

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОУЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕНЕТИКИ,
БИОТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРИИ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»

МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ КУЛЬТУРЫ
«ОБЛАСТНАЯ БИБЛИОТЕКА ДЛЯ ДЕТЕЙ И ЮНОШЕСТВА
ИМЕНИ А.С. ПУШКИНА»

КОМИССИЯ ПО СОХРАНЕНИЮ И РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО
НАСЛЕДИЯ АКАДЕМИКА Н.И. ВАВИЛОВА РАН

ВАВИЛОВСКОЕ ОБЩЕСТВО ГЕНЕТИКОВ И СЕЛЕКЦИОНЕРОВ
(САРАТОВСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ)

Агрономический факультет

Кафедра «Защита растений и плодоовощеводство»

**Международная научно-практическая конференция
«МАЛЫЕ ВАВИЛОВСКИЕ ЧТЕНИЯ-2023»,
посвященная 136-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова
и 110-летию Вавиловского университета
6-7 декабря 2023 г.**

Сборник статей

2023 г.
г. Саратов

УДК 631
ББК 4

Международная научно-практическая конференция «МАЛЫЕ ВАВИЛОВСКИЕ ЧТЕНИЯ-2023», посвященная 136-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова и 110-летию Вавиловского университета: сборник статей. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023. – 224 с.

ISBN 978-5-7011-0843-9

Редакционная коллегия:

Еськов И.Д., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Нейфельд В.В., кандидат географических наук, доцент
Рязанцев Н.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Лялина Е.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Сборник содержит материалы в авторской редакции. Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных в них сведений.

ISBN 978-5-7011-0843-9

© Коллектив авторов, 2023

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Научная статья

УДК 504.064.2

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДИКОРАСТУЩИХ СЪЕДОБНЫХ ГРИБОВ РЖЕВСКОГО ЛЕСОПАРКА

С. А. Канаева, С. Ю. Кукушкин

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,
Россия

Аннотация. В статье представлены результаты исследования съедобных грибов, произрастающих на территории Ржевского лесопарка г. Санкт-Петербург и Ленинградской области, на содержание тяжёлых металлов в плодовых телах. Рассчитаны коэффициенты накопления и корреляции с содержанием в почвах и выявлены закономерности аккумуляции металлов макромицетами. На основе Гигиенических требований даны оценка качества съедобных дикорастущих грибов лесопарка и рекомендации касаются их заготовки и использования в пищу.

Ключевые слова: съедобные дикорастущие грибы, тяжёлые металлы

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF WILD EDIBLE MUSHROOMS OF THE RZHEVSKY FOREST PARK

S. A. Kanaeva

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

S. Y. Kukushkin

Cand. Sc. (Geography), Saint Petersburg State University, Saint Petersburg,
Russia

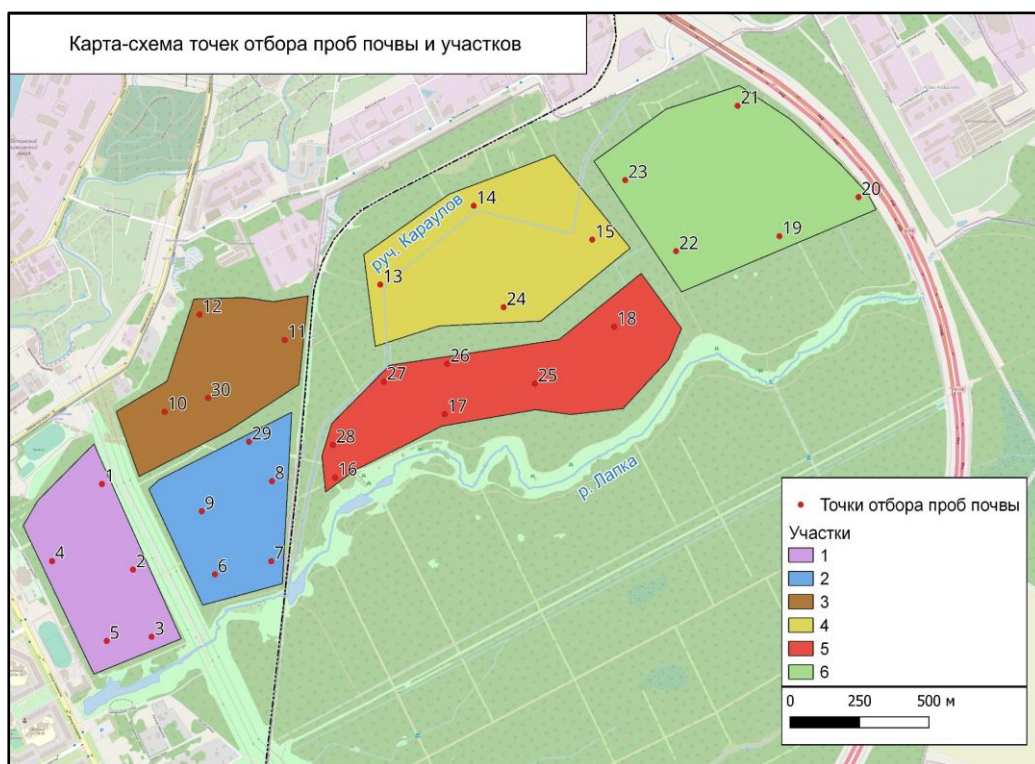
Annotation. The article considers the results of research of edible mushrooms growing on the territory of the Rzhevsky forest Park of St. Petersburg and the Leningrad region on the adsorption of heavy metals by their fruiting bodies. The patterns of accumulation of metals by macromycetes are exposed on the base of determined accumulation and soil-mushroom correlation coefficients. The quality of edible wild mushrooms of the Forest park is assessed based on Hygienic requirements and recommendations are given regarding the mushrooms harvesting and consuming as food.

Key words: edible wild mushrooms, heavy metals

Сбор грибов является популярным времяпрепровождением на природе, имеет место и употребление их в пищу. В свою очередь, макромицетам свойственна видоспецифическая адсорбция потенциально токсичных веществ, в частности, тяжёлых металлов, а также накопление этих веществ при подверженности территории загрязнению [1, 2, 4, 6]. Дикорастущие грибы более разнообразны по видовому составу, чем выращиваемые в культуре, более подвержены различному загрязнению и заготавливаются в частном порядке вне соответствия стандартам, поэтому важно оценить применимость к ним установленных нормативов качества и безопасности.

В статье представлены результаты исследования содержания и тенденций аккумуляции тяжёлых металлов в съедобных дикорастущих грибах Ржевского лесопарка и их качества как пищевых лесных ресурсов.

Отбор проб проводили на территории Ржевского лесопарка, который является популярным и рекомендуемым в электронных источниках местом сбора грибов, расположенным в черте города. Исследовали часть территории лесопарка по правому берегу р. Лапка (рисунок 1).



**Рисунок 1. Участки отбора проб макромицетов
и точки отбора проб почв**

С 6 участков, с различным характером антропогенной нагрузки, отбирали целые плодовые тела *Russula* и *Suillus luteus* L. Вес объединённой пробы с участка составлял не менее 500 г. В полевых условиях плодовые тела очищали от растительных остатков и почвы, далее пробоподготовку осуществляли согласно методике, описанной в руководстве [7]. Также на данных участках в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.4.02-2017 были отобраны образцы поверхностного слоя почв (0-15 см). Пробы анализировали на содержание тяжёлых металлов методом атомно-эмиссионной спектроскопии с использованием оптического эмиссионного спектрометра ICPE-9000 на базе ресурсного центра СПбГУ. Определили концентрации 15 элементов: Ca, Al, Fe, K, Na, Ba, Mn, Zn, Pb, Sb, Ni, Cu, Cr, V, Cd.

Коэффициенты биологического поглощения рассчитаны как отношение содержания металла в золе гриба к содержанию подвижной формы элемента в поверхностном слое почвы. Коэффициенты, расположенные по убыванию, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание и коэффициенты биологического поглощения тяжёлых металлов

Suillus luteus L.			<i>Russula</i>		
Элемент	Средний КБП	Среднее содержание в плодовом теле, мг/кг	Элемент	Средний КБП	Среднее содержание в плодовом теле, мг/кг
K	88,84	11633,5	K	91,65	11955,5
Cu	59,48	38,164	Cu	45,95	30,077
Cd	17,76	2,811	Na	15,46	664,1
Na	17,00	743,7	Zn	12,79	207,433
Zn	8,05	134,798	Cd	6,22	0,964
Ni	1,24	1,129	V	2,20	0,793
Mn	0,99	10,681	Mn	1,20	12,893
V	0,96	3,764	Ni	1,15	1,128
Ca	0,47	427,26	Ca	0,59	516,24
Fe	0,36	61,33	Sb	0,35	1,926
Sb	0,29	1,620	Ba	0,33	12,689
Cr	0,25	0,143	Fe	0,28	48,21
Al	0,18	49,68	Cr	0,27	0,137
Ba	0,12	4,642	Al	0,17	44,63
Pb	0,02	0,2	Pb	0,09	1,3

Биоаккумуляция грибами достаточно велика ввиду поглощения ими веществ всем телом, посредством осмотрофии [2, 3]. Согласно приведённым данным оба таксона накапливают калий, медь и натрий, причём маслёнок

накапливает также кадмий, сыроежки - цинк. Элементом очень слабого захвата для обоих таксонов является свинец, причём также слабо поглощаются алюминий, барий, хром, железо и кальций.

По данным исследования Меркуловой Е. К. [6] отмечается большая способность к накоплению цинка, свинца и меди маслёнком обыкновенным сравнительно с сыроежками (*Russula virescens* (Schaeff.) Fr.). По кадмию однозначной видовой специфики поглощения по данным исследования не выявлено. При этом автор также предлагает рассматривать маслёнок обыкновенный как индикатор загрязнения цинком.

Химический состав различных представителей рода *Russula* подробно изучен в работе Королёвой Ю. В., Охрименко М. А. [5]. Для большинства значения колеблются в пределах одного порядка. При усреднении значений по определённым участкам авторами была выявлена зависимость общего содержания тяжёлых металлов и накопления техногенных элементов (свинца и кадмия) от характера антропогенного воздействия. По сравнению с родом *Boletus* сыроежки накапливают больше свинца, марганца, железа, хрома и меди.

Видовая специфика поглощения элементов, выявленная самостоятельно и по литературным данным, может отличаться ввиду физиологических особенностей конкретного представителя *Russula*; региональных и локальных особенностей климата, связанных с обеспечением подвижности и доступности металлов в почвах; степени загрязнённости почв.

Для выявления зависимости содержания металлов в почвах и макромицетах был рассчитан коэффициент корреляции Пирсона (таблица 2).

Наибольшее положительное значение коэффициента для маслёнка обыкновенного имеют хром, ванадий, алюминий и железо; для сыроежек - свинец, алюминий, железо, хром, никель, медь.

Таблица 2 – Коэффициент корреляции содержания элемента
в почве и в макромицетах

Таксон / элемент	Ni	Fe	Cu	Zn	Al	Sb	Mn	Cr	Pb	Ca	Cd	K	Na	V	Ba
<i>Suillus luteus</i> L.	-0,18	0,65	0,19	0,49	0,78	-0,36	-0,32	0,92	0,17	-0,24	0,30	0,23	0,37	0,81	-0,19
<i>Russula</i>	0,77	0,83	0,64	-0,27	0,91	-0,55	-0,36	0,80	0,96	-0,93	0,43	-0,24	0,05	-0,25	-0,74

Сравнивая показатели накопления и линейной зависимости, можно отметить, что помимо никеля и меди перечисленные элементы не характеризуются высокой степенью биологического поглощения. При этом явная зависимость содержания элементов с наибольшей биоадсорпцией в почвах и макромицетах, напротив, отсутствует. Для менее биофильных по отношению к макромицетам элементов (например, свинца, хрома, железа) можно проследить более чёткую зависимость от содержания их в почвах. Данная закономерность тем ярче, чем выше концентрация подобного элемента в почве относительно фоновых и предельно допустимых значений (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание подвижной формы тяжёлых металлов
в поверхностном слое почв, мг/кг

№ уч.	Содержание элемента						
	Pb	Cr	Fe	Cu	Ni	Cd	Zn
1	21,7	1,1	288,2	1,0	1,1	0,2	17,0
2	13,5	0,3	119,1	0,5	0,8	0,2	27,4
3	12,4	0,5	250,5	1,0	1,2	0,2	20,2
4	11,3	0,4	158,7	0,6	1,0	0,1	12,3
5	12,0	0,4	125,3	0,7	0,9	0,1	11,6
6	11,0	0,6	125,3	0,5	0,7	0,2	19,7
Среднее	11,0	0,6	125,3	0,5	0,7	0,2	19,7

ПДК	6,0	6,0	НД	3,0	4,0	НД	23,0
Фон	14,2	1,0	1444,0	3,5	1,4	0,1	5,1

Примечание: жирным шрифтом выделены значения выше ПДК, фоном - значения, превышающие фон; НД - нет данных.

В отношении кадмия прослеживается средняя степень корреляции и средняя и высокая способность к накоплению. При этом концентрация элемента в почвах достаточно велика. Можно отметить, что для сыроежек, которые в меньшей степени накапливают кадмий, выше корреляционная зависимость; аналогично, корреляция меньше для сильнее накапливающих кадмий маслят.

Можно предположить высокую отзывчивость элементарного состава макромицетов на антропогенное привнесение тяжёлых металлов в почвы. Вероятно, состав плодовых тел макромицетов в большей степени зависит от состояния почвенного покрова при высоком уровне его загрязнения; подпочвенные значения достоверно не изменяют состав грибов. По некоторым элементам (алюминий, хром, железо) корреляция прослеживается у обоих таксонов, в то время как содержание других в плодовых телах и в почвах сопоставимо только для одного таксона. Восприимчивость к загрязнению тяжёлыми металлами для грибов носит во многом видоспецифичный характер.

Для оценки качества и пригодности для употребления в пищу грибов установлен предельно допустимый уровень (ПДУ) согласно СанПиН 2.3.2.1078-01. Норматив установлен для 4 элементов: свинца, меди, кадмия, цинка, - в пересчёте на сырую массу грибов. Однако, содержание влаги в искусственно выращиваемых, а тем более в дикорастущих грибах может существенно колебаться в зависимости от погодных условий (осадков, влажности воздуха и др.), времени между сбором и употреблением, условий транспортирования, хранения и приготовления. Поэтому однозначная оценка и сравнение качества пищевых грибов может оказаться затруднительной.

Например, в таблице 4 продемонстрированы превышения ПДУ тяжёлых металлов для плодовых тел отобранных макромицетов в зависимости от содержания в них влаги.

Таблица 4 – Содержание ТМ в зависимости от содержания воды в плодовом теле (%), мг/кг сырой массы

Элемент	№ уч.	ПДУ, мг/кг	<i>Suillus luteus</i> L.				<i>Russula</i>			
			95 %	90 %	80 %	50 %	95 %	90 %	80 %	50 %
Pb	1	0,1	0,01	0,02	0,05	0,12	0,16	0,32	0,64	1,60
	2	0,1	0,01	0,02	0,04	0,10	0,05	0,09	0,18	0,46
	3	0,1	0,01	0,02	0,04	0,09	0,06	0,13	0,25	0,63
	4	0,1	0,01	0,02	0,03	0,08	0,05	0,10	0,19	0,48
	5	0,1	0,01	0,04	0,07	0,18	0,03	0,06	0,12	0,29
	6	0,1	0,01	0,02	0,04	0,10	0,04	0,07	0,15	0,37
Cu	1	10	1	3	6	15	2	3	6	15
	2	10	2	4	8	21	2	3	6	15
	3	10	3	5	11	26	2	4	8	20
	4	10	2	3	7	17	1	3	5	13
	5	10	2	3	7	17	1	3	5	13
	6	10	2	4	7	19	2	3	6	15
Cd	1	0,01	0,25	0,50	1,00	2,50	0,04	0,08	0,16	0,39
	2	0,01	0,15	0,30	0,59	1,48	0,07	0,13	0,26	0,66
	3	0,01	0,10	0,20	0,39	0,99	0,04	0,08	0,16	0,40
	4	0,01	0,06	0,12	0,25	0,62	0,05	0,10	0,21	0,52
	5	0,01	0,11	0,21	0,43	1,07	0,05	0,10	0,20	0,50
	6	0,01	0,18	0,35	0,71	1,77	0,04	0,08	0,17	0,42
Zn	1	20	7	13	26	65	16	31	62	155
	2	20	7	14	28	70	8	15	31	77
	3	20	8	15	30	75	5	9	18	45

Элемент	№ уч.	ПДУ, мг/кг	<i>Suillus luteus</i> L.				<i>Russula</i>			
			95 %	90 %	80 %	50 %	95 %	90 %	80 %	50 %
	4	20	7	14	28	71	9	18	36	89
	5	20	6	11	23	57	11	22	45	112
	6	20	7	13	27	67	14	29	58	144

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДУ

По полученным данным вне зависимости от содержания влаги в плодовом теле норматив превышен и маслёнком обыкновенным, и сыроежками по содержанию кадмия. ПДУ свинца также превышен в одной из проб сыроежек при максимальном значении влажности. ПДУ по свинцу и цинку для сыроежек оказываются превышены при незначительной потере влаги.

Сравнивая значения по таксонам можно отметить, что чем выше корреляционный показатель, тем в большей степени нарушен норматив по свинцу и меди. В свою очередь содержание цинка в почвах в большей степени воздействует на таковое в маслятах, тогда как ПДУ превышен в большей степени для сыроежек, из чего следует, что как видоспецифичное накопление, так и загрязнение грибов влияют на безопасность их употребления в пищу.

На основании приведённых результатов исследования употребление в пищу грибов, собранных в Ржевском лесопарке, не рекомендуется ввиду превышения ПДУ по свинцу и кадмию в плодовых телах и загрязнения почв. Особенно нежелательна заготовка сыроежек, накапливающих высокие концентрации данных поллютантов.

Оценку качества грибов по значению ПДУ можно назвать неоднозначной, так как она не учитывает видовую специфику накопления токсичных веществ и содержание влаги. Вероятно, имеет смысл оценивать содержание веществ в плодовых телах в пересчёте на сухую массу, а также исследовать возможность подразделения норматива, например, по высшим таксонам макромицетов (*Agaricales* и *Boletales* и др.).

Список источников

1. Бакайтис В. И., Басалаева С. Н. Содержание макро- и микроэлементов в дикорастущих грибах Новосибирской области // Техника и технология пищевых производств, 2009. - № 32. - С. 73-76.
2. Барсуков О. А. Радиоактивность съедобных грибов Пензенской области // О. А. Барсуков, А. И. Иванов, М. А. Плотников / Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В. Г. Белинского. Микология. - 2011. - № 25. - С. 274-284.
3. Бурова Л. Г. Экология грибов макромицетов. - М.: Наука, 1986.
4. Гордеева И. В. Перспективы использования высших базидиальных грибов в качестве тест-объектов для биоиндикации // И. В. Гордеева / Международный научный журнал «Инновационная наука». Биологические науки. - 2015. - №9. - С. 30-33.
5. Королёва Ю. В., Охрименко М. А. Особенности накопления тяжёлых металлов лесными грибами Калининградской области // Ю. В. Королёва, М. А. Охрименко / Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. - 2015. - Вып. 1. - С. 106-117.
6. Меркулова Е. К. Влияние состояния окружающей среды на содержание тяжёлых металлов в макромицетах пойменных лесов среднего Прихопёрья: Автореферат диссертации на соискание степени кандидата биологических наук: 03.02.08 / Меркулова Екатерина Константиновна; [Место защиты: Брян. гос. ун-т им. акад. И.Г. Петровского]. - Балашов, 2011. - 22 с.
7. Методы физико-химического анализа почв и растений: Методические указания / М. Г. Опекунова, И. Ю. Арестова, Е. Ю. Елсукова, Н. А. Шейнерман. - СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2014. 70 с.

© Канаева С. А., Кукушкин С. Ю., 2023