

А. А. Курилова¹, Л. Ю. Карпенко¹, В. И. Максимов², А. А. Бахта¹

Исследование влияния селенсодержащего препарата на концентрацию селена в органах и тканях ягнят романовской породы в условиях промышленных комплексов Северо-Западного региона

Аннотация.

Цель: изучение влияния селенсодержащего препарата на концентрацию селена в сыворотке крови, органах и тканях ягнят романовской породы.

Материалы и методы. В ходе исследования использовано 120 овцематок романовской породы и 80 ягнят, полученных от данных овцематок. Формирование контрольных и подопытных групп осуществляли с учетом принципа пар-аналогов. В опытах по оценке влияния препарата на организм использовали клинически здоровых животных. В ходе исследования сформировано четыре группы ягнят в возрасте 30-ти дней. Матери ягнят первой группы на протяжении периода суягности получали препарат «Е-селен» из расчета 1 мл на 50 кг живой массы; ягнятам первой подопытной группы вводился препарат «Е-селен» из расчета 0,2 мл на 10 кг живого веса согласно инструкции. Вторая группа явилась контрольной - вводился физиологический раствор в том же количестве, что и препарат подопытным животным; кормление осуществляли основным рационом. Исследования проводили в период до отбивки (4-х месячного возраста) ягнят. Забор крови осуществляли из яремной вены. Концентрацию селена в сыворотке крови ягнят определяли флуориметрически с 2,3-диаминонафталином. После отбивки осуществляли забой ягнят. Концентрацию селена в органах и тканях ягнят исследовали методом атомно-адсорбционной спектрометрии.

Результаты. Установлено, что концентрация селена у ягнят первой подопытной группы увеличивалась, начиная с 60-х суток с момента рождения. При этом у ягнят первой подопытной группы концентрация увеличивалась в 2,84 раза на 60-е сутки в сравнении с контролем, в 4,08 раз по сравнению с контролем на 90-е сутки с момента рождения и в 8,5 раз на 120-е сутки с момента рождения. Концентрация селена в почках, печени и мышцах (широкая мышца спины) первой подопытной группы достоверно превышала значения контроля. Максимальная концентрация отмечалась в почках. Не отмечено достоверных изменений между 1-ой и 2-ой подопытными группами в концентрациях селена в почках и печени. Концентрация селена в печени у подопытной группы была выше в 2,94 раза в сравнении с контролем. В почках концентрация селена была выше в 2,26 раз для подопытной группы в сравнении с контролем. Отмечается, что увеличение концентрации селена в мышцах превышало показатели контроля в 4,59, соответственно.

Ключевые слова: селен, кровь, ягненок, овца, печень, почка.

Авторы:

Курилова Анастасия Андреевна — аспирант; e-mail: aakurilova95@yandex.ru;

Карпенко Лариса Юрьевна — доктор биологических наук, профессор;

Максимов Владимир Ильич — доктор биологических наук, профессор;

Бахта Алеся Александровна — кандидат биологических наук.

¹ Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Россия, Санкт-Петербург, Черниговская ул, 5.

² Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии имени им. К. И. Скрябина; 109472, Россия, Москва, ул. Академика Скрябина, 23

Введение. Современная тенденция к интенсификации животноводства ставит перед ветеринарными врачами задачу о поиске возможностей преодоления микроэлементозов у высокопродук-

тивных сельскохозяйственных животных. Поскольку распределение микроэлементов в почве неоднородно, это создает определенные биогеохимические территории. Так, на большей части

территории России регистрируется недостаток селена в почвах и кормах. Селен входит в состав многих ферментов и белков, например, глутатионпероксидазы, одного из основных ферментов антиоксидантной системы, восстанавливающей перекиси и гидроперекиси.

Одним из последствий недостаточного поступления селена с кормом является разрушение клеточных мембран, выход внутриклеточных ферментов в кровотоки. Происходящие процессы в клетках мышечного волокна ведут к потере функциональности скелетной мускулатуры, развитию так называемой «беломышечной болезни», более характерной для молодняка сельскохозяйственных животных. Недостаточное поступление селена в рацион матерей на протяжении беременности влияет на развитие кишечника плода [1], приводит к рождению слабого, нежизнеспособного молодняка. Все это делает важным исследование селенового статуса у сельскохозяйственных животных [2-4].

Для оценки эффективности применения препаратов селена рекомендуется исследование концентрации селена в сыворотке крови сельскохозяйственных животных, а для оценки ретенции соединений селена в организме — исследование концентрации селена в органах и тканях [5].

Цель исследований — изучение влияния селенсодержащего препарата на концентрацию селена в сыворотке крови, органах и тканях ягнят романовской породы.

Материалы и методы. Исследования проводили на базе кафедры биохимии и физиологии ФГБОУ ВО «СПбГУВМ» и КФХ «Г. Л. Мцканян» Ленинградской области. На территории опытного хозяйства Ленинградской области практиковали стойлово-пастбищную систему: летом животных выгоняли на естественные пастбища, а зимой содержали в овчарнях. В ходе исследования использовано 120 овцематок романовской породы и 80 ягнят, полученных от данных овцематок. Формирование контрольных и подопытных групп осуществляли с учетом принципа пар-аналогов (согласно Правилам лабораторной практики Министерства здравоохранения и социального развития, 2010) [6].

В опытах по оценке влияния препарата на организм использовали клинически здоровых животных. На каждом этапе эксперимента животных взвешивали с использованием весов для мелких животных «Живой вес», рассчитанных на массу до 600 кг, размером 1400х700. Ежедневно проводили клинический осмотр животных для оценки общего состояния. Рацион был

составлен с учетом общепринятых рекомендаций, в зависимости от возраста и физиологического состояния [7]. Летом основу рациона составляли растения естественных пастбищ. До четырехмесячного возраста ягнята находились с овцематками. Расчет рациона проводился с учетом, что овцематке требуется 1,5 к.ед. на 100 кг живой массы и дополнительно для образования 1 л молока 0,7 к.ед для лактирующих овцематок. Для прироста массы на 1 кг овцематкам дополнительно требовалось 5-6 к.ед. Ягнят первую, вторую неделю после рождения кормили исключительно молоком. Третья, четвертая — введение подкормок. Пятая-восьмая — переход к взрослому рациону. Девятая неделя — переход на кормление в соответствии с технологическим использованием. В первый месяц концентраты дают из расчета 50 г в сутки, во второй — 100 г в сутки, в третий 150, а в четвертый — 250 г в сутки на голову [7]. Помещения, в которых содержались животные, были спроектированы согласно общепринятым зоогигиеническим требованиям [8].

В ходе исследования сформировано четыре группы ягнят в возрасте 30-ти дней. Матери ягнят первой группы на протяжении периода суягности получали препарат «Е-селен» из расчета 1 мл на 50 кг живой массы; ягнятам первой подопытной группы вводился препарат «Е-селен» из расчета 0,2 мл на 10 кг живого веса согласно инструкции. Вторая группа являлась контрольной. Матерям и ягнятам вводился физиологический раствор в том же количестве, что и препарат подопытным животным; кормление осуществляли основным рационом. Исследования проводили в период до отбивки (4-х месячного возраста) ягнят.

Забор крови осуществляли из яремной вены по общепринятой в ветеринарии методике с использованием вакуумных пробирок Improvacuter для гематологических и биохимических исследований (Guangzhou Improve Medical Instruments Co., Ltd, Китай).

Концентрацию селена в сыворотке крови ягнят определяли флуориметрически с 2,3-диаминонафталином [9]. После отбивки осуществляли забой ягнят согласно приказу Минсельхоза России от 12 марта 2014 г. № 72 "Об утверждении Правил в области ветеринарии при убойе животных и первичной переработке мяса и иных продуктов убой непереработанного изготовления на убойных пунктах средней и малой мощности" (зарегистрирован Минюстом России 11 ноября 2014 г., регистрационный № 34634) и руководствуясь этическими нормами Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (Страсбург, 18 марта 1986 года) [10, 11].

Концентрацию микроэлемента селена в органах и тканях ягнят исследовали методом атомно-адсорбционной спектрометрии согласно ГОСТ 31651-2012 [12]. Суть метода заключается в образовании гидроксида селена после кислотной минерализации исследуемых проб с последующим восстановлением Se (IV) в гидрид селена в газообразном виде при взаимодействии с боргидридом натрия, с последующим введением гидроксида селена в нагретый кварцевый атомизатор, где производится измерение поглощения селена (в условиях аналитической линии 196,0 нм), который образуется при разложении гидроксида селена.

После рождения ягнят оценивали живой вес последних. Проводили клинический осмотр овцематок и ягнят на наличие послеродовых осложнений и заболеваний молодняка [13].

Статистический анализ осуществляли, используя t-критерий Стьюдента, расчеты проводили при помощи программы Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp. USA), достоверными считались различия, отвечающие выполнению неравенства $p \geq 0,05$.

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований было установлено, что концентрация селена у ягнят первой подопытной группы увеличивалась, начиная с 60-х суток с момента рождения. При этом у ягнят первой подопытной группы концентрация увеличивалась в 2,84 раза на 60-е сутки в сравнении с

контролем, в 4,08 раз по сравнению с контролем на 90-е сутки с момента рождения и в 8,5 раз на 120-е сутки с момента рождения. Результаты исследования представлены в таблице 1.

После отбивки осуществляли забой ягнят подопытных и контрольных групп и сразу производили отбор образцов органов и тканей (а именно – образца широчайшей мышцы спины, печень, почки, сердце) для исследования распределения селена в организме животных. В результате исследования установлено, что концентрация селена в почках, печени и мышцах (широчайшая мышца спины) первой подопытной группы достоверно превышала значения контроля.

В организме селен распределялся следующим образом: максимальная концентрация отмечалась в почках, так как большая часть образованных соединений селена выводилась с мочой. Не было отмечено достоверных изменений между первой и второй подопытными группами в концентрациях селена в почках и печени. Результаты исследования представлены в таблице 2.

При этом отмечалось, что концентрация селена в печени у подопытной группы была выше в 2,94 раза в сравнении с контролем. В почках концентрация селена была выше в 2,26 раз для подопытной группы в сравнении с контролем.

Отмечается, что концентрация селена в мышцах превышала показатели контроля в 4,59 раза.

Таблица 1. Концентрация селена в сыворотке крови ягнят ($M \pm m$, $N=80$)

Показатель	60-е сутки				90-е сутки				120-е сутки			
	O1	O2	O3	K	O1	O2	O3	K	O1	O2	O3	K
Селен, мкг/мл	0,142 $\pm 0,004^*$	0,139 $\pm 0,006^*$	0,057 $\pm 0,003$	0,053 $\pm 0,004$	0,163 $\pm 0,002^*$	0,166 $\pm 0,003^*$	0,39 $\pm 0,002$	0,04 $\pm 0,001$	0,170 $\pm 0,002^*$	0,174 $\pm 0,001^*$	0,030 $\pm 0,004$	0,025 $\pm 0,003$

Примечание: * Различие по данному показателю статистически достоверно между опытной и контрольной группами ($P \leq 0,05$ при t критическом 2,093)

Таблица 2. Концентрация селена в органах и тканях ягнят ($M \pm m$, $N=80$)

Ткань	Содержание селена, мг/кг	
	O1	K
Печень	0,863 $\pm$ 0,011*	0,294 $\pm$ 0,051
Почки	1,863 $\pm$ 0,230*	0,824 $\pm$ 0,112
Мышцы	0,523 $\pm$ 0,059*	0,114 $\pm$ 0,009

Примечание: * Различие по данному показателю статистически достоверно между опытной и контрольной группами ($P \leq 0,05$ при t критическом 2,093)

Полученные результаты объясняются особенностями метаболизма селена в выше исследованных органах и тканях. Так, на апикальной поверхности клеток проксимальных извитых канальцев почек присутствует рецептор мегалин, который выполняет функцию извлечения белков и лигандов из клубочкового фильтрата.

Известно, что мегалин способствует эндоцитозу отфильтрованных форм селенопротеина Р — главного транспортного белка селена в организме, что и объясняет максимальную концентрацию селена в тканях почек. В печень селен транспортируется из желудочно-кишечного тракта. Далее в печени происходит синтез селенопротеинов и селеносахаров.

Кроме того, большая часть реакций транссульфации происходит в печени, а, следовательно, печень является основным органом, откуда селен из селенометионина переходит в пул селена организма. Мышечная ткань накапливает селен за счет селенопротеинов, в частности селенопротеин W, который связывает кальций в скелетной

мускулатуре. При недостатке селена отмечается высокая степень кальцификации скелетной и сердечной мышц [14]. Отмечается возможность селена влиять на степень синтеза мышечного белка, роста скелетной мускулатуры [15-18].

В организме селен принимает активное участие в синтезе белков, ферментов. Большая часть селена из организма выводится через почки, где наблюдается наибольшее содержание данного микроэлемента. Введение препарата селена значительно увеличивает концентрацию селена в организме животных.

Также полученные в ходе исследования данные свидетельствуют о том, что сочетанное применение биологически активных добавок и препаратов селена приводят к увеличению концентрации микроэлемента в органах и тканях животных. Однако в дальнейшем требуется определить, в каких органических формах происходит накопление селена в организме, с целью дальнейшей разработки функциональных продуктов питания.

Литература

1. ГОСТ 31651-2012. Межгосударственный стандарт. Средства лекарственные для животных, корма, кормовые добавки. Определение массовой доли селена методом атомно-абсорбционной спектрометрии. составления: нац. стандарт РФ: изд. офиц. : утв. и введ. в действие Приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 28 сент. 2012 г. № 442-ст : введ. впервые : дата введ. 2014-01-01 / разработ. ФГБУ «Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов» (ФГБУ «ВГНКИ») — Москва : Стандартинформ, 2013 — 8 с.
2. Вампилов В. В. Варианты фотометрического определения селена / В. В. Вампилов, А. А. Венскович, Г. С. Бородулин // Принципы экологии. — 2014. — №3. — С. 4-10.
3. Дмитриев А. Ф. Болезни овец: учебное пособие / А. Ф. Дмитриев, А. Н. Кононов, В. В. Соловьев. — Ставрополь: СтГАУ, 2014. — 168 с.
4. Иванова Н. В. Гигиена содержания овец / Н. В. Иванова, 2019. — Донской ГАУ. — Персиановский: Донской ГАУ, 2019. — 34 с.
5. Калашников Н. Г. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное / Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. — Москва. 2003. — 456 с.
6. Макаревич Н. Г. Кормление сельскохозяйственных животных: Учебник для вузов. — Изд.3-е переработанное и доп. / Н. Г. Макаревич. — Калуга: Изд-во «Ноосфера», 2012. — 640 с.
7. Максимов В. И. Основы физиологии и этологии животных: учебник / В. И. Максимов, В. Ф. Лысов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 504 с. — ISBN 978-5-8114-3818-1.
8. Максимов В. И. Минералы и витамины в кормлении пушных зверей клеточного содержания: учебное пособие / В. И. Максимов, Н. А. Балакирев, А. А. Дельцов. — М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2022. — 130 с. — ISBN 978-5-907497-57-3.
9. Об утверждении Правил в области ветеринарии при убойе животных и первичной переработке мяса, и иных продуктов убойе непромышленного изготовления на убойных пунктах средней и малой мощности: Приказ Минсельхоза от 12.03.2014 г. №72: Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 11 ноября 2014 года, регистрационный №34634// Российская газета. — № 281, 10.12.2014.
10. Правило лабораторной практики: приказ Министерства здравоохранения и социального развития // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2010. — №16. — ст. 1815. — № 31. — ст. 4161.

11. Bierla K. Determination of selenocysteine and selenomethionine in edible animal tissues by 2D size-exclusion reversed phase HPLC-ICP MS following carbamidomethylation and proteolytic extraction / K. Bierla, M. Dernovics, V. Vacchina, J. Szpunar [et al.] // Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2008. – №. 390. – P. 1789-1798.
12. Burk R. F. Selenoprotein P and apolipoprotein E receptor-2 interact at the blood-brain barrier and also within the brain to maintain an essential selenium pool that protects against neurodegeneration / R. F. Burk, K. E. Hill, A. K. Motley, V. P. Winfrey [et al.] // FASEB Journal. – 2014. – № 28. – P. 3579-3588.
13. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific Purposes: Strasbourg, 18.III.1986. Text amended according to the provisions of the Protocol (ETS No. 170) as of its entry into force on 2 December 2005.
14. Gu Y.-Q. Pti4 is induced by ethylene and salicylic acid, and its product is phosphorylated by the Pto kinase / Y.-Q. Gu, C. Yang, V. K. Thara, J. Zhou [et al.] // Plant Cell. – 2000. – №12. – P. 771-785.
15. Hujeriletu H. Selenium supplementation alters gene expression profiles associated with innate immunity in whole-blood neutrophils of sheep / H. Hujeriletu, G. Bobe, W.R. Vorachek, M.E. Gorman [et al.] // Biological Trace Element Research. – 2013. – №.154. – P. 28-44.
16. Rederstorff M. Increased Muscle Stress-Sensitivity Induced by Selenoprotein N Inactivation in Mouse: A Mammalian Model for SEP1-Related Myopathy / M. Rederstorff, P. Castets, S. Arbogast, J. Lainé [et al.] // Plos One. – 2011. – V. 6. – № 8.
17. Saito Y. Selenium transport mechanism via selenoprotein P-its physiological role and related diseases / Y. Saito // Frontiers in Nutrition. – 2021. – V. 28. – № 8.
18. Trahair J. F. Restriction of nutrition in utero selectively inhibits gastrointestinal growth in fetal sheep / J.F. Trahair, M. T. DeBarro, J. S. Robinson, J. A. Owens // Nutrient Requirements and Interactions. – 1997. – V. 127. – №. 4. – P. 637-641.

Kurilova A.¹, Karpenko L.¹, Maksimov V.², Bakhta A.¹

Study of the effect of a seven -containing drug on the concentration of selenium in the organs and tissues of the lambs of the Romanov breed in the conditions of industrial complexes North-Western region

Abstract.

Purpose: to study the effects of a selenic -containing drug on the concentration of selenium in blood serum, organs and tissues of lambs of the Romanov breed.

Materials and methods. In the course of the study, 120 novels of the Romanov breed and 80 lambs obtained from the data of disemeters were used. The formation of control and experimental groups was carried out taking into account the principle of pair analysis. In experiments on assessing the effect of the drug, clinically healthy animals were used on the body. During the study, four groups of lambs were formed at the age of 30 days. The mothers of the first group during the period of suaginity received the drug "e-sel" at the rate of 1 ml per 50 kg of live weight; The lambs of the first experimental group introduced the drug "E-sel" at the rate of 0.2 ml per 10 kg of live weight according to the instructions. The second group was a control - a physiological solution was administered in the same quantity as the drug with experimental animals; Feeding was carried out by the main diet. The studies were carried out in the period before the chopping (4 months of age) was carried out. Blood fence was carried out from the jugular vein. The concentration of selenium in blood serum lambs was determined by fluorimetrically with 2.3-diaminonaftalin. After the chopping, the lambs were slaughtered. The concentration of selenium in the organs and tissues of the lamb was examined by atomic-adsorption spectrometry.

Results. It was established that the concentration of selenium in the lambs of the first experimental group increased, starting from the 60s from the moment of birth. At the same time, in the lambs of the first experimental group, the concentration increased 2.84 times by the 60th knock compared to control, 4.08 times compared to control by the 90s from the moment of birth and 8.5 times by 120 -It day from the moment of birth. The concentration of selenium in the kidneys, liver and muscles (the broadest back muscle) of the first experimental group significantly exceeded the values of control. The maximum concentration was noted in the kidneys. No reliable changes were noted between the 1st and 2nd experimental groups in the concentrations of selenium in the kidneys and liver. The concentration of selenium in the liver of the experimental group was 2.94 times higher in comparison with control. In the kidneys, the concentration of selenium was 2.26 times higher for the experimental group in comparison with control. It is noted that an increase in the concentration of selenium in the muscles exceeded control indicators of 4.59, respectively.

Keywords: selenium; blood; lamb; sheep; liver; kidney.

Authors:

Kurilova A. — graduate student; e-mail: aakurilova95@yandex.ru;

Karpenko L. — Dr. Habil. (Biol. Sci.); Professor;

Maksimov V. — Dr. Habil. (Biol. Sci.); Professor;

Bakhta A. — PhD (Biol. Sci.).

¹ St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 196084, Russia, St. Petersburg, Chernihiv Street, 5.

² Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after named after K. I. Scriabin; 109472, Russia, Moscow, st. Academician Scriabin, 23

References

1. Interstate standard. Medical drugs for animals, feed, feed additives. Determination of the mass fraction of Selena by atomic-aborched spectrometry. Compilation: National. Standard of the Russian Federation: ed. officer. : approved. And introduction. In order by order of Feder. agencies on tech. regulation and metrology from 28 Sept. 2012 No. 442-ST: introduction. For the first time: the date is introduced. 2014-01-01 / Out. FSBI "All -Russian State Center for Quality and Standardization of Medicines for Animals and Feed" (FSBI "VGNKI") - Moscow: Standinform, 2013. — 8 p.
2. Vampirov V.V. options for the photometric definition of Selena / V. V. Vampirov, A. A. Venskovich, G. S. Borodulin // Principles of Ecology. — 2014. — № 3. — P. 4-10.
3. Dmitriev A.F. Disease Sheep: Textbook / A. F. Dmitriev, A. N. Kononov, V.V. Solovyov. - Stavropol: STGAU, 2014. — 168 p.
4. Ivanova N.V. Hygiene of the content of sheep / N.V. Ivanova, 2019. — Don GAU. — Persian: Don GAU, 2019. — 34 p.
5. Kalashnikov N. G. Norms and diets of feeding agricultural animals. Reference manual. 3rd edition processed and supplemented / ed. A.P. Kalashnikova, V. I. Fisinin, V.V. Shcheglova, N. I. Kleimenov. — Moscow. 2003. — 456 p.
6. Makartsev N. G. Feeding of agricultural animals: a textbook for universities. -Foreign 3rd processed and additional. / N. G Makartsev. -Kaluga: Noosphere Publishing House, 2012. — 640 p.
7. Maksimov V.I. Fundamentals of physiology and ethology of animals: Textbook / V. I. Maksimov, V.F. Lysov. — 2nd ed., Cred. and add. — St. Petersburg: Lan, 2019. — 504 p. -ISBN 978-5-8114-3818-1.
8. Maksimov V. I. Minerals and vitamins in feeding fur animals of cellular content: a textbook / V. I. Maksimov, N. A. Balakirev, A. A. Deltsov. - M .: Publishing House "Scientific Library", 2022. — 130 p. — ISBN 978-5-907497-57-3.
9. On the approval of the rules in the field of veterinary medicine during the slaughter of animals and the primary processing of meat, and other products of non -industrial manufacture at middle and low power points: the order of the Ministry of Agriculture dated 12.03.2014 No. 72: registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation on November 11, 2014 years, registration No. 34634 // Russian newspaper. — № 281, 12/10/2014.
10. The rule of laboratory practice: Order of the Ministry of Health and Social Development // Meeting of the Legislation of the Russian Federation. — 2010. — № 16. — Art. 1815. — № 31. — Art. 4161.

11. Bierla K. Determination of selenocysteine and selenomethionine in edible animal tissues by 2D size-exclusion reversed phase HPLC-ICP MS following carbamidomethylation and proteolytic extraction / K. Bierla, M. Dernovics, V. Vacchina, J. Szpunar [et al.] // Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2008. – №. 390. – P. 1789-1798.
12. Burk R. F. Selenoprotein P and apolipoprotein E receptor-2 interact at the blood-brain barrier and also within the brain to maintain an essential selenium pool that protects against neurodegeneration / R. F. Burk, K. E. Hill, A. K. Motley, V. P. Winfrey [et al.] // FASEB Journal. – 2014. – № 28. – P. 3579-3588.
13. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific Purposes: Strasbourg, 18.III.1986. Text amended according to the provisions of the Protocol (ETS No. 170) as of its entry into force on 2 December 2005.
14. Gu Y.-Q. Pti4 is induced by ethylene and salicylic acid, and its product is phosphorylated by the Pto kinase / Y.-Q. Gu, C. Yang, V. K. Thara, J. Zhou [et al.] // Plant Cell. – 2000. – №12. – P. 771-785.
15. Hujeriletu H. Selenium supplementation alters gene expression profiles associated with innate immunity in whole-blood neutrophils of sheep / H. Hujeriletu, G. Bobe, W.R. Vorachek, M.E. Gorman [et al.] // Biological Trace Element Research. – 2013. – №.154. – P. 28-44.
16. Rederstorff M. Increased Muscle Stress-Sensitivity Induced by Selenoprotein N Inactivation in Mouse: A Mammalian Model for SEPNI-Related Myopathy / M. Rederstorff, P. Castets, S. Arbogast, J. Lainé [et al.] // Plos One. – 2011. – V. 6. – № 8.
17. Saito Y. Selenium transport mechanism via selenoprotein P-its physiological role and related diseases / Y. Saito // Frontiers in Nutrition. – 2021. – V. 28. – № 8.
18. Trahair J. F. Restriction of nutrition in utero selectively inhibits gastrointestinal growth in fetal sheep / J.F. Trahair, M. T. DeBarro, J. S. Robinson, J. A. Owens // Nutrient Requirements and Interactions. – 1997. – V. 127. – №. 4. – P. 637-641.