

СВЯЗЫВАНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ МИЦЕЛИЕМ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ

Гончарова И.А.¹, Арашкова А.А.¹, Тригубович А.М.¹, Сосновская Н.Е.², Соколова Т.В.², Мицкевич А.Г.³

¹Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси, г. Минск

²Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, г. Минск

³Национальный художественный музей Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь.

Среди опасных для здоровья веществ одно из ведущих мест занимают тяжелые металлы, многие из которых токсичны для человека даже в незначительных количествах. Соединения, содержащие тяжелые металлы, до сих пор используются в качестве биоцидов, хотя сфера их применения постоянно сужается. Широко применявшийся ранее для борьбы с плесневыми грибами сульфат меди уступает место фунгицидным препаратам органической природы, которые способны к разложению. Влияние токсичных металлов и их соединений на экологическую обстановку зависит от многих факторов: химической формы, количества, доступности и т.д. [1]. Например, они входят в состав значительной части пигментов, используемых в живописи, не представляя при этом реальной опасности для здоровья.

Хорошо известна способность мицелиальных грибов концентрировать в своей биомассе различные токсиканты, в том числе радиоактивные изотопы и ионы тяжелых металлов [2].

Цель работы – исследование сорбирующей способности микромицетов, выделенных из очагов плесневого поражения в жилых помещениях и музейных учреждениях на объектах, содержащих соединения тяжелых металлов.

Методы исследования. Грибы культивировали в поверхностной и глубинной культуре на среде Чапека–Докса. Сорбционную активность грибов оценивали по уменьшению концентрации ионов металлов после 1 ч контакта глубинного мицелия с 0,1н растворами соответствующих солей. Сорбционную емкость – СЕ (мг-экв/г или мг/г) рассчитывали по формуле: $CE = (C_{исх} - C_{кон}) \cdot V / m$, где $C_{исх}$ и $C_{кон}$ – исходная и конечная концентрации ионов металла; V – объем раствора; m – масса сорбента (г, в пересчете на сухие вещества). Содержание металлов оценивали методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии на приборе Сатурн-3П-1.

Результаты исследования. Из 68 культур, доминировавших в очагах повторного развития плесневых грибов в квартирах, стены которых ранее были обработаны медным купоросом, 35,3 % были представителями семейства Dematiaceae с темнопигментированным мицелием (преимущественно *Alternaria*, *Ulocladium*, *Cladosporium*), 32,4% принадлежали роду *Aspergillus*, 17,6% – *Penicillium*. Следует отметить, что наибольшей частотой встречаемости обладал *Aspergillus niger*, но доминирующей культурой он был редко.

Так как выделение проводили стерильными ватными палочками с нижней стороны обоев, контактировавшей непосредственно с обработанной медным купоросом штукатуркой, была проверена способность изолятов расти на агаризованной среде с содержанием

сульфата меди от 0,001 до 0,1%. При посеве спорами Cu_2SO_4 в концентрации 0,001, 0,01 и 0,05% полностью ингибировал рост 8, 45 и 64 культур, соответственно. При посеве пеллетами глубинной культуры устойчивость грибов к токсическому действию ионов меди резко возросла, все грибы активно росли на среде с 0,001% Cu_2SO_4 , а 5 штаммов проявили способность развиваться даже в присутствии 0,1% биоцида.

Неоднократно проводились микологические обследования и объектов живописи в связи с жалобами искусствоведов, фондовых работников и других сотрудников музея на аллергические реакции во время работы [3]. 13 культур было выделено из колоний, гифы которых могли контактировать с пигментами, содержащими тяжелые металлы (поверхность картин, тыльная сторона холстов, лаковый слой иконописи). Большинство из них принадлежало роду *Aspergillus*.

Проверка сорбционной способности исследованных грибов показала, что мицелию большинства культур соответствовал следующий ряд предпочтительности сорбции: $Fe^{3+} > Pb^{2+} > Cu^{2+} > Cd^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+} > Co^{2+}$. За исключением первых двух элементов (железо и свинец) последовательность элементов в ряду может меняться (рисунок). Большинство культур, выделенных из обработанных медным купоросом квартир, связывало 30–50 мг ионов меди на грамм мицелия, а 18% – 70 мг/г и более. Корреляционная зависимость между устойчивостью к ионам меди и сорбционной емкостью по отношению к данному металлу отсутствовала.

Повышенной сорбционной способностью обладали меланизированные грибы. Следует отметить, что при глубинном культивировании в присутствии солей меди темную окраску приобретала биомасса многих грибов с неокрашенным мицелием в контрольном варианте. Способность связывать ионы тяжелых металлов зависела, в основном, от штаммовых особенностей (таблица).

То, что плесневые грибы, появившиеся на стенах, обработанных медным купоросом, представляют повышенную опасность для здоровья, подтверждает и тот факт, что во всех таких квартирах были большие астмы и другими респираторными заболеваниями аллергической природы.

В одной из квартир г. Минска 9-месячный ребенок не мог находиться из-за тяжелых приступов астмы в собственной квартире, из которой были удалены все возможные источники аллергенов. Проведенное детальное микологическое обследование выявило высокую обсемененность проб, взятых из небольших вентиляционных решеток в полу. При вскрытии пола были обнаружены колонии плесневых грибов на ржавых водопроводных трубах в подпольном пространстве.

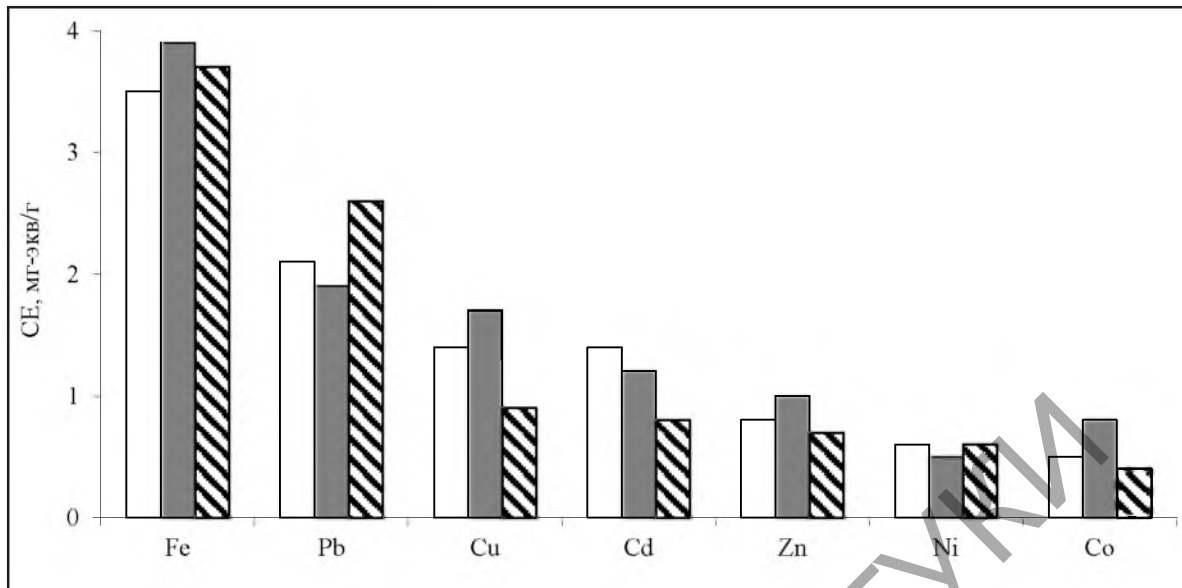


Рисунок. Сорбционная емкость по ионам тяжелых металлов грибов *Paecilomyces variotii* (□), *Alternaria alternata* (■) и *Aspergillus niger* (▨), выделенных из пораженной живописи.

Таблица 1. Сорбция ионов тяжелых металлов из 0,1н растворов мицелием штаммов *A. niger* и *A. versicolor* с низкой (Мн), умеренной (Му) и высокой устойчивостью (Мв) к повышенным концентрациям ионов меди в питательной среде.

	Сорбционная емкость, мг/г		
	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Fe ³⁺
<i>A. niger</i> Мн	27,3 ±2,3	82,5 ±2,7	70,8 ±2,8
<i>A. niger</i> Му	54,5 ±3,1	191,7 ±3,1	74,3 ±2,0
<i>A. niger</i> Мв	18,3 ±1,6	206,5 ±3,6	64,7 ±3,3
<i>A. versicolor</i> Мн	17,7 ±2,1	163,2 ±2,1	67,5 ±2,4
<i>A. versicolor</i> Му	31,6 ±1,4	186,6 ±3,4	69,4 ±3,1
<i>A. versicolor</i> Мв	13,0 ±2,9	175,9 ±2,5	56,8 ±2,7

Соответствующие ремонтные работы и лечение, проведенное с учетом аэрогенной интоксикации организма железом, позволили решить данную проблему.

Свинцовые белила очень широко использовались в живописи вплоть до середины XIX века. Существует потенциальная опасность поступления в дыхательную систему спор и фрагментов мицелия, насыщенного свинцом, ионы которого не оказывают заметного действия на плесневые грибы даже в высоких концентрациях, хотя способны накапливаться в мицелии в очень больших количествах. Таким образом, при оценке микологической безопасности помещений и объектов необходимо учитывать не только таксономическую принадлежность плесневых грибов, но и возможность накопления ими токсикантов, в первую очередь тяжелых металлов.

Список литературы

1. Климов Е.С., Давыдова О.А., Завальцева О.А., Борисова В.В. К вопросу о распространении тяжелых металлов в природных средах. Фундаментальные исследования. 2004. № 2 – 137-38.
2. Бисько Н.А., Ровбель Н.М., Гончарова И.А. Способность мицелия высших базидиальных грибов связывать тяжелые металлы. Укр. бот. журн. 2004; 61(6): 52–6.
3. Gontcharova IA, Arashkova AA, Trigubovich AM, Micevich AG. Colonization of mineral materials of historical buildings by mould fungi. Materials of V International symposium "Biogenic-abiogenic interaction in natural and anthropogenic systems" Saint-Petersburg. 2014. Saint-Petersburg: VVM Publishing Lld., 2014: 144-5.