

Н.А. БИСЬКО¹, Н.М. РОБВЕЛЬ², И.А. ГОНЧАРОВА²

¹ Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины
ул. Терещенковская, 2, Киев, 01601, Украина

² Институт микробиологии НАН Беларуси
ул. Купревича, 2, Минск, 220141, Беларусь

БИОСОРБЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ МИЦЕЛИЕМ ВЫСШИХ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ

Ключевые слова: биосорбция, тяжелые металлы, мицелий, высшие базидиомицеты.

Введение

Проблема уменьшения губительного воздействия загрязнения окружающей среды высокотоксичными тяжелыми металлами на организм человека не теряет своей актуальности и в XXI в.

От загрязнения тяжелыми металлами особенно страдают жители крупных городов и промышленных центров [7]. Отравление солями тяжелых металлов часто начинается еще до рождения человека. Нередко концентрация вредных веществ у плода даже выше, чем в организме матери, что приводит к появлению врожденных заболеваний прежде всего органов пищеварения и почек [5]. Мочекаменная и желчекаменная болезнь — своего рода индикатор неблагополучия — теперь встречаются даже у дошкольников [1].

Одним из наиболее опасных токсикантов является свинец, занимающий первое место среди промышленных отравлений. Он характеризуется высоким коэффициентом накопления в организме, низкой скоростью и неполнотой выделения с продуктами жизнедеятельности, отрицательно влияет на развитие мозга и нервной системы. Даже низкие его дозы снижают уровень интеллектуального развития, приводят к агрессивности, гиперактивности и другим проблемам в поведении ребенка.

Еще один опасный поллютант, содержание которого в воздухе и почве непрерывно увеличивается, — это кадмий, который, в отличие от свинца, характеризуется высокой подвижностью ионов. Соединения кадмия вызывают онкологические заболевания и обладают тератогенным действием. Хроническое поступление в организм кадмия приводит к заболеваниям печени, гортани, изменениям в костях, увеличивающим их хрупкость [4, 8].

Важную роль в процессах обмена веществ человека играет медь. Как при недостаточном, так и избыточном ее поступлении в организм нарушаются жизненно важные функции, в частности при дефиците меди нарушаются обмен железа, биосинтез фосфолипидов, повышается астеобластическая активность, при избытке возникают функциональные расстройства печени, почек, нервной системы.

© Н.А. БИСЬКО, Н.М. РОБВЕЛЬ, И.А. ГОНЧАРОВА, 2004

Наиболее эффективным методом выведения из организма тяжелых металлов является энтеросорбция. В последние годы внимание исследователей стали привлекать энтеросорбенты, объединенные термином «пищевые волокна». К ним относят неперевариваемые в тонком кишечнике некрахмальные полисахариды, такие как целлюлоза, темицеллюлоза, хитин, пектины, лигнин [2]. Продукты питания, изготовленные с помощью современных технологий, содержат чрезвычайно мало пищевых волокон, и, соответственно, возникает необходимость дополнительного их введения в рацион.

Из-за сложной экологической обстановки, сложившейся во многих регионах Украины и Беларуси, продукты растениеводства, богатые пищевыми волокнами, сами зачастую содержат поллютанты, опасные для здоровья. Весьма перспективным сырьем для получения экологически чистых субстанций с высокими сорбционными характеристиками являются высшие дереворазрушающие базидиальные грибы, известные своими уникальными питательными и лечебно-профилактическими свойствами [3].

Цель представленной работы состояла в оценке сорбционной способности мицелия 10 видов высших базидиальных грибов, выращенных глубинным методом, по отношению к наиболее распространенным токсичным металлам — свинцу, кадмию и меди.

Материал и методы исследований

Объектом исследования были 20 штаммов высших базидиальных грибов из коллекции культур Института микробиологии НАН Беларуси, принадлежащих к 10 видам: *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm., *Lentinus edodes* (Berk.) Sing., *L. lepideus* (Fr.: Fr.) Fr., *Crinipellis schevczenkovi* Buchalo, *Trametes hirsutus* (Wulf.: Fr.) Pil., *T. versicolor* (L.: Fr.) Lloyd, *Piptoporus betulinus* (Bull.: Fr.) P. Karst., *Inonotus obliquus* (Pers.: Fr.) Bound. et Sing., *Phellinus robustus* (P. Karst.) Bourd. et Galz и *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst.

Штаммы выращивали глубинным способом в колбах Эрленмейера на качалке (180–200 об./мин) при 27 °С на глюкозо-пептонной среде следующего состава (г/л): глюкоза — 20, пептон — 3, дрожжевой экстракт — 2, K_2HPO_4 — 1, KH_2PO_4 — 1, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,25, вода дистиллированная — 1 л. pH среды 6. Время культивирования 6 сут.

Сорбцию ионов тяжелых металлов мицелием разных видов грибов из растворов с низкой концентрацией исследовали таким образом: 0,5 г сырой биомассы заливали 50 мл 0,25 мМ растворов нитрата свинца, сульфатов кадмия или меди и выдерживали 1 ч при постоянном перемешивании на качалке [10]. Исходное и конечное содержание ионов металлов анализировали методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе AAS-30 (Carl Zeiss Jena, Германия).

Для характеристики сорбционной активности биомассы использовали величину статической обменной емкости (COE), мг/г:

$$COE = (C_{исх.} - C_{кон.}) V / m,$$

где ($C_{\text{исх.}} - C_{\text{кон.}}$) — концентрация ионов металла (соответственно исходная и конечная), мг/мл; V — объем раствора, мл; m — масса сорбента, г, в пересчете на сухое вещество.

Результаты исследований и их обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о том, что все изученные нами виды грибов значительно активнее сорбируют свинец, чем кадмий и медь (таблица). Наибольшей величиной сорбционной емкости свинца обладает мицелий следующих видов и штаммов: *Trametes hirsutus*, *Ganoderma lucidum* 362, *Lentinus edodes* 185, а кадмия и меди — *T. hirsutus*. Мицелий многих ксилотрофных базидиомицетов, выращенный в глубинных условиях, отличается предпочтительностью связывания кадмия, свинца и меди по сравнению с другими двухвалентными металлами [9].

Клеточные стенки базидиомицетов, в частности хитин-глюкоановый комплекс, содержат огромное разнообразие функциональных групп — активных центров связывания тяжелых металлов [3].

Необходимо отметить значительные видовые и штаммовые отличия показателя биосорбции исследуемых металлов. Так, сорбционная емкость

Биосорбция ионов свинца, кадмия и меди мицелием разных видов высших базидиальных грибов

Вид, штамм	Сорбционная емкость биомассы, мг/г		
	Cu	Cd	Pb
<i>Crinipellis schevczencovi</i>	1,47	4,03	8,65
<i>Ganoderma lucidum</i> 171	1,98	5,38	7,00
<i>G. lucidum</i> 333	1,66	5,71	14,42
<i>G. lucidum</i> 357	2,62	6,16	16,27
<i>G. lucidum</i> 358	2,30	6,61	14,01
<i>G. lucidum</i> 362	3,20	8,85	17,10
<i>Inonotus obliquus</i>	2,62	5,26	11,33
<i>Lentinus edodes</i> 104	2,43	8,74	9,27
<i>L.edodes</i> 109	1,41	5,26	8,03
<i>L.edodes</i> 181	0,96	4,59	5,97
<i>L.edodes</i> 185	1,66	6,38	16,89
<i>L.edodes</i> 192	1,09	4,82	16,27
<i>L. lepideus</i>	1,41	9,07	15,66
<i>Piptoporus betulinus</i>	1,34	1,68	10,71
<i>Phellinus robustus</i>	3,33	9,07	10,92
<i>Pleurotus ostreatus</i> 15	1,34	3,47	11,33
<i>P. ostreatus</i> 43	2,24	6,83	15,45
<i>P. ostreatus</i> 85	1,47	3,81	8,45
<i>Trametes hirsutus</i>	3,58	11,42	17,30
<i>T. versicolor</i>	1,09	4,82	10,51

мицелия *Ganoderma lucidum* 171 по отношению к свинцу была в 2,4 раза ниже, чем у *G. lucidum* 362, а *Lentinus edodes* 185 — в 2,8 раза выше, чем у *L. edodes* 181. У разных штаммов *G. lucidum* минимальная и максимальная величины биосорбции кадмия отличались в 1,6 раза, *L. edodes* — 1,9, *P. ostreatus* — 2 раза, меди — в 1,9, 2,5 и 1,7 раза соответственно.

Величина биосорбции кадмия наиболее исследованных видов отличалась в 6,8 раза: минимальной она была у *Piptoporus betulinus*, максимальной — у *Trametes hirsutus* (таблица).

Результаты, представленные в таблице, свидетельствуют о том, что по сорбционной емкости меди и свинца различия между видами менее существенны. Так, величина биосорбции меди *Lentinus edodes* 181 (минимальная для изученных видов и штаммов) была в 3,7 раза меньше, чем *Trametes hirsutus*. А сорбционная емкость свинца *Ganoderma lucidum* 171 (минимальная для изученных видов и штаммов) и *Trametes hirsutus* (максимальная величина) отличались в 2,5 раза.

Наименее активно сорбировал медь мицелий *Lentinus edodes* 181 и 192, а также *Trametes versicolor*, кадмий — *Piptoporus betulinus*, а свинец — *Lentinus edodes* 181.

Необходимо отметить, что при общей тенденции исследуемых видов высших базидиомицетов к более активной сорбции свинца, у них отмечена значительная вариабельность сорбционной емкости отдельных металлов. Например, количество свинца, которое сорбирует штамм *Lentinus edodes* 192, в 14,9 раз превышало показатель сорбционной емкости меди и в 3,4 раза — кадмия. В то же время для *Lentinus edodes* 104 биосорбция свинца всего в 3,8 раза превышала сорбционную емкость меди и только в 1,1 раза — кадмия (таблица).

Выводы

На основе изучения способности мицелия 10 видов дереворазрушающих базидиомицетов, выращенных в глубинных условиях, сорбировать медь, кадмий и свинец установлено:

1. Способность сорбировать тяжелые металлы для изученных видов уменьшается в ряду свинец → кадмий → медь.
2. Наибольшей сорбционной емкостью по отношению к кадмию, меди и свинцу обладал *Trametes hirsutus*.
3. Мицелий высших базидиальных дереворазрушающих грибов (*Trametes hirsutus*, *Phellinus robustus*, *Ganoderma lucidum* 362, *Lentinus edodes* 185), выращенный в глубинных условиях, является перспективным сырьем для получения энтеросорбентов и функциональных продуктов для снятия хронической и острой интоксикации организма человека и сельскохозяйственных животных медью, кадмием и свинцом.

1. Длин В.В., Османов И.М., Юрьева Э.А. Терапия нефропатий, развивающихся под влиянием неблагоприятных антропогенных экологических воздействий (соли тяжелых металлов) // I Конгресс педиатров-нефрологов России (Санкт-Петербург, 17—19 сент. 1996 г.): Тез. докл. — Санкт-Петербург, 1996. — С. 47—51.
2. Кашишцев П.А., Залевский В.И., Мазанчук В.П., Перевязка А.В. Пищевые волокна в рациональном питании человека. — М.: Мир, 1989. — 187 с.
3. Baldrian P. Interactions of heavy metals with white-rot fungi // Enzyme and Microbial Technology. — 2003. — 32. — P. 78—91.
4. Coban T., Beduke Y., Iscan M. In vitro effect of cadmium and nickel on glutation, lipid peroxidation and glutation-S-transferase in human kidneys // Toxicology in vitro. — 1996. — 10. — P. 241—245.
5. Fowler B.A. Mechanisms of kidney cell injury from metals // Environ. Health Perspect. — 1992. — 10. — P. 56—63.
6. Gadd G.M. Interaction of fungi with toxic metals // New Phytol. — 1993. — 124. — P. 25—60.
7. Gromov S., Paramonov S. Problems of evaluating atmospheric heavy metal balances for the former USSR // Fifth Int. Symp. and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe (Prague, Sept. 2000): Abstracts. — Prague, 2000. — P. 108.
8. Louwerys R.R., Bernard A.M., Roels H.A. Cadmium: exposure markers as predictors of nephrotoxic effects // Clin. Chem. — 1994. — 40, № 2. — P. 1391—1394.
9. Rovbel N.M., Goncharova I.A., Sokolova T.V. Sorption of toxic metals by medicinal Basidiomycetes // Int. J. Med. Mushr. — 2001. — 3, № 2/3. — P. 213.
10. Schiewer S., Volesky B. Modeling of the proton-metal ion exchange in biosorption // Environ. Sci. and Technol. — 1995. — 29. — P. 3049—3058.

Рекомендує до друку
А.С. Бухало

Надійшла 25.06.2004

Н.А. Біско¹, Н.М. Ровбель², І.А. Гончарова²

¹ Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, м. Київ

² Інститут мікробіології НАН Білорусі, м. Мінськ

БІОСОРБЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ МІЦЕЛІОМ ВИЩИХ БАЗИДІАЛЬНИХ ГРИБІВ

Дослідження біосорбції важких металів (мідь, кадмій, свинець) міцелієм 10 видів вищих дереворуйнівних базидіоміцетів, вирощених у глибинних умовах, дозволило встановити, що величина сорбційної ємності зменшується в ряду свинець → кадмій → мідь. Найактивніша сорбція усіх досліджених металів була характерна для *Trametes hirsutus*.

N.A. Bisko¹, N.M. Rovbel², I.A. Goncharova M.G.²

¹ Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

² Institute of Microbiology, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk

BIOSORPTION OF HEAVY METALS BY THE MYCELIA OF HIGHER BASIDIOMYCETES

It was demonstrated that the biosorption of heavy metals by 10 species of Higher wood inhabiting Basidiomycetes, that were grown in the submerged conditions, decreased the following way: the lead → the cadmium → the copper. *Trametes hirsuta* had the most sorption capacity of investigated heavy metals.