

Литий как микроэлемент питания: сравнительный анализ содержания в съедобных растениях и грибах

И.Ю.Торшин¹, А.Н.Громов¹, В.А.Семёнов², А.А.Гаранин³, О.А.Громова¹

¹Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Москва, Российская Федерация;

²Кемеровский государственный медицинский университет, Кемерово, Российская Федерация;

³Ивановский государственный медицинский университет, Иваново, Российская Федерация

Исследования, проводимые в течение последних десятилетий, указывают на эссенциальность ультрамикроэлемента лития. Одним из критериев эссенциальности микроэлементов является участие в природных пищевых цепях типа «почва–вода–растения–человек», «вода–человек». Удобрение почвы солями лития способствует повышенному накоплению лития растениями и улучшению показателей роста сельскохозяйственных растений (салата, шпината, картофеля и др.). Литий в почвах улучшает фиксацию растениями углерода и азота. Литий, особенно в неорганических формах (сульфат, карбонат, хлорид), наиболее активно всасывается растениями, а человек и животные усваивают его из растений. Имеющиеся пищевые продукты содержат весьма малое количество лития: среднее суточное его потребление составляет <140 мкг/сутки. Употребление 100 г грибов, выращенных на средах с добавлением лития, может увеличить поступление лития до 1000 мкг и более. Обогащение литием культур различных грибов представляет собой перспективное направление повышения содержания в рационе человека.

Ключевые слова: литий, диета, микроэлементы, пищевые цепи

Для цитирования: Торшин И.Ю., Громов А.Н., Семёнов В.А., Гаранин А.А., Громова О.А. Литий как микроэлемент питания: сравнительный анализ содержания в съедобных растениях и грибах. Вопросы диетологии. 2025; 15(2): 70–74. DOI: 10.20953/2224-5448-2025-2-70-74

Lithium as a micronutrient: a comparative analysis of its content in edible plants and mushrooms

I.Yu.Torshin¹, A.N.Gromov¹, V.A.Semenov², A.A.Garanin³, O.A.Gromova¹

¹Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation;

²Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russian Federation;

³Ivanovo State Medical University, Ivanovo, Russian Federation

Research studies conducted over the past decades indicate the essentiality of the micronutrient lithium. One of the criteria for the essentiality of micronutrients is their participation in natural food chains such as the “soil-water-plant-human nexus” or the “water-human nexus”. Fertilizing the soil with lithium salts promotes plant accumulation of lithium and improves the growth rates of agricultural crops (lettuce, spinach, potatoes, etc.). Lithium in soils improves carbon and nitrogen fixation in plants. Lithium, especially in inorganic forms (sulfate, carbonate, chloride), is most actively absorbed by plants, and humans and animals absorb it from plants. Available food products contain very small amounts of lithium: the average daily intake of lithium is less than 140 µg/day. Consuming 100 g of mushrooms grown on a medium with added lithium can increase its intake up to 1000 µg or more. Enriching various mushroom cultures with lithium is a promising way to increase its content in the human diet.

Key words: lithium, diet, micronutrients, food chains

For citation: Torshin I.Yu., Gromov A.N., Semenov V.A., Garanin A.A., Gromova O.A. Lithium as a micronutrient: a comparative analysis of its content in edible plants and mushrooms. Vopr. dietol. (Nutrition). 2025; 15(2): 70–74. (In Russian). DOI: 10.20953/2224-5448-2025-2-70-74

Для корреспонденции:

Торшин Иван Юрьевич, кандидат физико-математических наук, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН

Адрес: 119333, Москва, ул. Вавилова, 44, корп. 2
ORCID: 0000-0002-2659-7998

Статья поступила 27.04.2025, принята к печати 30.06.2025

For correspondence:

Ivan Yu. Torshin, PhD (Physical and Mathematical Sciences), PhD (Chemical Sciences), Senior Researcher, Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Sciences

Address: 44 bldg. 2 Vavilov str., Moscow, 119333, Russian Federation
ORCID: 0000-0002-2659-7998

The article was received 27.04.2025, accepted for publication 30.06.2025

Ультрамикроэлемент литий характеризуется широким спектром положительного физиологического воздействия на организм (нейропротекторное, нейротрофическое, нормотимическое, противосудорожное, модуляция нейротрансмиттерного баланса и др.) и, в соответствии с имеющимися научными данными, является эссенциальным (жизненно необходимым) микроэлементом (МЭ) [1]. Эссенциальными называют МЭ, которые постоянно поступают в организм с пищей и питьевой водой, присутствуют в организме, выполняя установленную роль в обеспечении жизнедеятельности, и дефицит которых приводит к различным патологическим изменениям на уровнях организма и популяций [2].

Содержание лития в воде и в почве зависит от видов горных пород и минералов, а также от физических и химических условий окружающей среды, влияющих на высвобождение лития в водную среду. Литий содержится в различных концентрациях в водной среде: от 0,07 до 40 мкг/л в пресной воде и от 170 до 190 мкг/л в морской воде [3]. Мета-анализ 157 публикаций показал, что средняя концентрация Li^+ в различных образцах питьевой воды составила 5,4 мкг/л (95% ДИ 5,3–5,5) [4].

В настоящей работе представлены результаты систематизации современных научных данных, касающихся участия ионов лития в пищевых цепях «почва–вода–растения–животные», «вода–человек» и др. Далее последовательно рассмотрены данные по содержанию лития в почвах, всасывание лития растениями из почвы, эффекты воздействия солей лития на метаболизм полезных (сельскохозяйственных) растений, успехи обогащения овощей литием через почву (т.н. биофортификации растений литием), в т.ч. обогащение литием грибов (что имеет значительный потенциал для обеспечения ежедневных потребностей человека в этом эссенциальном ультрамикроэлементе). Описаны эффекты внесения литиевых удобрений в почву на концентрации других макро- и микроэлементов и участие лития в некоторых экосистемах и пищевых цепочках.

Содержание лития в почвах. Всасывание лития растениями из почвы

Содержание лития в почвах широко варьирует, т.к. литий характеризуется высокой подвижностью в почвах, что делает его более склонным к выщелачиванию. Многие растения, употребляемые в пищу, могут накапливать значительные количества Li^+ в съедобных частях (при условии достаточного количества лития в почве). Фортификация овощей и съедобных грибов (шампиньонов, вешенок) литием через внесение элемента как составляющей удобрений может достичь уровня, при котором потребление 100–200 г овощей, биофортифицированных литием, может обеспечить потребление до 1 мг/сутки [5, 6].

Ионы Li^+ легко поглощаются корнями растений и перемещаются в побеги. Li^+ может проникать в корневые клетки через несколько предполагаемых транспортеров (НКТ, LCT1, NSCC) и накапливается в цитозоле клеток растений [7].

Известны растения-концентраторы лития: дереза (*Lycium ruthenicum*), василистник семейства лютиковых (*Thalictrum minus*) [8]. В галофильных растениях *Carduus arvensis* (чертополох) и *Holoschoenus vulgaris* (камышевидник семейства осоковых) содержание лития может достигать 99,6–

226,4 мкг/г. Из распространенных овощей самая высокая концентрация лития была обнаружена в свекле (*Beta vulgaris*), за ней следовали *Spinacia oleracea* (шпинат) и *Lactuca sativa* (салат-латук) [9, 10].

Обогащение овощей литием через почву (биофортификация растений литием)

Обогащение растений литием является достойной внимания стратегией для повышения обеспеченности организма литием [11].

Значительная концентрация лития в съедобных частях растений может быть достигнута путем внесения солей лития в почву или в другие субстраты для выращивания растений. Овощи, а именно свекла (листья), салат-латук и горчица (*Brassica nigra*), накапливают до 500 мг лития на 1 кг сухого вещества при внесении солей лития в почву в количестве всего лишь 5 мг/кг элементного лития [12, 13]. Применение органического удобрения Li-Se для выращивания 5 сортов винограда привело к увеличению концентрации Li^+ в соке с 0,9 до 11,73 мкг/кг, а в высушенной кожуре винограда – с 62,2 до 311 мкг/кг [14]. Концентрация лития в листьях и плодах различных овощей, а также потребление лития при потреблении 100-граммовой порции овощей, обогащенных литием, суммированы в таблице.

Обогащение литием грибов

Выращивание 3 видов пищевых грибов – трутовика лакированного (*Ganoderma lucidum*), вешенки степной (*Pleurotus eryngii*) и вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*) – на субстрате, содержащем 0,2–1,0 мМ Li^+ , показало, что *G. lucidum* является самым большим накопителем лития (25–74 мг лития на 1 кг сухой массы плодовых тел) [18]. Концентрация Li^+ в плодовых телах этих грибов таково, что потребление 100 г свежих *G. lucidum*, *P. eryngii* и *P. ostreatus*, выращенных при 1 мМ Li^+ в субстрате, может обеспечить поступление 1260, 800 и 500 мкг. Аналогично, при потреблении 100 г свежей биомассы грибов агроцибе цилиндрической (*Agrocybe cylindracea*) и ежовик гребенчатый (*Hericium erinaceus*), выращенных с добавлением 0,75 мМ ацетата лития или 1 мМ хлорида лития, может обеспечить поступление 230 и 690 мкг лития соответственно [19].

Биообогащение биомассы грибов необходимыми микроэлементами для производства биологически активных добавок имеет некоторые традиции (например, производство дрожжей или грибов, обогащенных селеном). «Литирование» белых грибов (*Agaricus bisporus*) с использованием коммерческого компоста, обогащенного LiNO_3 , показало, что обогащение почвы литием на уровнях 1,0; 5,0; 10; 50 и 100 мг/кг привело к соответствующему увеличению содержания лития в грибах на 0,7; 5; 7,4; 19 и 21 мг/кг, что значительно выше, чем в контрольных грибах (0,031 мг/кг). Очевидно, что дозы в 50 и 100 мг/кг соответствовали насыщению тканей гриба литием, так что увеличение содержание лития в почве >50 мкг/кг нецелесообразно. При перегрузке почвы литием (500 мг/кг) мицелий не производил плодовых тел грибов [20].

Вешенка обыкновенная – гриб, который биоаккумулирует МЭ в базидиокарпах (плодовом теле) и вегетативном мицелии. Вешенки используются не только в пищу, но и для восстановления почвы и для очистки воды от ряда тяжелых

Таблица. Содержание лития в съедобных частях некоторых овощей, полученных в исследованиях по биообогащению литием без потери урожая или токсичности, и их предполагаемый вклад в потребление лития с пищей потребителями

Растения	Почва/ гидропоника	Концентрация лития в субстрате	Сухая масса, г	Масса свежего продукта	Вклад 100 г в потребление, мкг	Ссылка
Салат посевной (<i>L. sativa</i>)	Гидропоника	2,5 мг/л	225	9 (96% воды)	900	Kalinowska et al., 2013 [13]
	Почва	5 мг/кг	500	20	2000	Yalamanchali, 2012 [12, 13]
Шпинат (<i>S. oleracea</i>)	Почва	20 мг/кг	165	11,5 (93% воды)	1150	Bakhat et al., 2020 [15]
	Почва	40 мг/кг	170	11,9	1190	Makus et al., 2006 [6]
	Почва	11 мг/кг	266	18,6	1860	Makus, Zibilske, 2008 [16]
Горчица (<i>Brassica juncea</i>)	Почва	40 мг/кг	240	36,0 (85% воды)	3600	Makus et al., 2006 [6]
	Почва	11 мг/кг	414	62,2	6220	Makus, Zibilske, 2008 [16]
	Торф и твердые биоотходы, 1:2	3 г LiCl/л	319 (85 корень)	47,9 (12,8 ствол) (85% вода)	4790 (ствол 1280)	Elektorowicz, Keropian, 2015 [17]
Горчица (<i>Brassica napus</i>)	Почва	50 мг/кг	7,7	1,16 (85% воды)	116	Kavanagh et al., 2018 [10]
Капуста белокочанная (<i>Brassica oleracea</i>)	Почва		971	77,68 (92% воды)	7768	Kavanagh et al., 2018 [10]
Помидор (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	Почва	5 мг/кг	16,9 (фрукты)	0,845 (95% H ₂ O)	84,6	Kavanagh et al., 2018 [10]
Свекла обыкновенная (<i>B. vulgaris</i>)	Почва		500	50 (90% воды)	5000	Yalamanchali, 2012 [12, 13]
Горчица черная (<i>B. nigra</i>)	Почва	5 мг/кг	500	75 (85% воды)	7500	Yalamanchali, 2012 [12, 13]

металлов. Исследование бионакопления лития в мицелии *P. ostreatus*, выращенных в среде культивирования жидкого солодового экстракта с Li₂CO₃ (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 100 или 200 мг/л лития), показало наибольшее накопление лития в мицелии (1575 мкг/г) при культивировании в среде с 40 мг/л лития [21].

Изучены рост, накопление и содержание минеральных веществ (Ca, K, Mg и Na) в грибах *A. cylindracea* и *H. erinaceus* (используются в кулинарии и в качестве адаптогена), выращенных на субстратах с добавлением 0,25–1,0 мМ Li⁺ в виде ацетата или хлорида. Добавление LiCl приводило к дозозависимому всасыванию лития и его накоплению в плодовых телах гриба. Потребление 100 г плодовых тел *H. erinaceus*, полученных при выращивании с 1,0 мМ Li⁺ (в виде ацетата или хлорида), составит 690 мкг Li⁺ [19].

Таким образом, обогащение грибов литием имеет значительный потенциал для повышения потребления этого эссенциального ультрамикрорезлемента.

Литий в экосистемах и в пищевых цепочках

За последние 40 лет были накоплены данные, указывающие на масштабные роли лития в ряде экосистем. Например, был проведен анализ биораспределения лития с использованием данных по более чем 400 образцам растений и рыбы, других морских обитателей в экосистемах трех контрастных биогеографических зон: умеренного климата (Бискайский залив, северо-восток Атлантического океана), тропического климата (Новая Каледония, Тихий океан) и субполярного климата (острова Кергелен, юг Индийского океана, ближайший континент – Антарктида) [22].

Результаты исследований показали, что при потреблении лития организмами происходит восстановление его содержания в окружающей среде (т.н. биовосстановление), в т.ч. через пищевые цепочки. При этом организмы-фильтраторы

(уконогие и листоногие раки, двустворчатые моллюски, морские лилии и др.) показывают самые высокие концентрации лития в тканях тела, а хищные рыбы – самые низкие. Распределение лития в морских организмах, по-видимому, в основном географически независимо и в большей степени зависит от температуры окружающей среды. Литий относительно равномерно распределен в океане (в среднем 0,18 мкг/мл), а концентрации Li⁺ в мягких тканях морских организмов варьируют в пределах двух порядков (от 0,01 до 1,20 мкг/г сухой массы), что указывает на преимущественное накопление лития в определенных организмах и тканях. В жабрах и почках рыб обнаруживаются сравнительно высокие концентрации Li⁺ (0,26 и 0,15 мкг/г соответственно), в мозге рыб – большой диапазон содержания Li⁺ (от 0,1 до 0,34 мкг/г), тогда как печень и мышцы рыб обеднены литием (0,07 ± 0,03 мкг/г и 0,06 ± 0,08 мкг/г соответственно) [22].

В ходе комплексного исследования состава вод в устье реки Янцзы и в прилегающем Восточно-Китайском море получено пространственное распределение и биоаккумуляции лития в прибрежных пищевых цепочках. Концентрация лития увеличивалась с соленостью воды (от 7,4 до 189 мкг/л), т.е. с содержанием натрия и хлора. Отрицательная корреляция наблюдалась между содержанием Li⁺ и стабильным изотопом азота в прибрежной биоте, что указывает на уменьшение содержания Li⁺ при восхождении вверх по пищевой цепи. Например, содержание Li⁺ в мышечных тканях было значительно выше у фильтрующих двустворчатых моллюсков (0,75 ± 0,41 мкг/г), чем у питающихся этими моллюсками рыб (0,10 ± 0,05 мкг/г). Биоаккумуляция Li⁺ в мышцах рыб сильно различается (0,17–5,82 у.е.), указывая на более низкую биоаккумуляцию Li⁺ у рыб, обитающих в морских и в приморских регионах, по сравнению с речной рыбой [23].

Интересны результаты исследований лития в экосистемах центральной части Андского плато, т.н. «литиевого треу-

гольника», определяющего зону соляных озер, богатых литием. Например, механизмы адаптации викунии (парнокопытное млекопитающее семейства верблюдовых) включают питье из соляных озер. Образцы соляного раствора и воды имеют высокую соленость и содержат большое количество лития, бора и мышьяка. Однако в организм викунии всасываются преимущественно именно литий и бор, а мышьяк отфильтровывается: в костях и зубах этих животных были найдены заметные количества лития (13,5–40 мг/кг) и бора (40–46,8 мг/кг), но не мышьяка [24].

В популяционной когорте мать-ребенок жителей аргентинских Анд ($n = 178$) с повышенной концентрацией лития в питьевой воде (95% ДИ 5–1660 мкг/л) концентрации лития в крови достоверно коррелировали с литием в воде. Медианная концентрация лития в крови матери составила 25 мкг/л (95% ДИ 2–145). Уровни лития в крови были положительно ассоциированы с уровнями магния (но не кальция или паратгормона) и отрицательно – с уровнями кальция и магния в моче (что указывает на магниевый- и кальциевый-сберегающие эффекты лития) [25].

Литий, особенно в неорганических формах (сульфат, карбонат, хлорид), наиболее активно всасывается растениями, а человек и животные лучше усваивают литий из растений и из органических солей. Это подтверждают результаты анализа содержания лития в 1071 образце различных пищевых продуктов. Анализ показал снижение средней концентрации Li^+ в следующем ряду пищевых продуктов: листовые овощи (>18 мг/кг) > лук (>14 мг/кг) > фрукты > бобовые > яичный белок > молочные продукты > яичный желток > мясо. Для всех проанализированных образцов пищи расчетное суточное потребление Li^+ было очень мало – не более 2 мкг/кг/сутки [26].

Важно отметить взаимодействия лития с микробиомом почвы – обязательным компонентом всех экосистем, принципиально необходимым для роста растений. Бактерии почвы играют важную роль в биогеологическом преобразовании элементов. Влияние лития на микроорганизмы, включая почвенные бактерии, дозозависимо: при очень высоких концентрациях жизнедеятельность бактерий ингибируется, а при более низких концентрациях, наоборот, стимулируется [27].

Изучение свойств почв, обработанных 10–1280 мг/кг лития, показало, что значительно увеличилось содержание аммонийного азота (на 64–217%), общего азота (на 23–131%) и обменного калия (на 5–16%), обусловленных жизнедеятельностью бактерий почвы [28].

Имеются подтверждения ассоциации между более высокими уровнями лития в воде и более низким уровнем самоубийств. В частности, выборка 3123 измерений лития в общественном водоснабжении по всему штату была изучена относительно уровня самоубийств в 226 округах Техаса. Результаты подтверждают, что более высокий уровень лития в общественной питьевой воде связан с более низким уровнем самоубийств [31]. Предполагается, что суточное потребление лития с пищей, водой и витаминно-минеральными комплексами составляет ~1000 мкг/сутки для взрослого человека с массой тела 70 кг, т.е. 14,3 мкг/кг массы тела [32].

Заключение

Исследования, проводимые в течение последних 50 лет, указывают на эссенциальность ультрамикроэлемента лития, участвующего во всех пищевых цепочках и важного для поддержания экосистем. Результаты исследований показывают, что обогащение почвы солями лития способствует бионакоплению лития растениями, улучшая пищевые характеристики сельскохозяйственных растений (салата, шпината, картофеля, грибов, киноа, кукурузы и др.). В частности, литий в почвах способствует улучшению фиксации растениями углерода и азота посредством поддержки микробиома почвы. Комплексные экологические исследования показали, что при потреблении лития организмами происходит восстановление его содержания в окружающей среде (т.н. биовосстановление), в т.ч. через пищевые цепочки. Неорганические соли лития в почве (сульфат, карбонат, хлорид, оксид) активно всасываются растениями; человек и животные усваивают литий уже из растительных продуктов и/или из питьевой воды. Повсеместно используемые пищевые продукты содержат весьма малое количество лития – среднее суточное потребление лития составляет <140 мкг/сутки. Обогащение литием культур различных грибов (белых грибов, шампиньонов, вешенок, ежевика гребенчатого, помидоров, картофеля, кукурузы, свеклы, киноа и др.), употребление специальной минеральной воды с достаточно высоким содержанием лития, применение витаминно-минеральных комплексов с органическими солями лития представляют собой перспективные направления повышения содержания лития в диете современного человека.

Информация о финансировании

Финансирование данной работы не проводилось.

Financial support

No financial support has been provided for this work.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Литература / References

- Schrauzer GN. Lithium: occurrence, dietary intakes, nutritional essentiality. J Am Coll Nutr. 2002 Feb;21(1):14–21. DOI: 10.1080/07315724.2002.10719188
- Авцын АП, Жаворонков АА, Риш МА, Строчкова ЛС. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. / Avtsyn AP, Zhavoronkov AA, Rish MA, Strochkova LS. Human microelementoses: etiology, classification, organopathology. M.: Medicine, 1991. (In Russian).
- Sposito G. The Chemistry of Soils. Oxford University Press, 2016, New York, USA. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Mahmudiono T, Fakhri Y, Daraei H, Mehri F, Einolghozati M, Mohamadi S, et al. The concentration of Lithium in water resources: A systematic review, meta-analysis and health risk assessment Rev Environ Health. 2023 Jun 1;39(4):667–677. DOI: 10.1515/reveh-2023-0025
- Naeem A, Aslam M, Saifullah, Mühling KH. Lithium: Perspectives of nutritional beneficence, dietary intake, biogeochemistry, and biofortification of vegetables and mushrooms. Sci Total Environ. 2021 Dec 1;798:149249. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.149249

6. Makus DJ, Zibilske L, Lester G. Effect of light intensity, soil type, and lithium ad-dition on spinach and mustard greens leaf constituents. *Subtrop. Plant Sci.* 2006;58:35-41. Available at: <https://www.subplantsci.org/wp-content/uploads/2016/02/SPSJ-58-35-41-Makus-et-al.pdf>
7. Tanveer M, Hasanuzzaman M, Wang L. Lithium in environment and potential targets to reduce lithium toxicity in plants. *J Plant Growth Regul.* 2019;38:1574-1586. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-019-09957-2>
8. Bach RO. Some Aspects of Lithium in Living Systems. In: Bach RO, Gallicchio VS (eds). *Lithium and Cell Physiology*. Springer, New York, NY. 1990. DOI: 10.1007/978-1-4612-3324-4_1
9. Gartler J, Robinson B, Burton K, Clucas L. Carbonaceous soil amendments to biofortify crop plants with zinc. *Sci Total Environ.* 2013 Nov 1;465:308-13. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.10.027
10. Kavanagh L, Keohane J, Cabellos GG, Lloyd A, Cleary J. Induced plant accumulation of lithium. *Geosciences.* 2018;8(2):56. DOI: 10.3390/geosciences8020056
11. Goldstein MR, Mascitelli L. Is violence in part a lithium deficiency state? *Med Hypotheses.* 2016 Apr;89:40-2. DOI: 10.1016/j.mehy.2016.02.002
12. Yalamanchali R. Lithium, an Emerging Environmental Contaminant, Is Mobile in the Soil-Plant System. Lincoln University, 2012, New Zealand. Available at: <https://researcharchive.lincoln.ac.nz/server/api/core/bitstreams/362ad178-7e8e-4fe5-a3c0-fb583723ad8e/content>
13. Hawrylak-Nowak B, Kalinowska M, Szymańska M. A study on selected physiological parameters of plants grown under lithium supplementation *Biol Trace Elem Res.* 2012 Dec;149(3):425-30. DOI: 10.1007/s12011-012-9435-4
14. Zhao X, Zhou Y, Ding C, Wang X, Zhang X, Wang R, et al. Lithium extraction from typical lithium silicate ores by two bacteria with different metabolic characteristics: Experiments, mechanism and significance. *J Environ Manage.* 2023 Dec 1;347:119082. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.119082
15. Bakhat HF, Rasul K, Farooq ABU, Zia Z, Natasha, Fahad S, et al. Growth and physiological response of spinach to various lithium concentrations in soil. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2020 Nov;27(32):39717-39725. DOI: 10.1007/s11356-019-06877-2
16. Makus DJ, Zibilske L. Spinach and mustard greens response to soil texture, sulfur addition and lithium level. *Subtrop. Plant Sci.* 2009;60:69-77. Available at: <https://www.subplantsci.org/wp-content/uploads/2016/02/SPSJ-60-69-77-Makus-Zibilske.pdf>
17. Erdemir US, Gucer S. Correlation of lithium bioaccessibility from tea (*Camellia sinensis* L.) with tea type and consumption habits. *Food Chem.* 2018 Apr 1;244:364-370. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.10.053
18. Mleczek M, Siwulski M, Rzymiski P, Budzyńska S, Gasecka M, Kalac P, et al. Cultivation of mushrooms for production of food biofortified with lithium. *Eur. Food Res. Technol.* 2017;243:1097-1104. DOI: 10.1007/s00217-016-2823-9
19. Rzymiski P, Niedzielski P, Siwulski M, Mleczek M, Budzyńska S, Gasecka M, et al. Lithium biofortification of medicinal mushrooms *Agarocybe cylindracea* and *Hericium erinaceus*. *J Food Sci Technol.* 2017 Jul;54(8):2387-2393. DOI: 10.1007/s13197-017-2679-4
20. Pankavec S, Falandysz J, Hanć A, Komorowicz I, Barańkiewicz D, Fernandes AR. Enhancing the lithium content of white button mushrooms *Agaricus bisporus* using LINO(3) fortified compost: effects on the uptake of Li⁺ and other trace elements *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2021 Jul;38(7):1193-1205. DOI: 10.1080/19440049.2021.1912401
21. Faria MGI, do Valle JS, Lopes AD, Gonçalves AC Jr, Dragunski DC, Colauto NB, et al. Bioaccumulation of Lithium (Li₂CO₃) in Mycelia of the Culinary-Medicinal Oyster Mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Agaricomycetes) *Int J Med Mushrooms.* 2018;20(9):901-907. DOI: 10.1615/IntJMedMushrooms.2018027343
22. Thibon F, Weppe L, Vigier N, Churlaud C, Lacoue-Labarthe T, Metian M, et al. Large-scale survey of lithium concentrations in marine organisms. *Sci Total Environ.* 2021 Jan 10;751:141453. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141453
23. Zou C, Wang R, Yang S, Yin D. Importance of salinity on regulating the environmental fate and bioaccumulation of lithium in the Yangtze River Estuary. *Sci Total Environ.* 2024 Dec 1;954:176648. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.176648
24. López Steinmetz RL, Fong SB, Boyer E, López Steinmetz LC, Tejerina NE, Meuric V. Lithium and Boron in Calcified Tissues of Vicuna and Their Relation to Chronic Exposure by Water Ingestion in The Andean Lithium Triangle *Environ Toxicol Chem.* 2020 Jan;39(1):200-209. DOI: 10.1002/etc.4608
25. Harari F, Åkesson A, Casimiro E, Lu Y, Vahter M. Exposure to lithium through drinking water and calcium homeostasis during pregnancy: A longitudinal study *Environ Res.* 2016 May;147:1-7. DOI: 10.1016/j.envres.2016.01.031
26. Iordache AM, Voica C, Roba C, Nechita C. Lithium Content and Its Nutritional Beneficence, Dietary Intake, and Impact on Human Health in Edibles from the Romanian Market Foods. 2024 Feb 16;13(4):592. DOI: 10.3390/foods13040592
27. Plotnikov E, Pukhnyarskaya D, Chernova A. Lithium and Microorganisms: Biological Effects and Mechanisms *Curr Pharm Biotechnol.* 2023;24(13):1623-1629. DOI: 10.2174/1389201024666230302153849
28. Xu Z, Peng S, Pei L, Zhou K, Wang X. Integrated Analysis of Pollution Characteristic and Ecotoxicological Effect Reveals the Fate of Lithium in Soil-Plant Systems: A Challenge to Global Sustainability *Environ Sci Technol.* 2024 Sep 3;58(35):15755-15765. DOI: 10.1021/acs.est.4c0247126
29. Kolics É, Mátyás K, Taller J, Specziár A, Kolics B. Contact Effect Contribution to the High Efficiency of LiCl Against the Mite Parasite of the Honey Bee Insects. 2020 May 28;11(6):333. DOI: 10.3390/insects11060333
30. Jin EJ, Thibaudau G. Effects of lithium on pigmentation in the embryonic zebrafish (*Brachydanio rerio*). *Biochim Biophys Acta.* 1999 Feb 4;1449(1):93-9. DOI: 10.1016/S0167-4889(98)00176-1
31. Blüml V, Regier MD, Hlavín G, Rockett IR, König F, Vyssoki B, et al. Lithium in the public water supply and suicide mortality in Texas *J Psychiatr Res.* 2013 Mar;47(3):407-11. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2012.12.002
32. Szklarska D, Rzymiski P. Is Lithium a Micronutrient? From Biological Activity and Epidemiological Observation to Food Fortification. *Biol Trace Elem Res.* 2019 May;189(1):18-27. DOI: 10.1007/s12011-018-1455-2

Информация о соавторах:

Громов Андрей Николаевич, инженер-исследователь Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН
ORCID: 0000-0001-7507-191X

Семёнов Владимир Александрович, доктор медицинских наук, профессор Кемеровского государственного медицинского университета
ORCID: 0000-0002-8958-6495

Гаранин Алексей Алексеевич, ассистент кафедры фармакологии Ивановского государственного медицинского университета
ORCID: 0009-0001-6673-554X

Громова Ольга Алексеевна, доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН
ORCID: 0000-0002-7663-710X

Information about co-authors:

Andrey N. Gromov, Engineer-Researcher, Federal Research Center "Computer Science and Control" of the Russian Academy of Sciences
ORCID: 0000-0001-7507-191X

Vladimir A. Semenov, MD, PhD, DSc, Professor, Kemerovo State Medical University
ORCID: 0000-0002-8958-6495

Alexey A. Garanin, Assistant Professor, Department of Pharmacology, Ivanovo State Medical University
ORCID: 0009-0001-6673-554X

Olga A. Gromova, MD, PhD, DSc, Professor, Research Supervisor, Federal Research Center "Computer Science and Control" of the Russian Academy of Sciences
ORCID: 0000-0002-7663-710X