

8. Шварцман С.Р. Флора споровых растений Казахстана. - Алма-Ата, 1967. -Т. 4. Гетеробазидиальные и автобазидиальные грибы. - 713 с.
9. Index Fungorum. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp> (дата обращения: 20.05.2023)
10. Mycobank. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mycobank.org/page/Simple%20names%20search> (дата обращения: 05.05.2023)
11. Plantarium. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.plantarium.ru/> (дата обращения: 10.05.2023)

УДК 631.8:631.95

ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНА НА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЕЧЕНИ КРЫС ЛИНИИ WISTAR

А.В. Синдирева

Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

sindireva72@mail.ru

Аннотация. В статье проанализированы функциональные преобразования печени и ее химического состава в результате повышенного поступления селена в виде пищевых добавок. Это позволит расширить представления об эколого-токсикологической характеристике действия микроэлемента селена. Описаны результаты подострого эксперимента, проводимого на крысах-самцах линии Wistar. Животные разделены на группы по 15 крыс в каждой. Первая группа – контроль. Опытной группе «Se» перорально ежедневно вводили селенит натрия с дозой селена 1 мг/кг. Селен, поступивший в виде селенита натрия в дозе 1 мг/кг, способствует изменению биохимических показателей, характеризующих функцию печени, а также элементного состава органа.

Ключевые слова: селен, крысы, печень, микроэлементы, гипоксия, тяжелые металлы, метаболизм

Annotation. The article analyzes the functional transformations of the liver and its chemical composition as a result of increased intake of selenium in the form of dietary supplements. This will expand the understanding of the ecological and toxicological characteristics of the action of the trace element selenium. The results of a subacute experiment conducted on male rats of the Wistar line are described. The animals are divided into groups of 15 rats each. The first group is control. The experimental group «Se» was orally administered sodium selenite daily with a dose of selenium 1 mg/kg. Selenium, received in the form of sodium selenite at a dose of 1 mg / kg, contributes to a change in biochemical parameters characterizing liver function, as well as the elemental composition of the organ.

Keywords. Selenium, rats, liver, trace elements, hypoxia, heavy metals, metabolism

Селен – постоянный компонент органов и тканей животных. Велика роль селена в обмене белков, жиров и углеводов, в регуляции многих ферментативных реакций и в окислительно-восстановительных процессах [1]. Его недостаток характерен для населения многих стран [2], включая значительную часть территории России [3,4]. В связи с этим препараты селена широко применяются для профилактики заболеваний. Проводится обогащение селеном почв, продуктов растительного и животного происхождения: водорослей, кормов сельскохозяйственных животных, продуктов питания людей. Препараты селена и содержащие его пищевые добавки широко применяются при атеросклерозе, реперфузионном повреждении после ишемии миокарда, гепатите и другой патологии [5,6].

Однако помимо значительных положительных эффектов действия селена на сегодняшний день вызывает тревогу возможность повышенного поступления этого элемента в организм животных в связи с селенизацией продуктов питания на фоне отсутствия нормативных показателей содержания селена в объектах окружающей среды и недостаточным сведениями о механизме токсического действия этого элемента в животном организме. В связи с этим особенно важным представляется изучение механизмов действия селена, поступившего с кормами в организм животных.

Известно, что Se распределяется и накапливается в течение нескольких месяцев практически во всех органах. Но преимущественно он аккумулируется в высоких концентрациях и долго остается в печени, что объясняется высоким содержанием в печеночной ткани особого белка металлотионина, богатого тиоловыми группами. Поэтому целью данной работы явилось выявление функциональных преобразований печени и ее химического состава в результате повышенного поступления селена в виде пищевых добавок. Это позволит расширить представления об эколого-токсикологической характеристике действия микроэлемента.

Материал и методы. Для решения поставленной цели был проведен подострый эксперимент в течение 14 дней на крысах-самцах линии Wistar. Животные разделены на группы по 15 крыс в каждой. Первая группа – контроль. Опытной группе «Se» перорально ежедневно вводили селенит натрия с дозой селена 1 мг/кг. В плазме крови определяли содержание биохимических показателей, характеризующих функции печени. Содержание селена и тяжелых металлов определяли методом индуктивно-связанной плазмы. Обработку полученных данных проводили при помощи статистического пакета STATISTICA. Во всех процедурах статистического анализа рассчитывали достигнутый уровень значимости (p), при этом критическим уровнем значимости принимали $p \leq 0,05$.

Результаты. Наши исследования показали, что у животных, потребляющих корма с селеном в дозе 1 мг/кг, отмечались функциональные изменения печени.

Известно, что печень в организме выполняет множество функций, в том числе синтетическую и экскреторную. При этом общее количество белка и его основные физико-химические параметры зависят от состояния гепатоцитов. Исследования показали, что белоксинтезирующая функция печени животных существенно не нарушена (рис.1).

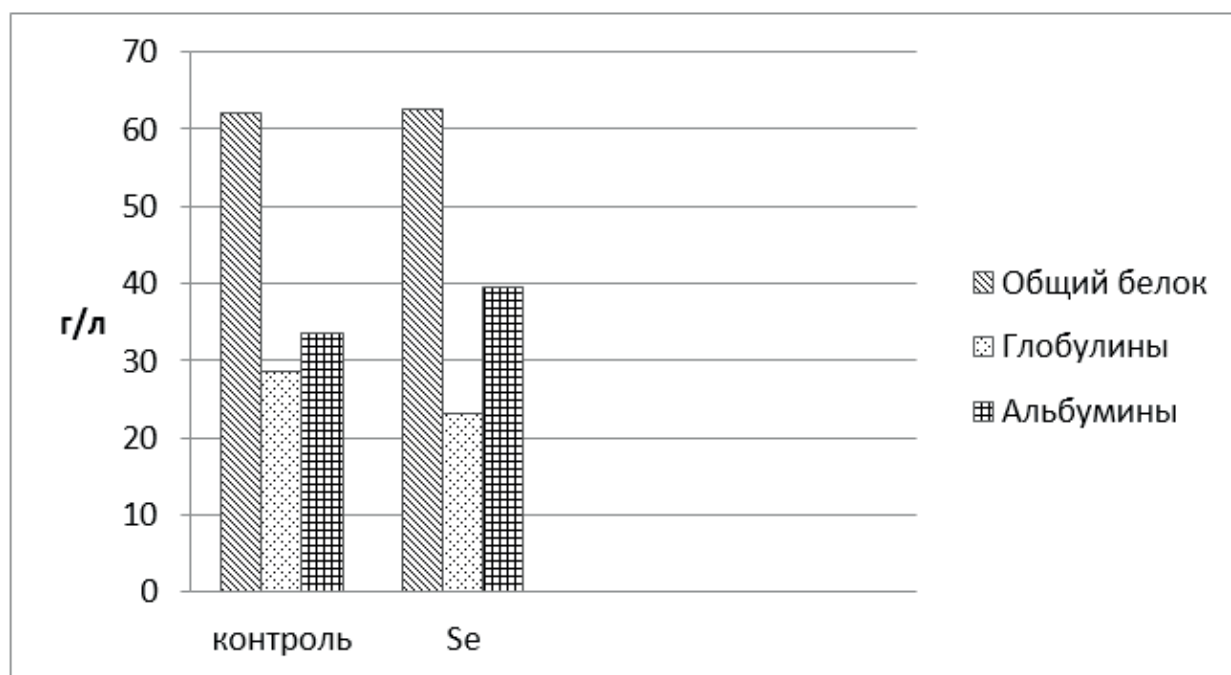


Рис. 1 Содержание общего белка и его фракций в плазме крови крыс

В то же время свидетельством повреждения клеток печени является повышенная активность аминотрансфераз у животных группы «Se» (рис.2).

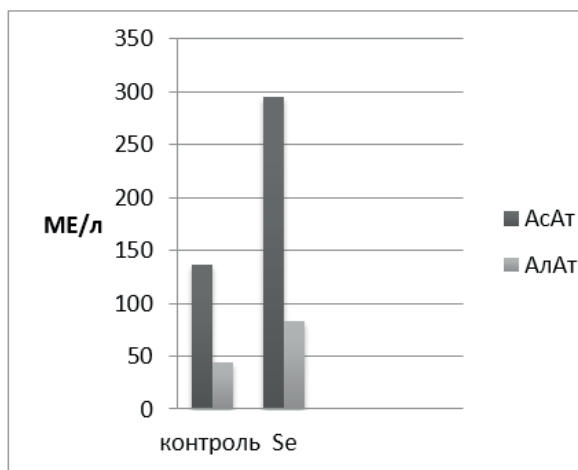


Рис.2–Активность ферментов аспартатаминотрансферазы (AcAt) и аланинаминотрансферазы (AlAt) в плазме крови крыс

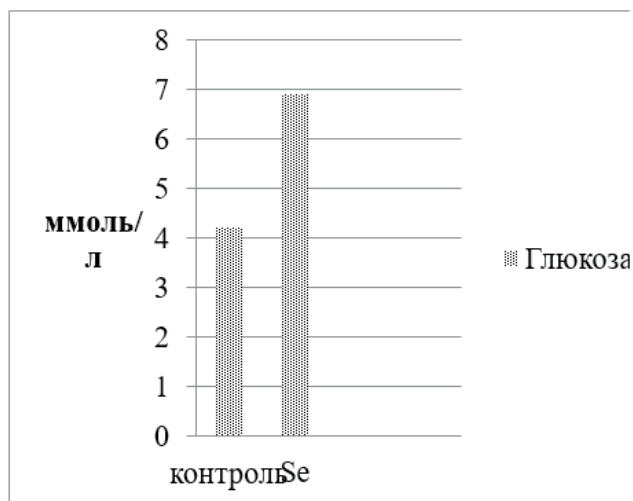


Рис. 3 - Содержание глюкозы в плазме крови крыс

При этом активность аспартатаминотрансферазы (AcAt) увеличивалась по сравнению с уровнем контроля у животных групп «Se» на 115.5% ($p < 0,05$), аланинаминотрансферазы (AlAt) – соответственно на 87.8% ($p < 0,05$).

О нарушении метаболизма у животных групп «Se» также свидетельствует увеличение глюкозы, мочевой и молочной кислот глюкозы, соответственно на 43.9, 71.2, 90.7% (рис.3-5).

Можно предположить, что в организме крыс группы «Se» развивается явление гипоксии. Сформировавшаяся гипоксия тормозит генерацию АТФ в реакциях аэробного гликолиза, что приводит к компенсаторной интенсификации анаэробного гликолиза. Об этом свидетельствует увеличение по сравнению с контролем концентрации молочной кислоты. Глюкоза в недостаточной степени поступает в клетки, что обуславливает повышенную потребность в данном моносахариде. Это приводит к усиленному распаду гликогена в печени с последующим выходом глюкозы в кровь.

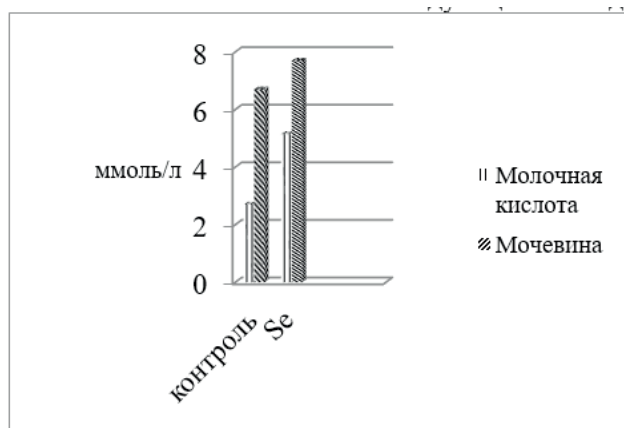


Рис.4. Содержание молочной кислоты и мочевины в плазме крови крыс

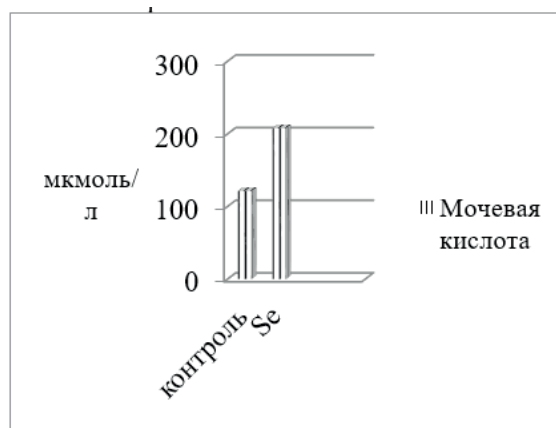


Рис.5. Содержание мочевой кислоты в плазме крови крыс

Недостаточное обеспечение тканей глюкозой также приводит к интенсификации реакций глюконеогенеза из аминокислот с последующим обезвреживанием образующегося аммиака в реакциях орнитинового цикла. Поэтому свидетельством нарушения процессов энергообеспечения у животных группы «Se» является также увеличение по сравнению с контролем концентрации мочевины (рис. 4).

С развитием в тканях животных группы «Se» гипоксии можно связать и увеличение концентрации мочевой кислоты в плазме крови (рис. 5). Это объясняется усиленным катаболизмом АТФ до

гипоксантина и вовлечением последнего в реакцию, катализируемую ксантинооксидазой. Окисление гипоксантина до мочевой кислоты сопряжено с продукцией ксантинооксидазой активных форм кислорода, повреждающих мембранные структуры в различных тканях, в частности, печени, на которые оказывает избирательно селен.

Таким образом, применение Se в качестве пищевой добавки в дозе 1 мг/кг оказывает гепатотоксическое действие, что вероятно связано с нарушением структуры и целостности мембран клеток печени, развившимися метаболическими нарушениями этого органа и как следствие, в организме в целом.

В литературе имеются многочисленные сведения о критических уровнях химических элементов, при которых происходят физиологические, морфологические и другие изменения в организме животных. Однако эти данные трудно поддаются обобщению, поскольку реакция организма на введение определенной концентрации какого-либо токсиканта часто бывает неоднозначной, зависит от возраста, пола, вида, физиологических особенностей животного.

Наши исследования [7] показали, что повышенное поступление Se с кормами способствует изменению химического состава органов и тканей животных. Знание закономерностей поведения накопления микроэлементов в трофических цепях позволит определить критические уровни содержания микроэлемента в рационе, оказывающие токсическое действие на организм животных, потребляющей ее, установить критерии токсического действия микроэлементов на организм животных. Поскольку одним из основных депо селена является печень, представляется необходимым определить содержание микроэлементов именно в этом органе. Наши исследования показали, что при введении в рацион животных в виде селенита натрия с дозой Se 1 мг/кг уровень селена в печени возрастает в 7,2 раза, при содержании у животных контрольной группы 3,23 мг/кг.

Селен способен снижать токсичность попадающих в организм солей тяжелых металлов. Известно, что в печени и почках, осуществляющих барьерную функцию по отношению к солям тяжелых металлов, под их воздействием индуцируется биосинтез специального белка металлотионеина. Затем тяжелые металлы присоединяются к его сульфгидрильным группам и накапливаются в составе этого белка в тканях. Токсичность некоторых из этих металлов, например кадмия, после присоединения металлотионеина не только не снижается, но даже увеличивается. Селен, ингибируя биосинтез металлотионеина, препятствует этому процессу, способствуя, таким образом, более эффективной экскреции солей тяжелых металлов из организма. На уже синтезированном металлотионеине он способен связывать часть SH-групп, предотвращая присоединение к ним ионов металлов [8]. В связи с этим нами было изучено содержание ряда тяжелых металлов в печени животных, содержащихся на селеновой диете. Изменение их содержания в печени опытных животных по сравнению с контрольными животными представлено на рисунке 6.

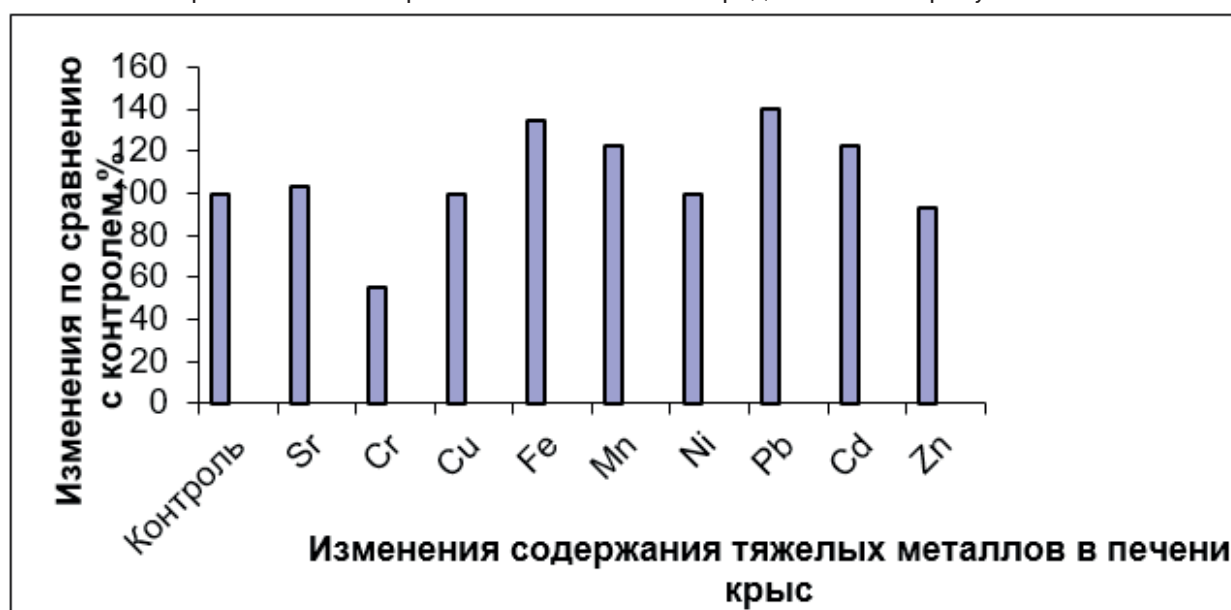


Рис. 6. Изменение содержания тяжелых металлов в печени крыс в условиях применения селена

Согласно данным, представленным на рис. 6, при введении в рацион крыс снижается содержание хрома – на 45% ($p \leq 0,05$). Однако содержание таких тяжелых металлов, как кадмий, железо, марганец, свинец увеличивается по сравнению с контролем на 25.5, 35.4, 23, 41% соответственно. Не отмечено достоверных изменений содержания меди, никеля, цинка в печени крыс при введении повышенных количеств селена в пищу. В связи с этим можно сделать вывод, что взаимодействие селена с тяжелыми металлами в органах и тканях животных зависит от ряда факторов (в т.ч. дозы, формы поступления микроэлемента) и не всегда характеризуется антагонизмом.

Таким образом, исследования показывают, что селен, как и ряд других микроэлементов, имеет узкую грань между токсичностью и необходимостью [9]. В ряде литературных источников указано, что при содержании селена в рационе более 2 мг/кг у животных возникают острые и хронические формы отравлений. Наши исследования показали, что и меньшая доза (1 мг/кг) способна вызывать патологические изменения у животных. Селен, поступивший в виде селенита натрия в дозе 1 мг/кг, способствует изменению биохимических показателей, характеризующих функцию печени, а также элементного состава органа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и МОКНСМ в рамках научного проекта № №20-55-44028.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миних В.Б. Базовые аспекты метаболизма селена и биосинтеза селенопротеинов в организме человека // Успехи биологической химии. 2022. – Т. 62. – С. 369-390
2. Schiavon M., Nardi S., Francesca dalla Vecchia & Andrea Ertani Selenium biofortification in the 21st century: status and challenges for healthy human nutrition // Plant Soil. 2020. – Jul 16. – С. 1-26
3. Голубкина Н. А., Папазян Т.Т. Селен в питании: растения, животные, человек. М.: Изд-во Печатный город; 2006, – 254 с.
4. Hossain A., Skalicky M., Brestic M. et al.. Selenium Biofortification: Roles, Mechanisms, Responses and Prospects // Molecules. 2021. – 26(4). – 881 p.
5. Голубкина Н.А. Экологические аспекты обогащения продуктов питания селеном // Экологические системы и приборы. 2004. – №7. – С. 32-35.
6. Егорова Е.А. и др. Изучение биодоступности различных пищевых форм микроэлемента селена в эксперименте // Вопросы питания. 2006. – Т. 75, №3. – С. 45-49.
7. Синдирева А.В. Критерии и параметры действия микроэлементов в системе «почва – растение – животное»: дис. ... д-ра биол. наук. Омск, 2012. – 455 с.
8. Combs G.F.J. Selenium in nutrition. Encyclopedia of human biology. 1997; 7: –P. 743-754.
9. Sindireva A.V., Zayko O.A., Astashov V.V. Ecological and toxicological evaluation of the impact of selenium contained in feed on morphological and functional changes in the bone tissue of animals. Journal Archiv Euromedica. 2018. – 2. – С.12-14.

УДК 504+57.04+574.4

ТЕХНОГЕННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ Mo и W В УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ

С.Ф. Тютиков, В.В. Ермаков, В.Н. Данилова

ФГБУН Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва

ТООЛОРДУН ЭКОСИСТЕМАСЫНЫН ШАРТЫНДА Mo ЖАНА W БУЛГАНЫШЫНЫН ТЕХНОГЕНДИК КОМПОНЕНТИ

С.Ф. Тютиков, В.В. Ермаков, В.Н. Данилова

РИАнын Вернадский В.И. атындагы ФБИМнин геохимия жана аналитикалык химия институту, Москва