелия ограничен 5–35°C, а его максимум наблюдается при 30°C (*D. confragosa*) – 35°C (*D. tricolor*). Температурная динамика CO₂ газообмена мицелия на MEA регистрируется в диапазоне 5–50°C, с максимумом у *D. confragosa* при 35°C, у *D. tricolor* – 45°C. Температурная динамика газообмена CO₂ древесины, разрушаемой *D. confragosa* и *D. tricolor*, принципиально не отличается от таковой дикариотического мицелия на сусло-агаре: регистрируется в том же интервале температур (5–50°C), температурный максимум у *D. tricolor* выше (40°C), чем у *D. confragosa* (30°C). По температурным характеристикам роста и газообмена CO₂ *D. confragosa* и *D. tricolor* относятся к одной группе мезофильных грибов, но имеют выраженную экологическую индивидуальность по отношению к низким и высоким температурам. *D. confragosa* отличается более интенсивным ростом и газообменом CO₂ мицелия при 5–10°C, а *D. tricolor* – при 35–50°C и это определяет температурную динамику их относительной конкурентоспособности: она более высокая у *D. confragosa* при низких, а у *D. tricolor* – высоких температурах. Это коррелирует с их географическим распространением: первый встречается во всех широтных частях лесной зоны, а второй отсутствует в ее северной части, но обычен в южной. По совокупности географических и эколого-физиологических признаков *D. tricolor*, по-видимому, следует рассматривать как южный подвид *D. confragosa* s.l.

Ключевые слова: ксилотрофные грибы, температурный фактор, экофизиология, *Basidiomycota*

DOI: 10.31857/S0026364823010105, **EDN:** HRVLIW

ВВЕДЕНИЕ

Daedaleopsis confragosa (Bolton) J. Schröt. и *D. tricolor* (Bull.) Bondartsev et Singer – два широко распространенных вида трутовых грибов, ареал первого охватывает Евразию и Северную Америку, а второго – Евразию (Gilbertson, Ryvarden, 1986; Farr et al., 1989; Ryvarden, Gilbertson, 1993). Данные о наличии последнего в Северной Америке (GBIF, 2021), на наш взгляд, нуждаются в уточнении. На европейском субконтиненте *D. confragosa* встречается в Северной, Центральной и Южной Европе, а область распространения *D. tricolor* ограничена Центральной и Южной Европой (Ryvarden, Gilbertson, 1993; Piątek, 2001). Такие же паттерны географического распространения *D. confragosa* и *D. tricolor* демонстрируют и в России: первый встречается во всех широтных частях лесной зоны, а второй отсутствует в ее северной части, но обычен в южной (Vladykina et al., 2020).

В настоящее время в соответствии с данными молекулярно-генетических работ, показывающих отсутствие между *D. confragosa* и *D. tricolor* генетических различий видового уровня, их рассматривают как две разновидности *D. confragosa* s.l. (Koukol et al., 2014; Mentrída et al., 2015; Galović et al., 2018; Mukhin et al., 2020). Для решения вопросов таксономического ранга *D. confragosa* и *D. tricolor* большое значение имеют данные, раскрывающие их эколого-физиологические особенности и, прежде всего, по отношению к климатическим факторам. Немногие имеющиеся публикации по физиологии *D. confragosa* и *D. tricolor* (Vidović et al., 2011; Marković et al., 2015; Stajić et al., 2017; Chandrawanshi et al., 2018; Čilerdžić et al., 2019; Zhao et al., 2020; Lebedev et al., 2019) посвящены вопросам, представляющим, прежде всего, интерес для биотехнологии и биомедицины. И это не случайно, поскольку базидиокарпы и мицелий этих грибов со-

держат большой спектр соединений антибактериального, противовирусного действия, перспективных для лечения онкологических заболеваний (Mukhin et al., 2020). Собственно эколого-физиологические характеристики *D. confragosa* и *D. tricolor* по отношению к природным факторам остаются практически неизученными, лишь в одной известной нам работе (Marković et al., 2013) охарактеризована температурная динамика роста *D. confragosa* на агаровых средах.

Цель настоящей работы — анализ температурной зависимости роста, газообмена и конкурентоспособности *D. confragosa* и *D. tricolor* и ее связи с их географическим распространением.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выделение в культуру. Изучение эколого-физиологических особенностей — температурной динамики роста, газообмена CO_2 и конкурентоспособности *D. confragosa* и *D. tricolor* — проведено на их дикариотических культурах и образцах разрушаемой ими в предлесостепных сосново-березовых лесах (Сысертский р-н Свердловской обл., 56°36'5" с.ш., 61°3'24" в.д.) древесины *Betula pendula* Roth (*Daedaleopsis tricolor*) и *Salix* sp. (*D. confragosa*). Видовая диагностика грибов выполнена по морфологическим признакам базидиокарпов (Ryvarden, Gilbertson, 1993), названия таксонов сверены с базой данных Index Fungorum (2022).

Дикариотические культуры *D. confragosa* и *D. tricolor* выделяли из базидиокарпов по стандартной методике (Dudka et al., 1982). В качестве питательной среды для выделения и сохранения культур, а также при проведении работ по изучению температурной динамики роста, газообмена CO_2 и конкурентоспособности использовали 4%-е сусло и 2%-й агар.

Оценка температурной зависимости газообмена микродревесины. Фрагменты ветвей, стволов до 6 см в диаметре с базидиокарпами исследуемых грибов очищали от посторонних растительных остатков, отделяли от них базидиокарпы, разрезали на образцы 2–3 см толщиной, измеряли их размеры и влажную массу. Абсолютно-сухую массу образцов определяли по завершению экспериментального цикла работ, высушивая их при температуре 105°C в течение 72 ч.

Подготовленные образцы помещали в открытые экспозиционные камеры объемом 0.27 л и помещали в термостат с температурой 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50°C на 60 мин для достижения ими соответствующей температуры. Затем камеры закрывали и измеряли в них исходное содержание CO_2 помощью ИК-Фурье спектрометра Gasmeter DX-4030 ("Gasmeter Technologies Oy", Финляндия) с точностью ± 5 ppm. После этого камеры помещали в термостат на 60 мин при той же температуре, при которой они находились до этого. По завер-

шении экспозиции вновь измеряли содержание CO_2 в камерах.

Интенсивность газообмена оценивали по разности концентраций CO_2 в начале и в конце экспозиции в мкг С- CO_2 /г/ч по формуле: $\text{ECO}_2 = \Delta \text{CO}_2 \times (V_1 - V_2) / V_m \times M_1 / M_2 \times 0.27 \times 273 / T$, где ECO_2 — эмиссионная активность мкг С- CO_2 /г/ч, ΔCO_2 — количество CO_2 , выделенное древесиной за час (ppm/ч), V_1 — объем экспозиционной камеры (л), V_2 — объем образца (л), V_m — молярный объем (22.4 л/моль), M_1 — молярная масса CO_2 (44 г/моль), M_2 — абсолютно-сухая масса образца (г), 0.27 — массовая доля углерода в CO_2 , T — температура воздуха (К).

Оценка интенсивности роста и конкурентоспособности мицелия. В стерильные чашки Петри диаметром 10 см вносили по 30–40 мл свежеприготовленного стерильного сусло-агара. После застывания среды в центр чашки помещали инокулюм (кусочек сусло-агара 5 × 5 мм с мицелием гриба) и оставляли на 1–2 сут в ламинарном боксе при комнатной температуре. Когда мицелий начинал переходить с инокулюма на питательную среду, чашки помещали в термостат с температурой 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 и 40°C. В зависимости от температуры (реже при низкой и чаще при высокой) измеряли радиальный прирост мицелия и рассчитывали интенсивность его роста в мм/сут. Опыты проводили в трехкратной повторности.

Для изучения температурной динамики конкурентоспособности в чашки Петри диаметром 10 см на сусло-агар помещали друг напротив друга в 1 см от края чашки инокулюм с мицелием *D. confragosa* и *D. tricolor*. Чашки выдерживали 1–2 сут при комнатной температуре и, когда мицелий начинал переходить с инокулюма на питательную среду, помещали в термостат с температурой 5–10, 20 и 35°C. Периодически, в зависимости от скорости роста мицелия при данной температуре, измеряли его радиус в направлении гриба-конкурента и рассчитывали интенсивность роста в мм/сут. Опыты проводили в трехкратной повторности.

Оценка температурной зависимости газообмена мицелия. Чашки Петри диаметром 5 см, на 2/3 заполненные мицелием *D. confragosa* и *D. tricolor*, помещали в экспозиционные камеры (0.27 л) и ставили в термостат с температурой 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 и 50°C на 30 мин для достижения требуемой температуры. Затем чашки открывали, а камеры герметично закрывали и измеряли в них исходное содержание CO_2 с помощью ИК-Фурье спектрометра и помещали в термостат на 2 ч с той же температурой, при которой они находились в предшествующие 30 мин. По окончании экспозиции вновь измеряли содержание CO_2 в камерах и по разнице между конечной и исходной концентрацией оценивали интенсивность газообмена в мкг

$C-CO_2/см^2/ч$ по формуле: $ECO_2 = \Delta CO_2 \times (V_1 - V_2)/V_m \times M/S \times 0.27 \times 273/T$, где ECO_2 – эмиссионная активность мкг $C-CO_2/см^2/ч$, ΔCO_2 – количество CO_2 , выделенное мицелием за ч (ppm/ч), V_1 – объем камеры (л), V_2 – объем чашки (л), V_m – молярный объем (22.4 л/моль), M – молярная масса CO_2 (44 г/моль), S – площадь мицелия ($см^2$), 0.27 – массовая доля углерода в CO_2 , T – температура (К). Опыты проводили в трехкратной повторности.

Статистический анализ. Статистический анализ выполнен с использованием программы Statistica 8.0. Средние арифметические значения (m) приведены со стандартными ошибками (SE), для множественных сравнений использовали однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Для характеристики связей между переменными использовали коэффициент корреляции Пирсона (r). При описании результатов статистического оценивания приведены значения соответствующего критерия и уровни его значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Температурная динамика роста мицелия

На сусло-агаре рост мицелия *D. confragosa* и *D. tricolor* наблюдается в диапазоне 5–35°C, с максимумом при 30°C (*D. confragosa*) – 35°C (*D. tricolor*). В интервале 10–30°C интенсивность роста мицелия тесно и положительно связана ($p = 0.001$, $n = 20$) с температурой: $r = 0.94$ (*D. confragosa*) – 0.97 (*D. tricolor*). Температурный коэффициент роста (Q_{10}) *D. confragosa* в данном диапазоне температур 1.9, а у *D. tricolor* – 2.7. Мицелий *D. confragosa* в 1.7 раза более активно, чем мицелий *D. tricolor*, растет при 5–10°C [$F(1, 14) = 5.5854$, $p = 0.03$], а при 35°C, наоборот, в 2.6 раза более активно [$F(1, 6) = 2668.5$, $p = 0.0001$] растет мицелий *D. tricolor* (рис. 1).

Температурная динамика газообмена CO_2 мицелия

Газообмен мицелия *D. confragosa* и *D. tricolor* на сусло-агаре регистрируется в диапазоне 5–50°C, с максимумом при 35°C у *D. confragosa* и 45°C – у *D. tricolor* (рис. 1). При 5–35°C газообмен мицелия *D. confragosa* тесно и положительно связан с температурой ($r = 0.98$, $p = 0.001$, $n = 21$), однако при 40–50°C эта связь утрачивается ($r = -0.63$, $p = 0.06$, $n = 9$). Газообмен мицелия *D. tricolor* также обнаруживает тесную положительную связь с температурой при 5–45°C ($r = 0.96$, $p = 0.001$, $n = 27$). При 5–10°C интенсивность газообмена *D. confragosa* в 1.6 раза выше, чем у *D. tricolor* [$F(1, 10) = 5.3356$, $p = 0.043$]. Кроме того, CO_2 газообмен *D. confragosa* более энергично, чем *D. tricolor* реагирует и на повышение температуры с 5 до 15°C: температурный коэффициент (Q_{10}) 2.8 и 1.6 соот-

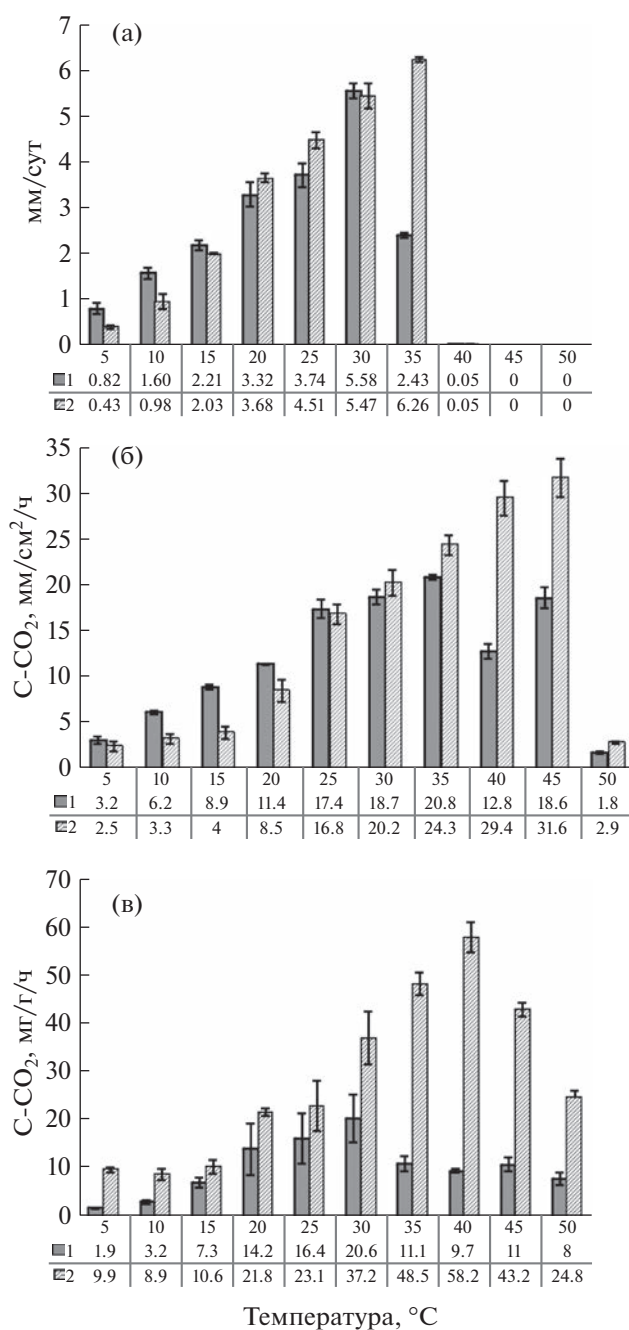


Рис. 1. Температурная динамика роста (а), газообмена CO_2 (б), мицелия на сусло-агаре и газообмена CO_2 древесины, разрушаемой *Daedaleopsis confragosa* и *D. tricolor* (в). Темные колонки – *D. confragosa* (1), светлые колонки – *D. tricolor* (2); $m \pm SE$.

ветственно. При высоких температурах (35–45°C), наоборот, интенсивность газообмена мицелия *D. tricolor* в 1.7 раза выше, чем у *D. confragosa* [$F(1, 16) = 34.774$, $p = 0.001$] и более сильно, чем у *D. confragosa* реагирует на изменение температуры в интервале 10–30°C: Q_{10} 2.5 и 1.7 соответственно.

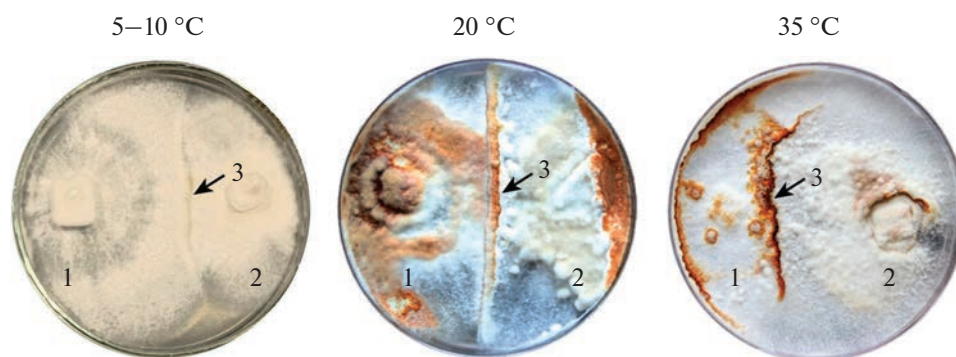


Рис. 2. Температурная динамика конкурентоспособности (barrage test) *Daedaleopsis confragosa* (1) и *D. tricolor* (2).

Температурная динамика газообмена CO₂ древесины, разрушаемой *D. confragosa* и *D. tricolor*

Газообмен CO₂ древесины, разрушаемой *D. confragosa* и *D. tricolor*, наблюдается в том же, что и у дикариотического мицелия на сусло-агаре, интервале температур (5–50°C), но у первого гриба его максимальная интенсивность регистрируется при 30°C, а у второго – при 40°C (рис. 1, В). При 10–30°C газообмен *D. confragosa* тесно и положительно связан с температурой ($r = 0.73$, $p = 0.002$, $n = 15$) и при ее повышении на каждые 10°C усиливается в 2.9 раза, но при 35–50°C эта связь утрачивается ($r = -0.41$, $p = 0.18$, $n = 12$). В случае газообмена древесины, разрушаемой *D. tricolor*, его тесная и положительная связь с температурой регистрируется в интервале 15–40°C ($r = 0.94$, $p = 0.01$, $n = 18$) и отсутствует при 5–15°C ($r = 0.03$, $p = 0.93$, $n = 9$). При 35–50°C газообмен древесины, разрушаемой *D. tricolor*, в 3–6 раза выше, чем древесины, разрушаемой *D. confragosa*.

Температурная динамика конкурентоспособности *D. confragosa* и *D. tricolor*

Результаты теста на конкурентоспособность (barrage test) показывают, что при 5–10°C интенсивность роста мицелия *D. confragosa* значимо ($p = 0.004$) выше (2.4 ± 0.14 мм), чем у *D. tricolor* (1.3 ± 0.18 мм). При 35°C, наоборот, она также значимо ($p = 0.02$) ниже (5.3 ± 0.33 мм/сут), чем у *D. tricolor* (10.1 ± 1.15 мм/сут). При 20°C интенсивность роста мицелия обоих грибов выравнивается ($p = 0.5$) и составляет 7.0 ± 0.2 мм/сут (*D. confragosa*) и 5.9 ± 0.44 мм/сут (*D. tricolor*). В соответствии с этим, *D. tricolor* более конкурентоспособен при 35°C и занимает большую часть питательной среды, при 5–10°C “территориальное” преимущество получает *D. confragosa*, а при 20°C их конкурентоспособность равная и они занимают равные участки питательной среды (рис. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

По температурным характеристикам роста мицелия (диапазон 5–35°C, оптимум при 30–35°C) *D. confragosa* и *D. tricolor* относятся к мезофильным грибам, температурный диапазон роста которых 10–40°C, а температурный оптимум находится при 20–35°C (Kirk et al., 2008). Вместе с тем, у *D. confragosa* и *D. tricolor* есть выраженные особенности по температурной динамике роста дикариотического мицелия. У *D. confragosa* он более интенсивно растет при низких температурах (5–10°C) и его температурный оптимум роста более низкий (30°C), чем у мицелия *D. tricolor*, растущего более активно при температурах выше 30°C и имеющего температурный оптимум при 35°C. Это согласуется с данными Markovik et al. (2013), показавших, что температурный оптимум роста дикариотического мицелия *D. confragosa* на сусло-агаре наблюдается при 30–35°C. *D. tricolor* отличается и более резкая реакция его мицелия на повышение температуры: в диапазоне 10–30°C при каждом ее повышении на 10°C интенсивность роста возрастает в 3 раза, тогда как у *D. confragosa* – в 2 раза.

Температурная динамика газообмена CO₂ мицелия *D. confragosa* и *D. tricolor* подтверждает наличие у них экологической индивидуальности по отношению к низким и высоким температурам. На сусло-агаре активный газообмен мицелия *D. confragosa* и *D. tricolor* регистрируется в одном и том же диапазоне (5–50°C), но с более низким температурным оптимумом (35°C) у *D. confragosa* и более высоким (45°C) у *D. tricolor*. Как и в случае роста, мицелий *D. confragosa* демонстрирует более интенсивный газообмен при низких, а *D. tricolor* – при высоких температурах. Соответствие температурной динамики роста мицелия и его CO₂ газообмена вполне объяснимо, так как рост и дыхание, показателем интенсивности которого является газообмен CO₂, – это два тесно связанных процесса (Tselniker et al., 1993).

Температурная динамика газообмена CO₂ древесины, разрушаемой у *D. confragosa* и *D. tricolor*, принципиально не отличается от таковой дикари-

отического мицелия на сусло-агаре: 1) регистрируется в том же температурном диапазоне; 2) температурный максимум у *D. tricolor* на 10°C выше, чем у *D. confragosa*; 3) при 35–50°C интенсивность CO₂ газообмена древесины, разрушаемой *D. tricolor*, выше, чем у древесины, разрушаемой *D. confragosa*. Это говорит о том, что регистрируемый CO₂ газообмен древесины определяется дыхательной активностью субстратного мицелия соответствующих видов ксилотрофных грибов.

Температурные особенности роста и газообмена CO₂ *D. confragosa* и *D. tricolor* определяют температурную динамику их конкурентоспособности — *D. confragosa* имеет конкурентные преимущества при колонизации древесины при низких, а *D. tricolor* — при высоких температурах. Это в целом соответствует их географическому распространению, в частности, *D. tricolor*, который рассматривают как гриб субсредиземноморского типа распространения (Piątek, 2001) или южный экотип *D. confragosa* (Ryvarden, Gilbertson, 1993; Galović et al., 2018). М.А. Бондарцева (Bondartseva, 1998) также указывает, что в России *D. tricolor* встречается преимущественно в относительно мягких климатических условиях.

Koukol et al. (2014) со ссылкой на работу Kotlaba et al. (2010), отмечают, что если в прошлом *D. tricolor* очень редко встречался в Богемии, то в настоящее время это уже обычный здесь гриб. Об увеличении в Польше числа известных местонахождений *D. tricolor* сообщает и Piątek (2001). Возможно, это связано с потеплением климата, способствующим расселению грибов с такими температурными характеристиками, как у *D. tricolor*. Учитывая эколого-физиологические особенности *D. tricolor*, морфологическую и географическую обособленность и отсутствие генетических отличий от *D. confragosa* (Koukol et al., 2014; Mentrída et al., 2015; Galović et al., 2018; Mukhin et al., 2020) его, скорее всего, следует рассматривать как южную географическую расу *D. confragosa*. В таксономии последняя соответствует подвиду: совокупность фенотипически сходных популяций, населяющих определенную часть видового ареала (Mayr, 1974).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По температурной динамике роста и газообмена CO₂ *D. confragosa* и *D. tricolor* относятся к мезофильным грибам, но отличаются выраженной экологической индивидуальностью по отношению к низким и высоким температурам. Это определяет температурную динамику их относительной конкурентоспособности. У *D. confragosa* она более высокая при низких, а у *D. tricolor* — при высоких температурах и это коррелирует с их географическим распространением, в частности, *D. tricolor*, который по совокупности географических и эколого-физиологических признаков, по-видимому, сле-

дует рассматривать как южный подвид *D. confragosa* s.l.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ и Правительства Свердловской обл. (проект № 20-44-660012), а также Государственного соглашения Института экологии растений и животных УрО РАН (№ АААА-А19-119031890084-6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Bondartseva M.A. Definitorium fungorum Rossiae. Ordo Aphyllophorales. Fasc. 2. Familiae Albatrellaceae, Aporpiaceae, Boletopsidaceae, Bondarzewiaceae, Corticiaceae (genera tubuliferae), Fistulinaceae, Ganodermataceae, Lachnocladiaceae (genus tubiliferus), Phaeolaceae, Polyporaceae (genera tubuliferae), Poriaceae, Rigidoporaceae. Nauka, SPb., 1998 (in Russ.).
- Chandrawanshi N.K., Tandia D.K., Jadhav S.K. Determination of antioxidant and antidiabetic activities of polar solvent extracts of *Daedaleopsis confragosa* (Bolton) J. Schröt. Res. J. Pharmacy Technol. 2018. V. 11 (12). P. 5623–5630.
<https://doi.org/10.5958/0974-360X.2018.01020.X>
- Čilerdžić J., Galić M., Ivanović Ž. et al. Stimulation of wood degradation by *Daedaleopsis confragosa* and *D. tricolor*. Appl. Biochem. Biotechnol. 2019. V. 187. P. 1371–1383.
<https://doi.org/10.1007/s12010-018-2884-2>
- Dudka I.A., Wasser S.P., Ellanskaya I.A. et al. Methods of experimental mycology. Naukova dumka, Kiev, 1982 (in Russ.).
- Farr D.F., Bills G.F., Chamuris G.P. et al. Fungi on plants and plant products in the United States. The American Phytopathological Society (APS) Press, St. Paul, Minnesota, 1989.
- Galović V., Marković M., Pap P. et al. Molecular taxonomy and phylogenetics of *Daedaleopsis confragosa*. Genetika. 2018. V 50 (2). P. 519–532.
<https://doi.org/10.2298/GENSR1802519G>
- GBIF Secretariat. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset, 2021.
<https://doi.org/10.15468/39omei>. Accessed 25.07.2021.
- Gilbertson R.L., Ryvarden L. North American polypores, V. 1: *Abortiporus* — *Lindtneria*. Fungiflora, Oslo, 1986.
- Index Fungorum. CABI database, 2022. <http://www.index-fungorum.org>. Accessed 25.07.2022.
- Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.W. et al. Dictionary of Fungi. Tenth edition. CABI, 2008.
- Kotlaba F., Pouzar Z., Kout J. Locations of the very rare tricolor reticulate — *Daedaleopsis tricolor* in the Czech Republic. Mykologické Listy. 2010. № 113. P. 20–22.
- Koukol O., Kotlaba F., Pouzar Z. Taxonomic evaluation of the polypore *Daedaleopsis tricolor* based on morphology and molecular data. Czech Mycol. 2014. V. 66. P. 107–119.
<https://doi.org/10.33585/cmy.66201>
- Lebedev L.R., Teplyakova T.V., Vyazovaya E.A. et al. Method for Obtaining *Daedaleopsis confragosa* K-1326 Extracts with Antitumor Activity. Biotechnology. 2019. V. 35 (1). P. 68–72 (in Russ.).
- Markovič M., Orlović S., Pap P. et al. Influence of temperature on the mycelium growth of *Daedaleopsis confragosa* (Bolt.: Fr.) J. Schröt. Topola. 2013. № 191/192. P. 31–41.

- Markovič M., Pap P., Drekić M. et al. Ferment activity of *Daedaleopsis confragosa* (Bolt.: Fr.) J. Schröt. fungus. Topola. 2015. № 195/196. P. 107–115.
- Mayr E. Populations, species and evolution. Mir, Moscow, 1974 (in Russ.).
- Mentrida S., Krisai-Greilhuber I., Voglmayr H. Molecular evaluation of species delimitation and barcoding of *Daedaleopsis confragosa* specimens in Austria. Österreichische Zeitschr. Pilzkund. 2015. V. 24. P. 173–179.
- Mukhin V.A., Zhuykova E.V., Vladykina V.D. et al. Notes on medicinal polypore species from the genus *Daedaleopsis* (*Agaricomycetes*), distributed in the Asian part of Russia. Int. J. Medicinal Mushrooms. 2020. V. 22 (8). P. 775–780. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2020035417>
- Piątek M. New discovery of *Daedaleopsis tricolor* (*Fungi, Poriales*) and a review of its distribution in Poland. Polish Bot. J. 2001. V. 46 (2). P. 277–279.
- Ryvarden L., Gilbertson R.L. European polypores. V. 6. P. 1: *Abortiporus* – *Lindneria*. Fungiflora, Oslo, 1993.
- Stajić M., Čilerdžić J., Galić M. et al. Lignocellulose degradation by *Daedaleopsis confragosa* and *D. tricolor*. BioResources. 2017. V. 12 (4). P. 7195–7204. <https://doi.org/10.15376/biores.12.4.7195-7204>
- Tselniker Yu.L., Malkina I.S., Kovalev A.G. et al. The growth and CO₂ gaseous exchange in forest trees. Nauka, Ekaterinburg, 1993 (in Russ.).
- Vidović S., Zeković Z., Mujić I. et al. The antioxidant properties of polypore mushroom *Daedaleopsis confragosa*. Cent. Eur. J. Biol. 2011. V. 6 (4). P. 575–582. <https://doi.org/10.2478/s11535-011-0029-5>
- Vladykina V.D., Mukhin V.A., Badalyan S.M. *Daedaleopsis* genus in Siberia and the Far East of Russia. In: Information technology in biodiversity research: Proceedings of III Russian National conference. Ekaterinburg, 2020, pp. 17–26.
- Zhao J.-Y., Ding J.-H., Li Z.-H. et al. Two new compounds from cultures of the basidiomycete *Daedaleopsis tricolor*. J. Asian Natural Products Res. 2020. V. 22 (10). P. 941–946. <https://doi.org/10.1080/10286020.2019.1668377>
- Бондарцева М.А. (Bondartseva) Определитель грибов России. Порядок Афиллофоровые. Вып. 2. СПб.: Наука, 1998. 391 с.
- Дудка И.А., Вассер С.П., Элланская И.А. и др. (Dudka et al.) Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка, 1982. 552 с.
- Майр Э. (Mayr) Популяции, виды и эволюция. М.: Мир, 1974. 464 с.
- Цельникер Ю.Л., Малкина И.С., Ковалев А.Г. и др. (Tselniker et al.) Рост и газообмен CO₂ у лесных деревьев. М.: Наука, 1993. 256 с.

Temperature Dynamics of Growth, CO₂ Gas Exchange and Competitiveness of *Daedaleopsis confragosa* and *D. tricolor*

V. A. Mukhin^{a,b,#}, V. D. Vladykina^{b,##}, and D. K. Diyarova^{a,###}

^aInstitute of Plant and Animal Ecology of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

^bUral Federal University named after the first President of Russia B.N. Eltsin, Ekaterinburg, Russia

[#]e-mail: victor.mukhin@ipae.uran.ru

^{##}e-mail: viktoria.yambusheva@urfu.ru

^{###}e-mail: dasha_d@ipae.uran.ru

The temperature dynamics of mycelium growth, CO₂ gas exchange and competitiveness of *Daedaleopsis confragosa* and *D. tricolor* were analyzed. It has been shown that on agar (MEA) mycelium growth is limited to 5–35°C, and its maximum is observed at 30°C (*D. confragosa*) – 35°C (*D. tricolor*). The mycelium CO₂ gas exchange at MEA is recorded in the range of 5–50°C, with a maximum for *D. confragosa* at 35°C and 45°C for *D. tricolor*. The temperature dynamics of CO₂ gas exchange in wood destroyed by *D. confragosa* and *D. tricolor* does not fundamentally differ from that of dikaryotic mycelium on MEA: recorded in the same temperature range (5–50°C), the temperature maximum is higher in *D. tricolor* (40°C) than in *D. confragosa* (30°C). According to the temperature characteristics of mycelium growth and CO₂ gas exchange *D. confragosa* and *D. tricolor* can be characterized as mesophilic fungi, but differ in pronounced ecological individuality in relation to low and high temperatures. *D. confragosa* is characterized by more intensive growth and CO₂ gas exchange of mycelium at 5–10°C, and *D. tricolor* at 35–50°C, which determines the temperature dynamics of their competitiveness: higher in *D. confragosa* at low, and in *D. tricolor* – at high temperatures. This corresponds to their geographical distribution: the first one is found in all latitudinal parts of the forest zone, and the second one is absent in its northern part, but common in the southern. According to the geographical and ecological-physiological features, *D. tricolor* can apparently be considered as the southern subspecies of *D. confragosa* s.l.

Keywords: Basidiomycota, ecophysiology, temperature factor, xylotrophic fungi