



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Veterinary sciences

ISSN 2518–7554 print
ISSN 2518–1327 online

doi: 10.32718/nvlvet9519
<http://nvlvet.com.ua>

UDC 619:661.746.5:612.11

The influence of long-term drinking of citric acid on the organism of F_0 female rats

U.I. Tesarivska

State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medicinal Products and Feed Additives, Lviv, Ukraine

Article info

Received 16.09.2019
Received in revised form
16.10.2019
Accepted 17.10.2019

State Scientific Research Control
Institute of Veterinary Medicinal
Products and Feed Additives,
Donetska Str., 11, Lviv 79019,
Ukraine.
Tel.: +38-067-686-72-11
E-mail: tesar21@gmail.com

Tesarivska, U.I. (2019). The influence of long-term drinking of citric acid on the organism of F_0 female rat. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 21(95), 102–106. doi: 10.32718/nvlvet9519

The influence of long-term drinking of Citric acid on the organism of female rats was studied by the investigation of morphological and biochemical indices and organ mass coefficients. The study was performed on 10 laboratory female rats F_0 , which were organized in groups (5 – control, 5 – experimental) 2–2.5 months aged, with body mass 110–120 g. The animals of the experimental group received aqueous solution of Citric acid ($C_6H_{12}O_6 \times H_2O$, “ch.p.”) in the dose 0.8 mg/kg b. m. during the physiologic and puberty periods, fertilization and pregnancy. Animals of both groups had constant access to the drinking water. The received results of studies of red cells in the experimental group are comparative to the control group animals indicate the tendency to decrease the number of red blood cells by 6%, hemoglobin in the blood on 22.7%, average hemoglobin concentration in hemoglobin by 25%, average hemoglobin content in the erythrocyte on 20.9%, average hemoglobin volume on 4% against the background of an increase of hematocrit value on 5.4%. The experimental data obtained indicate a probable increase in the number of leukocytes in the blood of the experimental group of animals on 42.4%, and a tendency for a 2-fold increase in eosinophils. The results of biochemical studies of serum indicate minor differences between serum iron content (increase on 5.6%) in experimental and control animals groups. Also, the received results indicate the tendency of an increase by 3.3% of serum transferrin on the background of decrease of total (by 3.6%) and unsaturated (by 7.6%) Fe-binding ability of blood. Animals receiving Citric acid found a tendency to increase, in terms of indicators of ALT activity – by 18.9% and alkaline phosphatase by 13.2% comparing with the control group of animals. The blood of female rats showed significantly higher urea level of 72.5% and a lower creatinine level of 19.6%. The content of average molecular weight substances in the serum of female rats of the experimental group under the influence of Citric acid is less than in animals of the control group on 2.8%. Studies of the individual organs status with the determination of their weight and mass coefficients revealed that against a background to the coefficients of the control group of female rats the weight of the liver increased likely by 16.1%. In the future, we plan to investigate the effect of long-term drinking of Citric acid on the organism of F_1 rats.

Key words: blood morphology, blood serum biochemistry, citric acid, male, rats.

Вплив тривалого впоювання лимонної кислоти на організм самиць щурів F_0

У.І. Тесарівська

Державний науково-дослідний контрольний інститут ветеринарних препаратів та кормових добавок,
м. Львів, Україна

Вивчали вплив тривалого впоювання лимонної кислоти на організм самиць, визначаючи морфологічні та біохімічні показники крові та коефіцієнти маси органів. Дослідження проведено на 10 лабораторних щурах-самицях F_0 , сформованих по групах (5 – контрольні, 5 – дослідні) у віці 2–2,5 місяці, масою тіла 110–120 г. Тваринам дослідної групи впоювали водний розчин лимонної кислоти ($C_6H_{12}O_6 \times H_2O$, “хч”) у кількості 0,8 мг/кг маси тіла протягом фізіологічного і статевого дозрівання, запліднення та

вагітності. Тварини обох груп мали постійний доступ до питної води. Отримані результати досліджень показників червоної крові у тварин дослідної порівняно з тваринами контрольної груп вказують на тенденцію до зниження кількості еритроцитів на 6%, гемоглобіну в крові на 22,7%, середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті на 25%, середнього вмісту гемоглобіну в еритроциті на 20,9%, середнього об'єму еритроцита – на 4% на тлі збільшення гематокритної величини на 5,4%. Одержані експериментальні дані свідчать про вірогідне збільшення кількості лейкоцитів у крові дослідних тварин на 42,4%, та тенденцію до збільшення у 2 рази еозинофілів. За результатами біохімічних досліджень сироватки крові виявлено незначні відмінності між вмістом сироваткового заліза в крові тварин дослідної (збільшення на 5,6%) і контрольної груп. Також отримані результати вказують на тенденцію до збільшення на 3,3% сироваточного трансферину на тлі зменшення загальної (на 3,6%) і ненасиченої (на 7,6%) Fe-зв'язувальної здатності крові. У тварин, яким задавали лимонну кислоту, виявлено тенденцію до збільшення, щодо показників у контрольних тварин активності АлАТ – на 18,9% та лужної фосфатази на 13,2%. В крові самиць щурів відзначено вірогідно вищий рівень сечовини на 72,5% і нижчий на 19,6% – рівень креатиніну. Вміст речовин середньої молекулярної маси в сироватці крові самиць щурів дослідної групи за впливу лимонної кислоти є менший, ніж у тварин контрольної групи на 2,8%. Дослідженнями стану окремих органів з визначенням їхньої маси і коефіцієнтів мас встановлено, що на тлі аналогічних щодо контролю показників органів самиць щурів проходить вірогідне збільшення на 16,1% маси печінки. Надалі плануємо провести дослідження впливу тривалого впоювання лимонної кислоти на організм щурів F₁.

Ключові слова: морфологія крові, біохімія сироватки крові, лимонна кислота, самки, щури.

Вступ

У наш час лимонна кислота широко використовується в харчовій і фармацевтичній промисловості, в техніці і як хімічна сировина (Kostenko et al., 2008; Novinjuk, 2009; Fales et al., 2009). У багатьох препаратах, біологічно активних добавках і засобах, що використовуються в медицині, тваринництві та ветеринарії, основним діючим компонентом є цитрати (Kostenko et al., 2004; Dmytruk, 2008; Nagoba et al., 2011; Sakhandia, 2014; EFSA FEEDAP Panel, 2015). Уведення лимонної кислоти або її сполук до раціону тварин справляє регуляторний вплив на енергетичний, жировий, вуглеводний та мінеральний обмін (Kostenko et al., 2008; Dmytruk, 2008). Розщеплення лимонної кислоти супроводжується утворенням хімічної енергії, яка акумулюється в макроенергетичних сполуках, що сприяє підвищенню інтенсивності росту і розвитку організму та продуктивності (Kostenko et al., 2004; Dmytruk, 2008). Застосування лимонної кислоти в годівлі тварин зумовлює стимулюючий вплив на їхню репродуктивну здатність (Rylskiy & Sherstoboieva, 2010; Tesarivskaja et al., 2016). Низка авторів вказують на детоксикаційну її функцію, що призводить до зниження впливу токсичних речовин на органи та системи організму (Wright & Hughes, 1976; Chekalina et al., 1987; Kostenko et al., 2004). Лимонна кислота не виявляє ембріотоксичної та тератогенної дії на організм тварин (Fales et al., 2009; Rylskiy & Sherstoboieva, 2010; Tesarivskaja et al., 2016). Набувають поширення солі лимонної кислоти на основі макро- і мікроелементів та їх наночастинок (Tesarivskaja et al., 2016; Tesarivska et al., 2016). Це зумовлює зацікавлення в проведенні фізіологічних досліджень щодо впливу лимонної кислоти та її сполук на організм тварин.

Попри те, що лимонна кислота та її сполуки мають виражений позитивний вплив на функціонування окремих систем та органів, у т.ч. репродуктивну функцію самиць і розвиток організму, нами виявлено лише окремі дослідження з цього напрямку. Тому метою наших досліджень було з'ясувати морфологічний склад і біохімічні показники крові за дії лимонної кислоти на організм самиць щурів F₀.

Матеріал і методи досліджень

Досліди проведені у віварії ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок на білих щурах лінії Wistar. Тварини перебували в стандартних умовах з природним світловим режимом день/ніч, водні розчини цитрату, воду і корм отримували ad libitum. Дослідження проведені на 10 лабораторних щурах-самицях F₀, сформованих по групах у віці 2–2,5 місяця, масою тіла 110–120 г. Самицям дослідної групи (4 тварини) впоювали водний розчин лимонної кислоти (C₆H₁₂O₆ xH₂O, “хч”) у кількості 0,8 мг/кг маси тіла протягом фізіологічного і статевого дозрівання, запліднення, вагітності. Щури контрольної групи (5 тварин) мали постійний доступ до питної води. Самиць запліднювали, і на 21-у добу вагітності оцінювали їх клінічний стан, зважували, проводили евтаназію методом миттєвої декапітації, розтинали грудну і черевну порожнини, відбирали серце, легені, печінку, нирки селезінку і визначали коефіцієнти маси цих органів. Показники червоної крові визначали загальноприйнятими методами: підрахунок еритроцитів і кількість лейкоцитів – в камері Горяєва, концентрацію гемоглобіну – гемоглобін-ціанідні методом, гематокрит – за допомогою гематокритною центрифуги, лейкоцитарну формулу – шляхом мікроскопії мазків крові, забарвлених барвником Романовського-Гімзи і підрахунку клітин (Kondrahin et al., 1985). Використовуючи величини показників кількості еритроцитів, рівня гемоглобіну крові та гематокриту, з допомогою відповідних формул вираховували такі величини індексів: середню концентрацію гемоглобіну в еритроциті, середній вміст гемоглобіну в еритроциті, середній об'єм еритроцита.

Біохімічні показники сироватки крові самиць щурів F₀ зокрема АлАТ, АсАТ, ЛФ, креатинін, сечовину, сироваткове залізо, загальну залізов'язувальну здатність сироватки крові (ТІВС) визначали за допомогою напівавтоматичного біохімічного аналізатора HumaLyzer 3000 з використанням стандартизованих наборів “Human Diagnostics Worldwide” (Німеччина). Вивчаючи характер обміну заліза за величиною сироваткового заліза і ТІВС, також визначали розрахунковим методом показники: ненасиченої залізов'язувальної здатності сироватки крові (UIBS) і

відсоток насичення трансферину. Визначали сироватковий рівень молекул середньої маси (МСМ) за методикою Н.І. Габрієлян (Gabrijeljan et al., 1985).

В основу організації досліджень з вивчення дії $C_6H_{12}O_6 \times H_2O$ на потомство покладено методичні рекомендації, які викладені в довіднику “Доклінічні дослідження ветеринарних лікарських засобів” (Kotsiumbas, 2006).

Експерименти проводилися відповідно до положень “Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей” (European convention for the protection..., 1986). Отриманий цифровий матеріал опрацьовано методом варіаційної статистики з використанням критерію Стьюдента. Розраховували середні арифметичні величини (М) та похибки середніх арифметичних величин ($\pm m$). Зміни вважали вірогідними за $P \leq 0,05$. Для розрахунків використано комп’ютерну програму Excel.

Результати та їх обговорення

Отримані результати досліджень впливу щоденного впоювання лимонної кислоти на організм щурів самиць F_0 вказують на певні відмінності як з боку морфології крові, так і біохімічного її складу.

Так, у тварин дослідної групи показники червоної крові порівняно з тваринами контрольної групи не мали статистично значущих відмінностей, проте спостерігалася тенденція до зниження кількості еритроцитів на 6% та гемоглобіну в крові на 22,7% при збільшенні гематокритної величини на 5,4% (табл. 1).

Середня концентрація гемоглобіну в еритроциті є найстабільнішим, генетично детермінованим показником. З усіх еритроцитарних індексів він найменше схильний до коливань при патологічних станах. Тому його зниження має велику цінність в діагностиці. При застосуванні лимонної кислоти достовірних відмінностей між тваринами контрольної та дослідних груп не встановлено, однак є тенденція до зменшення цього показника у дослідній групі тварин на 25%. Показник середнього вмісту гемоглобіну в одному еритроциті, якого прийнято виражати в пікограм, дуже важливий для виявлення гіпо- та гіперхромазії, і у тварин дослідної групи відзначено тенденцію до зменшення його на 20,9%. Для з’ясування наявності мікро- і макроцитозу поряд з безпосереднім вимірюванням розмірів еритроцитів на мазках зручніше обчислювати середній об’єм еритроцитів побічно, який виражають у кубічних мікрометрах. У самиць щурів, яким задавали з водою лимонну кислоту, виявлено зменшення середнього об’єму еритроцитів на 4%.

Аналіз одержаних результатів білої крові вказує на вірогідне збільшення кількості лейкоцитів у крові тварин на 42,4% ($P < 0,05$), а у лейкограмі – тенденцію до збільшення еозинофілів у 2 рази.

Результати біохімічних досліджень сироватки крові піддослідних тварин, що наведені в таблиці 2, вка-

зують на певні відмінності показників стосовно тварин контрольної групи.

Найважливішим мікроелементом для організму тварин, який бере участь в кисневому обміні, будучи складовою гемоглобіну, є Залізо. У нашому досліді, за незначного збільшення щодо контролю сироваткового заліза в крові тварин дослідної групи (5,6%) виявлено тенденцію до зменшення загальної (на 3,6%) і ненасиченої (на 7,6%) Fe-зв’язувальної здатності крові. Відсоток трансферину, який утворює сполуки з залізом у крові тварин дослідної групи, є на 3,3 більший, ніж у тварин контрольної групи.

Таблиця 1

Гематологічні показники самиць щурів F_0 при застосуванні лимонної кислоти ($M \pm m, n = 5$)

Показники	Групи	
	контрольна	дослідна
Еритроцити, Т/л	6,0 \pm 0,8	5,64 \pm 0,26
Гемоглобін, г/л	136,46 \pm 11,3	105,47 \pm 12,6
Гематокрит, л/л	0,37 \pm 0,005	0,39 \pm 0,02
Середня концентрація гемоглобіну в еритроциті, %	36,34 \pm 3,09	27,26 \pm 3,52
Середній вміст гемоглобіну в еритроциті, пг	23,75 \pm 2,36	18,78 \pm 2,19
Середній об’єм еритроцита, мкм ³	66,93 \pm 9,39	69,62 \pm 2,33
Лейкоцити, Г/л	6,46 \pm 0,47	9,20 \pm 0,9*
Нейтрофіли сегментоядерні, %	23,6 \pm 1,9	24,8 \pm 1,5
Лімфоцити, %	72,8 \pm 2,3	70,8 \pm 1,36
Моноцити, %	2,80 \pm 0,50	2,80 \pm 0,5
Еозинофіли, %	0,8 \pm 0,50	1,6 \pm 0,40
Базофіли, %	–	–

Примітка (у цій та наступній таблиці): вірогідність результатів стосовно контрольної групи тварин: * – $P < 0,05$; *** – $P < 0,001$

Амінотрансферази як каталітично досконалі ферменти є важливим фізіолого-біохімічним тестом для оцінки стану всього організму, оскільки вони містяться практично у всіх органах (Ostapuyuk & Gutyj, 2019). Аналіз результатів досліджень вказують на тенденцію до збільшення активності АлАТ – на 18,9%. Дослідження лужної фосфатази сироватки крові зазвичай становить інтерес у зв’язку з діагностикою стану печінки і кісткової тканини. Варто підкреслити тенденцію до збільшення в сироватці крові тварин активності лужної фосфатази дослідної групи на 13,2% щодо показників у контрольних тварин.

Сечовина – основний продукт розпаду білків. Підвищення рівня сечовини в біохімічному аналізі крові свідчить про погану роботу нирок, серцеву недостатність, пухлини, кровотечі, кишкову непрохідність або непрохідність сечовивідних шляхів. У тварин, яким впоювали з водою лимонну кислоту, рівень сечовини в крові є вірогідно вищим щодо показників контрольної групи на 72,5% ($P < 0,001$). Це може вказувати на певне метаболічне навантаження застосованої дози лимонної кислоти за умов тривалого застосуван-

ня у самиць щурів з нагромадженням у крові продуктів обміну протеїнів.

Таблиця 2

Біохімічні показники сироватки крові самиць щурів F₀ при застосуванні лимонної кислоти (M ± m, n= 5)

Показники	Групи	
	контрольна	дослідна
Сироваткове залізо, мкмоль/л	25,0 ± 4,60	26,4 ± 2,6
TIBC, мкмоль/л	147,23 ± 1,8	141,9 ± 5,4
UIBS, мкмоль/л	125,08 ± 5,0	115,6 ± 2,8
Насичення трансферину, %	15,07 ± 2,95	18,4 ± 1,1
АлАТ, Од/л	61,83 ± 11,4	73,5 ± 5,3
АсАТ, Од/л	143,35 ± 15,8	144,15 ± 2,5
ЛФ, Од/л	313,00 ± 10,4	354,4 ± 15,18
Сечовина, ммоль/л	4,0 ± 0,28	6,9 ± 2,9***
Креатинін, мкмоль/л	65,78 ± 4,2	52,9 ± 0,9*
МСМ, ум.од	1,07 ± 0,004	1,10 ± 0,015

В комплексі з сечовиною розглядається креатинін. Його характеризує ефективність клубочкової фільтрації крові в нирках. Оцінка дії лимонної кислоти на організм щурів за цим показником свідчить, що його рівень є вірогідно нижчим на 19,6% (P < 0,05). Це, можливо, пов'язано з посиленням фільтраційної здатності нирок за дії лимонної кислоти самиць щурів дослідної групи.

Маркерами ендогенної інтоксикації є молекули середньої маси. Даний показник використовується для визначення ступеня тяжкості патологічного процесу та можливих ускладнень. За впливу лимонної кислоти вміст речовин середньої молекулярної маси в сироватці крові щурів дослідної групи менший, ніж у тварин контрольної групи, на 2,8%.

Вивчення розвитку окремих органів шляхом визначення їхньої маси та коефіцієнтів маси вказує на зміни з боку печінки самиць щурів, де даний показник вірогідно збільшений щодо контролю на 16,1% (P < 0,001) (табл. 3).

Таблиця 3

Маса внутрішніх органів самиць щурів F₀ та їх коефіцієнти за дії лимонної кислоти (M ± m, n= 5)

Показники	Групи	
	контрольна	дослідна
Маса тварини (кг)	0,210 ± 0,016	0,207 ± 0,018
Маса органу (г) / коефіцієнт маси органів		
Серце	0,85 ± 0,04	0,77 ± 0,08
	4,07 ± 0,14	3,67 ± 0,16
Легені	1,48 ± 0,15	1,26 ± 0,09
	6,17 ± 0,23	6,12 ± 0,31
Селезінка	1,14 ± 0,07	1,13 ± 0,12
	5,43 ± 0,74	5,46 ± 0,16
Нирка права	0,64 ± 0,05	0,62 ± 0,03
	3,05 ± 0,15	3,02 ± 0,12
Нирка ліва	0,61 ± 0,04	0,60 ± 0,04
	2,9 ± 0,1	2,90 ± 0,12
Печінка	9,06 ± 0,26	10,44 ± 0,99
	43,38 ± 1,96	50,37 ± 1,64*

Висновки

Тривале вигоювання самицям щурів F₀ з водою лимонної кислоти у період фізіологічного і статевого дозрівання та вагітності не зумовлювало статистично значущих відмінностей показників червоної крові у тварин дослідної групи порівняно з тваринами контрольної групи, проте спостерігали тенденцію до зниження кількості еритроцитів, концентрації гемоглобіну в крові та збільшення гематокритної величини. Щодо білої крові, то аналіз одержаних результатів вказує на тенденцію до збільшення відсоткового вмісту еозинофілів на тлі вірогідного збільшення кількості лейкоцитів.

Застосування лимонної кислоти у дозі 0,8 мг/кг м. т. самицям щурів характеризується вірогідним збільшенням концентрації сечовини та зниженням рівня креатиніну в сироватці крові самиць щурів, що може вказувати на певні зміни з боку функціонування нирок.

Дослідженнями розвитку стану окремих внутрішніх органів з визначенням їх маси і коефіцієнтів мас встановлено вірогідне збільшення (P < 0,05) показника коефіцієнта маси печінки у самиць дослідної групи на тлі аналогічних щодо контролю показників інших органів.

Перспективи подальших досліджень полягають у дослідженні впливу тривалого вигоювання лимонної кислоти на організм щурів F₁.

References

Chekalina, K.I., Golohvastova, Je.L., Brodov, L.Je., & Maleev, V.V. (1987). Gipercitremija pri pishhevyyh toksikoinfekcijah. *Sovetskaja medicina*, 1, 89–91 (in Russian).

Dmytruk, I.V. (2008). Riststymuliuiucha ta antystresova diia lymonnoi i burshtynovoi kyslot ta probiotyku "Probiol-L" v hodivli molodniaku svynei: avtoref. dys. na zdobuttia naukovooho stupenia kand. s-h. nauk: spets. 06.02.02 "Hodivlia tvaryn i tekhnolohiia kormiv". Lviv; Lvivskiy nats. universytet veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Gzhytskoho (in Ukrainian).

EFSA FEEDAP Panel (EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed) (2015). Scientific Opinion on the safety and efficacy of citric acid when used as a technological additive (acidity regulator) for all animal species. *EFSA Journal* 2015, 13(2), 4010. doi: 10.2903/j.efsa.2015.4010.

European convention for the protection of vertebrate animals used for experim. and other scientific purposes (1986). *Coun. of Europe, Strasbourg*, 53. <https://rm.coe.int/168007a67b>.

Fales, V.M., Khivrych, O.V., & Lytvynenko, A.M. (2009). Analiz vyrobnytstva ta zastosuvannia lymonnoi kysloty. *Kharchova promyslovist*, 8, 91–94 (in Ukrainian).

Gabrijeljan, N.I., Levickij, Je.R., & Dmitriev, A.A. (1985). *Skriningovyj metod opredelenija srednih*

- molekul v biologicheskikh zhidkostjakh: [metod. rekomendacii]. M. (in Russian).
- Kondrahin, I.P., Kurilov, N.V., Malahov, A.G., Arhipov, V.A., Belov, A.D., Beljakov, I.M., Blinov, N.I., Korobov, A.V., Frolova, L.A., & Sevast'janova, N.A. (1985). *Klinicheskaja laboratornaja diagnostika v veterinarii*. M.: Agropromizdat (in Russian).
- Kostenko, V.M., Dmytruk, I.V., & Nechyporuk, Yu.I. (2004). Produktivnist ta hematolohichni pokaznyky teliat ta porosiat pry zghodovuvanni yim lymonnoi ta yantarnoi kyslot. *Naukovyi visnyk LNAVМ im. S.Z. Hzhyskoho*, 6, 72–79 (in Ukrainian).
- Kostenko, V.M., Dmytruk, I.V., Nechyporuk, Yu.I., & Sukhovukha, S.M. (2008). Efektyvnist vykorystannia lymonnoi ta burshtynovoi kyslot, probiotykyv ta yikh sumishok, yak riststymuliuiuchykh ta imunozakhystnykh bezpechnykh dobavok v hodivli tvaryn. *Zbirnyk naukovykh prats VDAU*, 34, 230–233 (in Ukrainian).
- Kotsiumbas, I.Ya. (2006). *Doklinichni doslidzhennia veterynarnykh likarskykh zasobiv: Dovidnyk*. Lviv: Triada plus (in Ukrainian).
- Nagoba, B.S., Wadher, B.J., & Selkar, S.P. (2011). Citric Acid Treatment of Chronic Wounds in Animals. *International Journal of Animal and Veterinary Advances*, 3(1), 26–28. <https://pdfs.semanticscholar.org/dbff/abfbecf42bfb3f1bd7f19ab048c1934cbcd0.pdf>.
- Novinjuk, L.V. (2009). Citraty – bezopasnye nutrienty. *Pishhevye ingredienty: syr'e, dobavki*, 1, 70–71 (in Russian).
- Ostapyuk, A.Y., & Gutyj, B.V. (2019). Influence of cadmium sulfate at different doses on the functional state of the liver of laying chicken. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 21(94), 103–108. doi: 10.32718/nvlvet9419.
- Rylskiy, O.F., & Sherstoboieva, O.V. (2010). Lymonnaja kislota – chynnyk zberezhenia bioriznomanittia prokariot za umov zabrudnennia. *Ahrokolohichni zhurnal*, 1, 56–60 (in Ukrainian).
- Sakhanda, I.V. (2014). Preparaty Hermaniiu ta yikh zastosuvannia v medytsyni. *Ukrainskyi naukovomedychnyi molodizhnyi zhurnal*, 4(84), 83–86. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Unmmj_2014_4_19 (in Ukrainian).
- Tesarivska, U.I., Fedoruk, R.S., & Shumska, M.I. (2016). Reproduktyvna funktsiia samok shchuriv F1 i postnatalnyi rozvytok shchurenjat F2 za dii riznykh doz nanohermaniiu tsytratu. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Gzhyskoho*, 18(3), 124–130. doi: 10.15421/nvlvet7128 (in Ukrainian).
- Tesarivskaja, U.I., Fedoruk, R.S., Hrabko, M.I., & Shumskaja, M.V. (2016). Jembrional'naja toksichnost' i zhiznesposobnost' priploda samok krysv pri vypaivanii im limonnoj kisloty. *Collection of works of Scientific Symposium with International Participation "Zootechnical science – an important factor for the european type of the agriculture"*. Maximovca, 726–730 (in Russian).
- Wright, E., & Hughes, R.E. (1976). Some effects of dietary citric acid in small animals. *Food and Cosmetics Toxicology*, 14(6), 561–564. doi: 10.1016/S0015-6264(76)80009-0.