

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ МИКОЛОГИИ**  
**ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ**

---

# **СОВРЕМЕННАЯ МИКОЛОГИЯ В РОССИИ**

**ТОМ 4**

**МАТЕРИАЛЫ III МЕЖДУНАРОДНОГО  
МИКОЛОГИЧЕСКОГО ФОРУМА**

Москва  
2015

на древесных остатках и в почвенном слое под щепой свидетельствуют о развитии в почве грибов с поверхности щепы.

В древних городских почвах выявлено возрастание разнообразия грибных сообществ в культурных слоях, содержащих древесные остатки хорошей сохранности, по сравнению с погребенными культурными слоями без остатков. Именно в слоях с древесными остатками и щепой было отмечено увеличение обилия видов родов *Trichoderma*, *Fusarium* и появление темноокрашенных грибов (родов *Alternaria*, *Stachybotrys* и др.), нетипичных для сходных по глубине вмещающих горизонтов.

Таким образом, вместе с древесными остатками в городские почвы может поступать и сохраняться в жизнеспособном состоянии широкий спектр целлюлозоразлагающих грибов, но также ряд видов с известными фитопатогенными свойствами.

*Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 15-04-02036.*

#### Список литературы

- Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы. Под ред. акад. РАН Г.В. Добровольского. М.: Ойкумена, 2003: 270 с.
- Постановление Правительства Москвы от 11 мая 2010 г. № 386-ПП "О внесении изменений в постановление Правительства Москвы от 10 сентября 2002 г. № 743-ПП".
- Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех. 2005: 196 с.
- Иванова А.Е., Марфенина О.Е., Суханова И.И. Функциональное разнообразие микроскопических грибов в городских почвах разного возраста формирования. Микология и фитопатология. 2008; 42(5): 450-60.
- Трояновский С. Великий Новгород: материальный мир средневековой республики. Неприкосновенный запас. 2007. №5 (55).
- Частухин В.Я., Николаевская М.А. Биологический распад и ресинтез органических веществ в природе. Л., 1969. 326 с.
- Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1991: 303 с.
- Zdybicka-Barabas A, Stączek S, Mak P et al. The effect of *Galleria mellonella* apolipoprotein III on yeasts and filamentous fungi. *J Insect Physiol*, 2012; 58(1): 164-77

## БИОАККУМУЛЯЦИЯ ТОКСИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И РАДИОНУКЛИДОВ АГАРИКОМИЦЕТАМИ

*Иванов А.И.*  
Пензенская ГСХА

Одной из важнейших биологических особенностей агарикомицетов является их способность в последние десять лет в лесных экосистемах Пензенской области, не подверженных сильному техногенному загрязнению, под руководством автора была проведена работа в плане изучения закономерностей накопления в плодовых телах различные химические элементы [1, 2].

Измерения концентраций металлов в плодовых телах грибов и субстратах, на которых они развивались, осуществлялись на атомно-адсорбционном спектрометре МГА 915 МД и рентгенофлуоресцентным методом на приборе Спектроскан Макс-GF1E. Определение содержания радионуклидов осуществлялось на гамма-спектрометрическом комплексе СКС-50М.

Среди тяжелых металлов особой токсичностью отличается Cd, который относится к числу наиболее опасных для здоровья человека химических элементов. Он принадлежит к числу приоритетных загрязняющих веществ и в соответствии с ГОСТ 17.4.1.02-83 относится к первому классу опасности. Из 35 видов агарикомицетов, изученных нами, большинству не свойственна биконцентрация этого элемента на незагрязненных почвах. Коэффициент накопления (КН) – отношение содержания элемента в плодовом теле к

его содержанию в питающем субстрате у них меньше единицы. Исключение составляют два вида – *Amanita muscaria* и *Armillaria ostoya*. Для первого этот показатель составил – 8,181, для второго – 7,50. Средний показатель содержания Cd в плодовых телах агарикомицетов в районе исследований составляет – 0,067 мг/кг. Однако для ряда видов – *Boletus edulis* (0,083 мг/кг), *Lactarius deliciosus* (0,082), *Macrolepiota procera* (0,090 мг/кг) он превышает среднюю величину и приближается к ПДК, которая составляет для съедобных грибов 0,1 мг/кг. В связи с высокой летучестью соединений Cd, загрязнение ими почвенного покрова, оказывает влияние на его содержание в грибах. На загрязненных почвах с содержанием Cd 4,5 – 7,5 мг/кг концентрация этого элемента в плодовых телах грибов возростала в соответствии с их коэффициентами накопления. Максимальной величины – 28,74 мг/кг она достигла у *Amanita muscaria*. У других видов содержание Cd было значительно меньшим, но во всех случаях существенно превышало ПДК (0,1 мг/кг). Например, *Suillus luteus* оно составляло 2,25 мг/кг, у *Lactarius pubescens* – 1,30 мг/кг. Таким образом, загрязнение почвы оказывает существенное влияние на накопление Cd в биологических объектах.

Pb также относится к числу элементов с высокой токсичностью. Склонность к его аккумуляции, т.е. КН выше единицы, имеют: *Agaricus bitorquis*, *Boletus erythropus*, *Clitocybe nebularis*, *Langermannia gigantea*, *Lycoperdon perlatum*. В условиях загрязнения, в частности в придорожных лесополосах, содержание Pb в плодовых телах грибов может повышаться. Однако достоверное увеличение концентрации этого элемента было установлено лишь для четырех из двенадцати изученных видов. Это *A. bitorquis*, *C. nebularis* L. *perlatum*, т.е. три вида из пяти указанных выше в качестве концентраторов Pb. У остальных изученных нами видов, в частности *Lactarius controversus*, *Leccinum scabrum*, *Paxillus involutus* и др. в условиях придорожных лесополос содержание Pb оставалось на уровне средних показателей. Это связано с малой подвижностью соединений рассматриваемого элемента.

Среднее содержание Ni в агарикомицетах в районе исследований составляет 2,95 мг/кг. Тенденция к его накоплению проявляется у трех видов, в плодовых телах которых содержание этого металла превышает средний показатель в 1,5 – 2,5 раза. Для *Cortinarius triumphans* содержание никеля в плодовых телах составляет – 7,24 мг/кг, для *Macrolepiota procera* – 4,55 мг/кг, для *Russula delica* – 4,16 мг/кг.

Среднее содержание Zn в плодовых телах агарикомицетов в районе исследований составляет – 82,4 мг/кг. Его накопителями являются 5 видов грибов. В плодовых телах *Boletus pinicola* содержание Zn составляет 111,45 мг/кг, *Lactarius deliciosus* – 138,25 мг/кг, *Leccinum aurantiacum* – 110,37, *L. variicolor* – 130,95 мг/кг, *Suillus luteus* – 128,80 мг/кг.

Накопителями As являются *Clitocybe nebularis*, *Lactarius deliciosus*, *Lycoperdon perlatum*.

В ходе исследований нами изучалась биологическая аккумуляция природных –  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{R}$  и  $^{232}\text{Th}$  и искусственных –  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{241}\text{Am}$  радионуклидов. Было установлено, что в условиях лесных почв, в которых содержание радионуклидов не превышает ПДК, различные виды грибов накапливают их избирательно и с различной интенсивностью. То есть проявляется та же самая закономерность, что и в плане биоаккумуляции рассмотренных выше химических элементов.

Среди искусственных радионуклидов наиболее опасным является  $^{241}\text{Am}$ . Максимальные концентрации этого элемента были зафиксированы в плодовых телах *Paxillus involutus* – 390 Бк/кг и *Xerocomus badius* – 648 Бк/кг. Эти виды имели максимальные КН – 9,5 и 17,1 соответственно. Накопителями  $^{241}\text{Am}$  являются также *Lepista nuda*, *Russula adusta*, *Tricholoma flavovirens*. Содержание в их плодовых телах  $^{241}\text{Am}$  существенно превышало средний уровень для агарикомицетов района исследований, который составляет 68,29 Бк/кг. Эти же виды выделялись и в отношении накопления  $^{137}\text{Cs}$ . В связи с этим вышеназванные виды мы не рекомендуем собирать и употреблять в пищу, особенно в районах, где имеет место радиоактивное загрязнение.

Природные радионуклиды накапливают 9 видов грибов. Из них КН выше 1 по отношению к  $^{40}\text{K}$  име-

ют: *Macrolepiota procera*, *Lactarius vellereus*, *Russula flava*; к  $^{226}\text{R}$  – *Agaricus abruptibulbus*, *Boletus erythropus*, *Cortinarius triumphans*; к  $^{232}\text{Th}$  – *C. triumphans*, *M. procera*, *Phaeolus schweinitzii* и *Xerocomus badius*.

На основе приведенных данных можно сделать вывод, что способность накапливать химические элементы не является общей особенностью агарикомицетов. Среди них выделяются виды-концентраторы, накапливающие в плодовых телах один или несколько химических элементов. Способность к биоаккумуляции не является универсальной. Например, *Paxillus involutus* – супер-концентратор искусственных радионуклидов по Cd, Pb и As – имеет КН ниже 1. Это же относится и к *Xerocomus badius*.

Проблема токсичных элементов и радионуклидов имеет отношение не только к дикорастущим грибам. Она достаточно актуальна и по отношению к культивируемым видам, в первую очередь к *Agaricus bisporus*. Если основные компоненты шампиньонного субстрата – солома и куриный помет – обычно проверяются на содержание рассматриваемых ингредиентов, то добавки – суперфосфат, гипс, мел и торф, из которого готовится покровная земля, как правило, не контролируются. В то же время известно, что фосфорные удобрения, вырабатываемые из Кольских апатитов, могут содержать значительное количество Cd [3]. Грибы же рода *Agaricus*, к которому относится культивируемый шампиньон, являются биоаккумуляторами этого элемента. Торф и известковые материалы могут быть источниками радионуклидов.

Как показывает анализ архивных данных производственных лабораторий, в дикорастущем грибном сырье нередко наблюдаются превышения ПДК по содержанию токсичных элементов и радионуклидов. Чаще всего подобные превышения наблюдаются по Cd. Это связано с тем, что фоновые концентрации этого элемента в таких ценных съедобных грибах как *Armillaria ostoya*, *Boletus edulis* и *Lactarius deliciosus* близки к значению ПДК. Это дает основание считать существующий норматив недостаточно объективным. Металлы в грибных клетках находятся в связанном состоянии, как в тканях моллюсков и ракообразных, а не как в овощах и фруктах. Поэтому и значения ПДК для грибов должны быть ближе к таковым в морепродуктах т.е. 2,0 мг/кг, а не 0,1. Это относится не только к ПДК по кадмию, но и по другим токсичным элементам и радионуклидам.

#### Список литературы

1. Иванов А.И. Характер накопления некоторых металлов и мышьяка в базидиомах грибов порядка Boletales. Микол. фитопатол. 2007; 41(6): 500-5.
2. Иванов А.И. К вопросу о накоплении тяжелых металлов, радионуклидов и мышьяка плодовыми телами базидиальных макромицетов. Совр. микол. в России. 2008; 2
3. Потатуева Ю.А. Влияние длительного применения фосфорных удобрений на накопление в почве тяжелых металлов. Агрехимия, 1994; 11: 98-113.