

ЭКОЛОГИЯ

УДК 582.284.23

Ж.А. Адамжанова, И.Н. Аникина, А.К. Султумбаева
Zh.A. Adamzhanova, I.N. Anikina, A.K. Sultumbayeva

ТРУТОВЫЕ ГРИБЫ КАК НАКОПИТЕЛИ ТОКСИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

POLYPORACEAE AS TOXIC METAL ACCUMULATORS

Ключевые слова: трутовые грибы, базидиомы, токсичные металлы, накопление, почва, биоиндикаторы.

Изучено накопление токсичных элементов кадмия, свинца, мышьяка и ртути в трутовых грибах в Павлодарской области, крупном промышленном регионе Казахстана. Проведен сравнительный анализ наличия токсичных элементов в почве и базидиомах трутовых грибов, который показал, что трутовые грибы могут быть использованы в качестве индикаторов загрязнения среды тяжелыми металлами, такими как кадмий, свинец, ртуть. Установлено, что в трутовых грибах Павлодарской области содержание ртути превышает более чем в 20 раз содержание этого металла в почве. Использование трутовых грибов в качестве доступных биоиндикаторов позволяет более объективно оценить влияние антропогенной нагрузки на экологию региона.

Keywords: Polyporaceae, basidiome, toxic metals, accumulation, soil, bio-indicators.

The accumulation of toxic elements of cadmium, lead, arsenic and mercury in the polypore fungi (Polyporaceae) was studied in a large industrial region of Kazakhstan – the Pavlodar Region. Comparative analysis of toxic element occurrence in soil and basidiomes of polypore fungi showed that polypore fungi may be used as indicators of environmental pollution by heavy metals such as cadmium, lead and mercury. It was found that the mercury content in polypore fungi of the Pavlodar Region exceeds more than 20 times the content of this metal in the soil. The use of polypore fungi as available bio-indicators enables to more objectively evaluate the impact of anthropogenic load on the environment of the Region.

Адамжанова Жанна Арынтаевна, к.б.н., проф., Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, Республика Казахстан. E-mail: adamzhanova@mail.ru.

Аникина Ирина Николаевна, к.с.-х.н., ассоц. проф., Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, Республика Казахстан. E-mail: anikina.i@mail.ru.

Султумбаева Айслу Кисымовна, магистрант, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, Республика Казахстан. E-mail: ansar_akerke75@mail.ru.

Adamzhanova Zhanna Aryantayevna, Cand. Bio. Sci., Prof., Pavlodar State University named after S. Toraygyrov, Republic of Kazakhstan. E-mail: adamzhanova@mail.ru.

Anikina Irina Nikolayevna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Pavlodar State University named after S. Toraygyrov, Republic of Kazakhstan. E-mail: anikina.i@mail.ru.

Sultumbayeva Ayslu Kisymovna, master's degree student, Pavlodar State University named after S. Toraygyrov, Republic of Kazakhstan. E-mail: ansar_akerke75@mail.ru.

Введение

Интерес мирового сообщества к биоиндикационным исследованиям за последнее время значительно вырос, что, по видимому, объясняется возросшей экологической культурой общества и, как следствие, возникшими потребностями в развитии новых теоретических, методических и экспериментальных подходов для решения задач биологического мониторинга и экологического нормирования антропогенных воздействий.

Грибы трутовики являются частью мирового и регионального разнообразия живых организмов и имеют важное экологическое значение. Несмотря на то, что микологами различных стран проводились многочисленные исследования данной группы грибов, и по сей день вопросы, связанные с экологией и биологией отдельных видов трутовиков, взаимоотношениями трутовиков между собой и с другими компонентами экосистем, по мнению Ж.А. Адамжановой, А.Р. Сибиркиной, Л.В. Копыловой,

Х.А. Кузнецовой, остаются открытыми [1-4]. Поэтому работы, посвященные изучению биоты трутовых грибов конкретных регионов, представляют научную и практическую ценность.

Особый интерес, по мнению таких исследователей, как А.Б. Поддубный, А.Г. Медведев, Д.А. Маркелов, представляет изучение возможностей использования трутовых грибов как индикаторов изменений лесных экосистем под воздействием антропогенной нагрузки, так как хорошо известна способность грибов, произрастающих на загрязненных территориях, аккумулировать радионуклиды и тяжелые металлы в мицелии и плодовых телах [5-7]. Большая площадь соприкосновения поверхности гиф с частичками субстрата, а также осмотическое безбарьерное поглощение раствора обеспечивают способность грибного мицелия к накоплению избыточного количества загрязняющих веществ из окружающей среды.

Трутовики являются неотъемлемым компонентом лесных экосистем. Они отличаются регулярным образованием базидиом, хорошо определяются в полевых условиях, демонстрируют постоянство физиономичности сообщества в течение вегетационного сезона. Многими исследователями доказано, что большинство изменений лесных биогеоценозов находят свое отражение в биоте трутовых грибов [3-7]. В связи с этим изучение возможностей использования трутовых грибов как индикаторов изменений лесных экосистем под воздействием антропогенной нагрузки представляет большой интерес.

В последнее время проводятся активные исследования по определению содержания токсичных веществ в плодовых телах макромицетов. Исследователи И.В. Волчатова и Н.В. Колонтаева в ходе опытов подтвердили заключение, что накопленные в древесине загрязняющие вещества оказывают влияние на активность некоторых ферментов дереворазрушающих грибов. Согласно этим заключениям, плодовые тела трутовых грибов с высоким содержанием меланиновых пигментов (*Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr., *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) Karst., *Trametes hirsute* (Wulf.:Fr.) Pil., *Phellinus populicola* (Niem) вступают во взаимодействие с катионами тяжелых металлов. В результате согласно данным исследованиям грибы становятся биосорбентами этих элементов.

Среди составляющих антропогенной нагрузки, наиболее значимых для трутовых

грибов, выделяют техногенное загрязнение, в числе приоритетных загрязнителей этого вида являются тяжелые металлы, механические повреждения древостоя и рекреационную нагрузку. Согласно мнению ряда исследователей почва и макромицеты заслуживают пристального внимания как объект экологического мониторинга [2-5]. Поскольку почвенный покров способен принимать поступающие из автономных ландшафтов природные и техногенные потоки химических веществ, а макромицеты поглощать и нейтрализовать значительное их количество, то они являются информативным индикатором состояния окружающей среды.

В настоящее время интенсивного развития промышленности в таких индустриальных центрах, как Павлодарская область исследование накопления тяжелых металлов в экосистемах представляет большой интерес. Изучение накопления тяжелых металлов в базидиомах макромицетов в Павлодарской области ранее не проводилось.

Исходя из вышесказанного, цель работы состояла в установлении особенностей накопления тяжелых металлов в почве и в базидиомах трутовых грибов Павлодарской области.

Задачи исследования:

- изучить накопление токсичных металлов в базидиомах трутовых грибов и в прилегающей почве;
- провести сравнительный анализ результатов.

Объекты и методы исследования

Работа проводилась на базе Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова и НПЦЭС ТОО «Иртыш-Стандарт» г. Павлодара в 2013 г.

Определение трутовых грибов осуществлялось по определителю М.А. Бондарцевой, Э.Х. Пармасто. Материалом данного исследования являлись образцы почвы и базидиомы трутовых грибов в пойме р. Иртыш, примыкающей к г. Павлодар.

Были проанализированы 21 проба почвы и 21 образец базидиом трутовых грибов, то есть в каждой точке (диаметром 10 м) в 3-кратной повторности. Грибы собирались с наиболее распространенного вида древесных растений поймы Иртыша осины *Populus tremula*. Образцы почвы набирали с прилегающих участков с глубины 5-10 см. Подготовка проб, размельчение, высушивание, просеивание и хранение подготовленных для испытания проб проводились согласно «Методическим указаниям по определению

тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» (1992).

Измерение массовых концентраций ртути, кадмия, свинца, мышьяка проводили методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе ТА-2 с УФ облучением проб. Сущность метода состоит в предварительном электронакоплении определяемых элементов в течение заданного времени на рабочем ртутно-пленочном электроде элементов при меняющемся потенциале.

Исследования проводили на содержание в образцах кадмия, свинца, ртути, мышьяка. Эти элементы были выбраны вследствие их большой токсической активности. При этом использовались стандарты РК ГОСТ Р 51301, ГОСТ 26930, ГОСТ 26927.

Результаты и обсуждение

В ходе исследований выявлено, что в пойменных лесах Прииртышья во всех районах исследования широко распространены грибы сапротрофы. В пойме реки Иртыш, где и проводились исследования, наиболее распространены трутовики – *Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr., *Fomitopsis pinicola* (Sw.; Fr.).

В ходе исследований на содержание свинца в исследуемых пробах было выявлено, что содержание свинца в пробах почвы на 57-71% превосходили показатели наличия свинца в грибах в этих же точках (рис. 1).

В ходе исследований присутствия ртути в образцах отмечено, что содержание ртути в пробах почвы в 33-50 раз было меньше показателей наличия ртути в грибах в этих же точках (рис. 2).

В почвенных образцах разница показателей содержания ртути в исследуемых точках составила 22%.

При исследовании присутствия кадмия в исследуемых образцах наблюдалось повышение содержания кадмия в почве по сравнению с грибами на 17-63% (рис. 3).

При сравнении результатов исследования на накопление мышьяка в образцах грибов-трутовиков и почвы можно сделать заключение, что особых различий в накоплении данного элемента не наблюдается, в практически равном количестве, не превышающем 0,05 мг/кг, он присутствовал во всех исследуемых пробах.

Полученные средние показатели содержания токсичных элементов в пробах почвы и грибов трутовиков приведены в таблице.

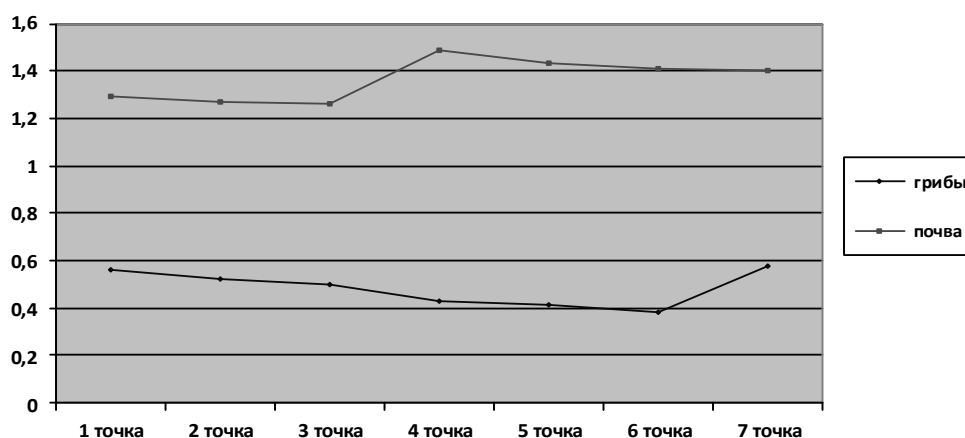


Рис. 1. Содержание свинца в пробах почвы и базидиомах трутовых грибов

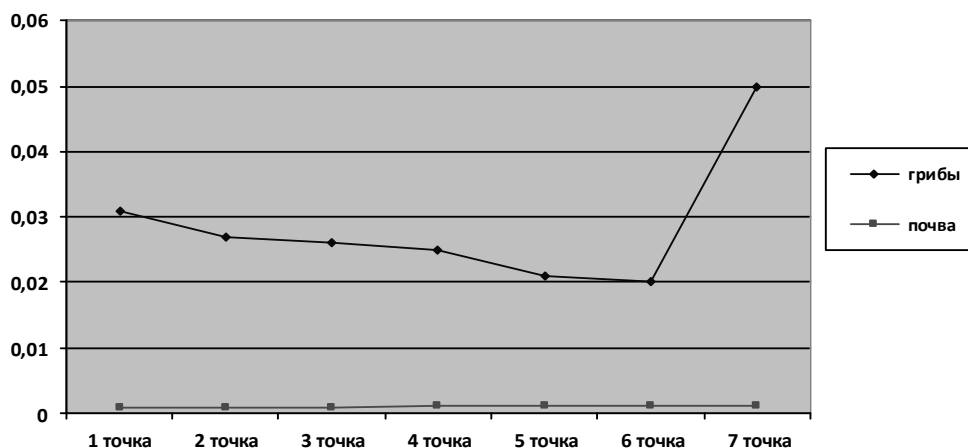


Рис. 2. Содержание ртути в пробах почвы и базидиомах трутовых грибов

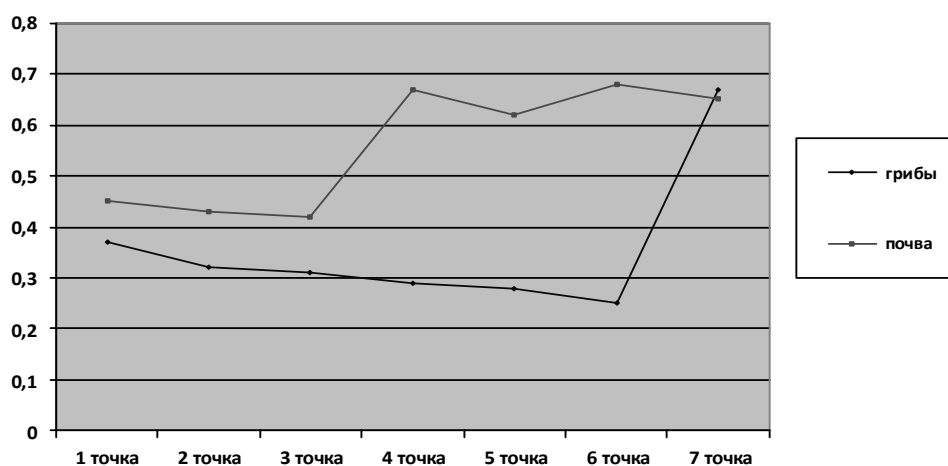


Рис. 3. Содержание кадмия в пробах почвы и базидомах трутовых грибов

Таблица
Средние показатели содержания токсичных элементов в пробах, мг/кг

Токсичные элементы	Грибы-трутовики	Почва
Свинец	0,48±0,09	1,36±0,12
Кадмий	0,36±0,2	0,56±0,13
Мышьяк	≥0,05	≥0,05
Ртуть	0,029±0,015	0,001±0,00015

Согласно результатам исследования видно, что содержание свинца и кадмия в почве значительно больше, чем в грибах макромицетах. Содержание ртути, напротив, наибольшим было в биоте грибов-трутовиков.

Это объясняется тем фактом, что почва имеет значительную емкость поглощения и устойчивость по отношению к загрязняющим веществам. В почве осуществляются процессы трансформации различных соединений, в том числе экологически опасных, причем могут происходить как процессы превращения в малотоксичные, инертные или малодоступные растениям соединения, так и увеличение относительной токсичности химических соединений вследствие растворения в кислой среде. Одной из интегральных характеристик почв служит буферность как критерий для качественной эколого-геохимической оценки защитных свойств почв.

Несмотря на протекторные свойства почвы, существуют пределы и уровни техногенного воздействия на окружающую среду, превышение которых не могут нивелировать защитные свойства почвы, в данном исследовании концентрации выбросов кадмия и свинца в условиях Павлодарской области являются таковыми.

В решении экологических проблем регионов с повышенной антропогенной нагрузкой особенно важное значение имеет определение накопления подвижных форм тяжелых металлов в экосистеме почва – растение (или биота грибов). Такой подход позволит более объективно оценить экологическое состояние окружающей среды по сравнению с определением валового содержания тяжелых металлов в почве и разработать биохимические критерии и технологии повышения устойчивости, а также реабилитации техногенных ландшафтов.

Выводы

Результаты исследований позволяют утверждать, что трутовые грибы могут быть использованы в качестве индикаторов загрязнения среды тяжелыми металлами, особенно таких токсичных элементов, как ртуть. В ходе исследований присутствия ртути в образцах отмечено, содержание ртути в пробах почвы в среднем в 29 раз было меньше показателей наличия ртути в грибах в этих же точках. При сравнении результатов исследования на накопление мышьяка в образцах грибов-трутовиков и почвы можно сделать заключение, что особых различий в накоплении данного элемента не наблюдается. В ходе исследований на содержание кадмия и свинца в исследуемых пробах было выявлено, что содержание кадмия и свинца в пробах грибов трутовиков прямо пропорционально содержанию этих элементов в грибах в этих же точках.

Исходя из результатов исследований и того, что трутовики являются неотъемлемым компонентом лесных экосистем, отличаются регулярным образованием базидием и хорошо определяются в полевых условиях, они могут быть рекомендованы

для использования в качестве доступных биоиндикаторов для оценки техногенной нагрузки окружающей среды.

Библиографический список

1. Адамжанова Ж.А. Дереворазрушающие грибы в растительных сообществах Павлодарского Прииртышья // Вестник ПГУ. – 2010. – № 1 (69).
2. Сибиркина А.Р. Биогеохимическая оценка тяжелых металлов в сосновых борах Семипалатинского Прииртышья: дис. ... докт. биол. наук. – Омск, 2014. – 247 с.
3. Копылова Л.В. Накопление тяжелых металлов в древесных растениях на урбанизированных территориях Восточного Забайкалья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Улан-Удэ, 2012. – 24 с.
4. Кузнецова Х.А. Биоиндикация и биологический мониторинг // Мониторинг и методы контроля окружающей среды. Сп. 2. Специальная. – М.: МНЕПУ, 2001. – С. 209-237.
5. Поддубный А.Б., Христофорова Н.К., Ковековдова Л.Т. Макромицеты как индикаторы загрязнения среды тяжелыми металлами // Микология и фитопатология. – 1998. – Т. 32. – Вып. 6. – С. 47-51.
6. Медведев А.Г. Методы микоиндикации лесных экосистем // Оценка экологического состояния природной среды региона. – Тверь-Клин: ТИЕНР, 2003. – С. 20-26.
7. Маркелов Д.А., Гордиенко П.В., Маркелов А.Б. Радиоэкология грибов-макромицетов национального парка «Мешра» // Современная микология в России. – М.: Национальная академия микологии, 2002. – С. 69.
8. Волчатова И.В. Ксилотрофные базидиомицеты биоиндикаторы степени техногенного загрязнения территории // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: матер. Междунар. конф. – Минск, 2004. – С. 194-196.
9. Колонтаева Н.В. Сообщества ксилотрофных базидиомицетов древесных насаждений в условиях аэротехногенного загрязнения среды сернистым ангидридом: На примере Оренбургского газоперерабатывающего завода: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Оренбург, 2006. – 183 с.
10. Бондарцева М.А., Пармасто Э.Х. Определитель грибов СССР (порядок

афиллофоровые). – Л.: Наука, 1986. – Вып. 1. – 192 с.

References

1. Adamzhanova Zh.A. Derevorazrushayushchie griby v rastitelnykh soobshchestvakh Pavlodarskogo Priirtyshya // Vestnik PGU. – 2010. – № 1 (69).
2. Sibirkina A.R. Biogeokhimičeskaya otsenka tyazhelykh metallov v sosnovykh borakh Semipalatinskogo Priirtishya: dis. ... dokt. biol. nauk. – Omsk, 2014. – 247 s.
3. Kopylova L.V. Nakoplenie tyazhelykh metallov v drevesnykh rasteniyakh na urbanizirovannykh territoriyakh Vostochnogo Zabaykalya: avtoref. dis. kand. biol. nauk. – Ulan-Ude, 2012. – 24 s.
4. Kuznetsova Kh.A. Bioindikatsiya i biologicheskiy monitoring // Monitoring i metody kontrolya okruzhayushchey sredy. Sp. 2. Spetsialnaya. – M.: MNEPU, 2001. – S. 209-237.
5. Poddubnyy A.B., Khristoforova N.K., Kovekovdova L.T. Makromitsety kak indikatorы zagryazneniya sredy tyazhelymi metallami // Mikologiya i fitopatologiya. – 1998. – T. 32. – Vyp. 6. – S. 47-51.
6. Medvedev A.G. Metody mikoindikatsii lesnykh ekosistem // Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya prirodnoy sredy regiona. – Tver-Klin: TIENR, 2003. – S. 20-26.
7. Markelov D.A., Gordienko P.V., Markelov A.B. Radioekologiya gribov-makromitsetov natsionalnogo parka «Meshra» // Sovremennaya mikologiya v Rossii. – M.: Natsionalnaya akademiya mikologii, 2002. – S. 69.
8. Volchatova I.V. Ksilotrofnyye bazidiomitsety bioindikatory stepeni tekhnogennogo zagryazneniya territorii // Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya mikrobiologii i biotekhnologii. Materialy mezhd. konf. – Minsk, 2004. – S. 194-196.
9. Kolontaeva N.V. Soobshchestva ksilotrofnykh bazidiomitsetov drevesnykh nasazhdeniy v usloviyakh aerotekhnogennogo zagryazneniya sredy sernistym angidridom: Na primere Orenburgskogo gazopererabatyvayushchego zavoda: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Orenburg, 2006. – 183 s.
10. Bondartseva M.A., Parmasto E.Kh. Opredelitel gribov SSSR (poryadok afillorovy). Vyp. 1. – L.: Nauka, 1986. – 192 s.

