

**ВПЛИВ СПОЛУК СИЛІЦІЮ НА РЕЗИСТЕНТНІСТЬ ОРГАНІЗМУ КРОЛЕМАТОК**

*А. І. Іваницька, Я. В. Лесик, М. М. Цап*  
*nastya\_ivanitska@ukr.net*

Інститут біології тварин НААН,  
 вул. В. Стуса, 38, м. Львів, 79034, Україна

*У поданому матеріалі висвітлено результати дослідження вигоювання за 14 діб до запліднення і до 20-ї доби лактації кролематкам другого окролу цитрату силіцію, отриманого методом з використанням нанотехнології, з розрахунку 50 мкг Si/кг маси тіла та метасилікату натрію у дозі 2,5 мг Si/кг маси тіла на показники резистентності їхнього організму. Дослідження показників резистентності проводили на 10-ту добу підготовчого періоду та на 20-ту добу лактації кролематок (65-та доба вигоювання добавок). Дослідженнями встановлено вірогідні ( $P < 0,01-0,001$ ) міжгрупові різниці відносного вмісту фагоцитарної активності нейтрофілів, бактерицидної та лізоцимної активності крові на 20-ту добу лактації у кролематок, яким вигоювали органічну та неорганічну сполуки силіцію. Це свідчить про стимулювальний вплив Силіцію на клітинну та гуморальну ланки неспецифічного імунітету їх організму.*

*Вміст гексоз, зв'язаних з протеїнами, та церулоплазміну у крові тварин I і II дослідних груп підвищувався, відповідно, на 37,7 і 22,0 % ( $P < 0,05$ ) і на 18,2 і 13,7 % ( $P < 0,01-0,001$ ) на 65-ту добу дослідження порівняно з контролем. Вказані зміни в межах фізіологічних величин у крові свідчать про активацію систем імуніфізіологічного захисту в організмі кролематок у період підвищеного фізіологічного навантаження. Менш виражений вплив на вміст сіалових кислот в організмі кролематок відзначено за дії метасилікату натрію, однак органічна сполука силіцію відзначилася більшою стимулювальною дією на їх концентрацію.*

*Результати дослідження вмісту глікопротеїнів та їх вуглеводних компонентів у крові підтверджуються вищою концентрацією імуноглобулінів. Застосування цитрату силіцію зумовлювало вірогідне ( $P < 0,05$ ) підвищення вмісту імуноглобулінів у крові кролематок I дослідної групи на 65-ту добу дослідження порівняно з контролем. Це свідчить про стимулювальний вплив цитрату Si на синтез окремих класів імуноглобулінів у лімфатичній системі, яка бере участь в імунологічних реакціях організму.*

**Ключові слова:** КРОЛІ, ЦИТРАТ СИЛІЦІЮ, МЕТАСИЛІКАТ НАТРІЮ, РЕЗИСТЕНТНІСТЬ, ІМУНОГЛОБУЛІНИ, ГЛІКОПРОТЕЇНИ

**THE EFFECT OF SILICON COMPOUNDS ON RESISTANCE OF THE RABBITS**

*A. I. Ivanytska, Ya. V. Lesyk, M. M. Tsap*  
*nastya\_ivanitska@ukr.net*

Institute of Animal Biology NAAS,  
 38 V. Stus str., Lviv 79034, Ukraine

*In the presented material, the results of the 14-day fertilization study and up to 20 days of lactation for the silicon citrate obtained by the method using nanotechnology, calculated from 50  $\mu\text{g}$  Si/kg body weight and metasilicate of sodium in the amount of 2.5 mg Si/kg of weight body on indicators of resistance of their organism. Resistance indices were studied on the 10<sup>th</sup> day of the preparatory period and on the 20<sup>th</sup> day of lactation of the rabbits (65 days of supplements). The research has established the significant ( $P < 0.01-0.001$ ) intergroup differences in the relative content of phagocyte activity of neutrophils, bactericidal and lysozyme activity in blood of rabbits on the 20<sup>th</sup> day of lactation, which was emitted by organic and inorganic silicon citrate compounds, indicating the stimulatory effect of Silicon on cellular and humoral links of non-specific resistance of their organism.*

*The content of hexoses bound to proteins and ceruloplasmin in the blood of animals of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> experimental groups respectively increased by 37.7 and 22.0 % ( $P < 0.05$ ) and 18.2 and 13.7 % ( $P < 0.01-0.001$ ) on 65<sup>th</sup> day of the study compared with the control group. The indicated changes within the limits of physiological quantities in the blood testify to the activation of immune-physiological protection systems in the body of the rabbits during the period of increased physiological load. The less pronounced effect on the content of sialic acids in the body of the rabbits was noted by the action of metasilicate sodium, but the organic compound of silicon was marked by a stimulatory effect on their concentration.*

*The results of the study of the content of glycoproteins and their carbohydrate components in the blood are confirmed by a higher concentration of immunoglobulins. The use of citrate silicon resulted in a significant increase ( $P<0.05$ ) of the content of immunoglobulins in the blood of the rabbits of the experimental group at 65 days of study compared with the control. This indicates the stimulatory effect of Si citrate on the synthesis of certain classes of immunoglobulins in the lymphatic system, which regulates the mechanisms of immunity.*

**Keywords:** RABBITS, SILICON CITRATE, SODIUM METASILICATE, RESISTANCE, IMMUNOGLOBULINS, GLUCOPROTEINS

## ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ КРЕМНИЯ НА РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ОРГАНИЗМА КРОЛЬЧИХ

А. И. Иваныцька, Я. В. Лесык, М. М. Цап

nastya\_ivanitska@ukr.net

Институт биологии животных НААН,  
ул. В. Стуса, 38, г. Львов, 79034, Украина

*В представленном материале отражены результаты исследования выпаивания за 14 суток до оплодотворения и до 20 суток лактации крольчихам второго окрола цитрата кремния, полученного методом с использованием нанотехнологии, из расчета 50 мкг Si/кг массы тела и метасиликата натрия в количестве 2,5 мг Si/кг массы тела на показатели резистентности их организма. Исследование показателей резистентности проводили на 10 сутки подготовительного периода и на 20 сутки лактации крольчих (65 сутки выпаивания добавок). Исследованиями установлено достоверные ( $P<0,01-0,001$ ) межгрупповые различия относительного содержания фагоцитарной активности нейтрофилов, бактерицидной и лизоцимной активности в крови крольчих на 20 сутки лактации, которым выпаивали органическое и неорганическое соединения кремния, что свидетельствует о стимулирующем влиянии кремния на клеточную и гуморальную звенья неспецифической резистентности их организма.*

*Содержание гексоз, связанных с белками и церулоплазмينا в крови животных I и II опытных групп соответственно повышались на 37,7 и 22,0 % ( $P<0,05$ ) и 18,2 и 13,7 % ( $P<0,01-0,001$ ) на 65 сутки опыта по сравнению с контрольной группой. Указанные изменения в пределах физиологических параметров в крови свидетельствуют об активации системы иммунофизиологической защиты в организме крольчих в период повышенной физиологической нагрузки. Менее выраженное влияние на содержание сиаловых кислот в организме крольчих отмечено при выпаивании метасиликата натрия, однако органическое соединение кремния отличалось стимулирующим действием на их концентрацию.*

*Результаты исследования содержания гликопротеинов и их углеводных компонентов в крови подтверждаются высокой концентрацией иммуноглобулинов. Применение цитрата кремния приводило к достоверному ( $P<0,05$ ) повышению содержания иммуноглобулинов в крови крольчих I опытной группы на 65 сутки исследования по сравнению с контролем. Это свидетельствует о стимулирующем влиянии цитрата Si на синтез отдельных классов иммуноглобулинов в лимфатической системе, которая берет участие в иммунологических реакциях организма.*

**Ключевые слова:** КРОЛИКИ, ЦИТРАТ СИЛИЦИЯ, МЕТАСИЛИКАТ НАТРИЯ, РЕЗИСТЕНТНОСТЬ, ИММУНОГЛОБУЛИНЫ, ГЛИКОПРОТЕИНЫ

На репродуктивну здатність та резистентність організму кролематок за умов сучасного промислового ведення кролівництва впливає збалансованість їхніх раціонів за поживними та мінеральними речовинами [28]. Дослідженнями встановлено, що аліментарні чинники, зокрема низька біодоступність мінеральних речовин, негативно впливають на розвиток ембріонів та резистентність організму кролематок у критичні періоди їх промислово-

го використання, особливо за умов поєднання сукупності та лактації [6]. Мікроелементи в органічній формі в організмі тварин мають більшу біодоступність, ніж їхні неорганічні солі. Дослідженнями встановлено підвищення репродуктивної здатності, функції імунної системи в організмі великої рогатої худоби, кролів і птиці в результаті застосування комплексу органічних мікроелементів Zn, Cu, Mn і Se [22]. Підшкірне введення органічних солей мікро-

елементів у формі ліпосомальної емульсії впродовж двох тижнів підвищило репродуктивну здатність кролематок, резистентність організму та активність антиоксидантної системи у період суцільності [25]. Зв'язок між збалансованим раціоном та відтворною здатністю кролематок вивчався тривалий час. Встановлено, що повноцінне живлення кролематок впливає на концентрацію у крові статевих гормонів, які визначають репродуктивну здатність і резистентність їхнього організму [9].

Одним із есенціальних елементів для людини та необхідним для кролів різного фізіологічного стану є Силіцій, хоча до цього часу його біологічна роль повністю не вивчена [7]. З літературних джерел відомо, що Силіцій в оптимальних кількостях у крові є головним елементом зв'язку між всіма макро- і мікроелементами організму, бере участь у мінералізації кісткової тканини, синтезі колагену; за його дефіциту пришвидшуються процеси старіння шкіри, погіршується стан нігтів та волоссяного покриву; оптимальні кількості пригнічують розвиток атеросклерозу та активують резистентність [15]. Один із механізмів впливу Si на резистентність полягає в тому, що завдяки своїм хімічним властивостям він створює заряджені колоїдні системи, які приєднують віруси і хвороботворні мікроорганізми [8]. Дослідженнями відзначено стимулювальний вплив Силіцію на імунну систему людини і тварин [12, 19]. Незалежно від способу прийому, сполуки силіцію створюють виражений активуючий ефект на імунну систему та беруть участь у пригніченні патогенезу автоімунних захворювань [11, 24]. Застосування сполук силіцію у раціоні щурів відзначилося адаптивними фізіологічними реакціями тимуса, важливого органа імунної системи, зокрема активацією міграції, проліферації та дозрівання лімфоцитів [4]. Сполуки Силіцію з кормів раціону, найімовірніше, під дією соляної кислоти у шлунку розщеплюються в доступну для організму ортосиліконову кислоту, яка легко проникає крізь мембрани клітин травного каналу [3]. У гранульованому комбікормі для кролів за рахунок зернової групи є певна кількість Силіцію, однак його біодоступність в організмі обмежена через низьку розчинність присутніх сполук силіцію [14]. Досліджено,

що з віком вміст Силіцію у тканинах організму знижується. Зокрема, в аорті та шкірі кролів з віком концентрація цього мікроелемента знижується у п'ять разів, а у свиней — до 10 разів. У людини рівень Силіцію в аорті знижується не тільки з віком, але і з розвитком атеросклерозу [1]. Зниження його рівня в організмі з віком особливо характерне для жінок. Встановлено, що вміст Силіцію в плазмі крові вагітних жінок знижується та становить 33–43 мкг/л, тоді як у новонароджених цей показник є в межах від 340 до 690 мкг/л. Таку тенденцію у крові вагітних жінок спостерігали за вмістом Селену [2]. Ці дані можуть свідчити про те, що плід активно використовує всі необхідні йому мікроелементи з організму матері в період вагітності, тому необхідне додаткове введення цих есенціальних елементів та корекція їхньої кількості для вагітних жінок.

Фізіологічна роль органічних сполук силіцію, виготовлених методом нанотехнології, має викликає значний науковий інтерес для корекції мінерального живлення кролів [5]. Відомо, що органічні сполуки на основі наночастинок мікроелементів регулюють обмінні процеси в клітинах за принципом роботи наномеханізмів порівняно з їхніми солями неорганічних кислот [20]. Зважаючи на специфічний вплив мікроелементів залежно від кількості та сполуки в організмі, застосування цитрату силіцію в раціоні кролематок у період підвищеного фізіологічного навантаження, зокрема суцільності та лактації, може сприяти профілактиці імунодефіцитів. Тому метою дослідження було вивчити вплив впоювання цитрату силіцію, отриманого з використанням нанотехнології, та метасилікату натрію на резистентність організму кролематок у період за 14-ти діб до осіменіння до 20-ї доби лактації.

### Матеріали і методи

Дослідження проводили на кролематках другого окролу гібридів *Hyla* у ТЗОВ «Горлиця» (с. Добрянки Городоцького р-ну Львівської обл.), поділених на три групи — контрольну і дві дослідні по 20 тварин у кожній, підібраних за принципом аналогів. Кролематкам контрольної групи (К) згодовували без обмеження повно-

раціонний гранульований комбікорм із вільним доступом до води. Тваринам I дослідної групи (Д-I) згодовували корми раціону контрольної групи й упродовж доби випоювали силіцію цитрат у дозі 50 мкг Si/кг маси тіла. Розчин силіцію цитрату (0,5 г/дм<sup>3</sup>, рН 1,35) отримано від ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології» (м. Київ) [16]. Самицям II дослідної групи (Д-II) згодовували корми раціону контрольної групи та з водою задавали метасилікат натрію (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O) у дозі 2,5 мг Si/кг маси тіла.

Дослід тривав 95 діб: підготовчий період — 10 діб, дослідний — 85 діб. У підготовчому періоді на 10-ту добу від початку дослідження та у дослідному на 20-ту добу лактації (65-та доба випоювання добавок) у кролематок відбирали зразки крові з крайової вушної вени проколом одноразовою голкою у стерильний шприц. Місце відбору крові було оброблено спиртом та розчином димексиду для місцевої гіперемії. Для біохімічних досліджень у крові використовували 1 % розчин гепарину як антикоагулянту. У крові визначали фагоцитарну активність нейтрофілів (ФА) за методом завершеного фагоцитозу з мікробною тест-культурою, фагоцитарний індекс (ФІ), фагоцитарне число (ФЧ), лізоцимну (ЛІА) та бактерицидну активність сироватки крові (БАСК), а також вміст імуноглобулінів (Ig)

нефелометричним методом, молекул середньої маси (МСМ), циркулюючих імунних комплексів (ЦІК), гексоз, зв'язаних з протеїнами, сіалових кислот і церулоплазміну [27]. Усі маніпуляції з тваринами проводили відповідно до «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних і наукових цілей» [21].

Отриманий цифровий матеріал опрацьовували методом варіаційної статистики з використанням *t*-критерію Стюдента. Розраховували середні арифметичні величини (М) та їх похибки ( $\pm m$ ). Зміни вважали вірогідними за  $P \leq 0,05$ . Для розрахунків використали комп'ютерну програму *Microsoft Excel*.

### Результати й обговорення

Порушення імунного гомеостазу в організмі сукрільних та лактуючих кролематок призводить до отримання фізіологічно незрілого приплоду. Одним зі способів вирішення проблеми збереження молодняку є збалансування раціонів кролематок біологічно активними та мінеральними речовинами, які підвищують імунний статус їхнього організму [29]. Проведеними дослідженнями встановлено стимулювальний вплив сполук силіцію на клітинну ланку неспецифічного імунітету кролематок (табл. 1).

Таблиця 1

**Показники неспецифічної ланки імунітету організму кролематок за випоювання сполук силіцію (M $\pm$ m, n=5)**  
**Indicators nonspecific resistance of rabbits for the watering silicon compounds (M $\pm$ m, n=5)**

Показник / Indicator	Група Group	Періоди досліджень / Periods of research	
		підготовчий / preparatory	дослідний / research
Фагоцитарна активність нейтрофілів, % Phagocytic activity of neutrophils, %	К	34,0 $\pm$ 0,70	32,6 $\pm$ 0,87
	Д-I	35,0 $\pm$ 0,71	40,6 $\pm$ 1,07***
	Д-II	34,2 $\pm$ 0,73	39,0 $\pm$ 1,51**
Фагоцитарний індекс, од. Phagocytic index, un.	К	8,80 $\pm$ 0,25	8,09 $\pm$ 0,77
	Д-I	8,23 $\pm$ 0,73	8,94 $\pm$ 0,21
	Д-II	8,33 $\pm$ 0,87	8,46 $\pm$ 0,10
Фагоцитарне число, од. Phagocytic number, un.	К	3,04 $\pm$ 0,13	2,96 $\pm$ 0,08
	Д-I	2,94 $\pm$ 0,74	3,64 $\pm$ 0,17**
	Д-II	3,12 $\pm$ 0,22	3,3 $\pm$ 0,12*
Бактерицидна активність сироватки крові, % Blood serum bactericidal activity, %	К	34,49 $\pm$ 1,31	39,69 $\pm$ 0,42
	Д-I	35,42 $\pm$ 1,46	50,76 $\pm$ 0,63***
	Д-II	33,88 $\pm$ 1,39	44,72 $\pm$ 0,88***
Лізоцимна активність сироватки крові, % Blood serum lysozyme activity, %	К	33,2 $\pm$ 1,06	35,6 $\pm$ 0,67
	Д-I	33,8 $\pm$ 1,62	45,4 $\pm$ 0,50***
	Д-II	34,6 $\pm$ 1,20	40,4 $\pm$ 0,50***

Примітка: тут і далі статистично вірогідні різниці порівняно з контролем: \* —  $P < 0,05$ ; \*\* —  $P < 0,01$ .

Note: in this and next tables the significant differences with the control is: \* —  $P < 0.05$ ; \*\* —  $P < 0.01$ .



Зокрема, у крові тварин І і ІІ дослідних груп рівень фагоцитарної активності нейтрофілів був вищим, відповідно, на 24,5 і 19,6 % ( $P<0,01-0,001$ ) на 65-ту добу випоювання добавок порівняно з контролем. Водночас фагоцитарний індекс і фагоцитарне число були вищими у крові тварин дослідних груп порівняно з контролем, зокрема фагоцитарне число — на 22,9 і 11,4 % ( $P<0,01-0,001$ ) у І і ІІ групах відповідно. Фагоцитарна активність нейтрофільних гранулоцитів є однією з основних ланок клітинного імунітету, що контролює екзогенні чинники та підтримує гомеостаз [23]. Отримані результати підвищення функціональної активності нейтрофілів у крові кролематок дослідних груп можуть вказувати на посилення захисної здатності їхнього організму у період лактації за дії органічної та неорганічних сполук силіцію на природні механізми детоксикації.

Важливим показником гуморальної ланки природного імунітету є бактерицидна активність сироватки крові. Завдяки їй знешкоджуються мікробні клітини. Високий рівень БАСК пов'язаний із вмістом лізоциму, який має цитолітичний вплив на мікроорганізми. Лізоцим має подвійну властивість: як ензим руйнує зв'язки між N-ацетилмураміновою кислотою та N-ацетилглюкозаміном і здатний активувати інші неспецифічні фактори захисту організму [18]. Аналіз БАСК і ЛА у крові кролематок свідчить про суттєвий вплив сполук силіцію на ланку клітинного та гуморального імунітету у їхньому організмі. Так, у крові тварин І і ІІ дослідних груп рівень БАСК і ЛА був вищим, відповідно,

на 27,8 і 12,6 % та 27,5 і 13,4 % ( $P<0,001$ ) на 65-ту добу дослідження порівняно з контрольною групою. Відомо, що одним із чинників активації резистентності є повноцінне надходження до організму всіх необхідних мікроелементів у комплексі з поживними речовинами [15]. Підвищена потреба кролематок в період лактації у вітамінах та мікроелементах значною мірою зумовлена посиленням обміну речовин для продукування молока, що за поживністю переважає інших ссавців, та зниженням природного захисту організму. Випоювання кролематкам сполук силіцію суттєво впливало на формування клітинних і гуморальних механізмів неспецифічної резистентності їхнього організму, що, можливо, пов'язано з активуючою дією Силіцію на мінеральні речовини та обміні процеси організму тварин у період підвищеного фізіологічного навантаження.

Випоювання сполук силіцію виявляло стимулювальний вплив на резистентність організму кролематок, що підтверджується підвищенням вмісту глікопротеїнів та їх вуглеводних компонентів у крові (табл. 2). Зокрема, вміст гексоз, зв'язаних з протеїнами, та церулоплазміну у крові тварин І і ІІ дослідних груп був вищим, відповідно, на 37,7 і 22,0 % ( $P<0,05$ ) та 18,2 і 13,7 % ( $P<0,01-0,001$ ) на 65-ту добу дослідження порівняно з контрольною групою. Вказані зміни у крові можуть сприяти активації систем імуніфізіологічного захисту в організмі кролематок у період підвищеного фізіологічного навантаження. Менш виражений вплив на вміст сіалових кислот в крові відзначено за дії метасилікату натрію, однак у крові тварин І до-

Таблиця 2

**Вміст глікопротеїнів та їх вуглеводних компонентів у крові кролематок за випоювання сполук силіцію ( $M\pm m$ ,  $n=5$ )**  
**The content of glycoproteins and their hydrocarbon components in the blood of rabbits for the watering of silicon compounds ( $M\pm m$ ,  $n=5$ )**

Показник / Indicator	Група / Group	Періоди досліджень / Periods of research	
		підготовчий / preparatory	дослідний / research
Гексози, зв'язані з протеїнами, г/л Protein-bound hexoses, g/l	К	2,65±0,08	1,72±0,08
	Д-І	2,82±0,21	2,37±0,20*
	Д-ІІ	2,76±0,18	2,10±0,13*
Сіалові кислоти, ум. од. Sialic acid, mind. units.	К	99,6±2,65	103,6±4,72
	Д-І	95,4±2,73	121,6±4,58*
	Д-ІІ	98,0±3,20	113,2±2,17
Церулоплазмін, ум. од. Ceruleplasmin, mind. units.	К	367,8±16,76	598,6±12,74
	Д-І	349,0±9,41	707,6±8,28***
	Д-ІІ	364,2±10,95	681,0±19,71**

слідної групи встановлено вищу ( $P<0,05$ ) концентрацію цього показника порівняно з контролем. З літературних джерел відомо, що сіалові кислоти в організмі мають подвійну функцію. Вони є маскувальними чинниками певних сайтів розпізнавання та контррецепторами, які розпізнають екстрацелюлярні маркери у процесі молекулярно-клітинних взаємодій, зокрема протеїни системи комплементу чи галактозоспецифічні рецептори клітин імунної системи. Встановлено, що між вмістом сіалових кислот у крові та імунофізіологічною реактивністю організму існує пряма залежність [26].

Функціональна активність глікопротеїнів значно залежить від структури їхньої вуглеводної складової. У більшості випадків глікани — вуглеводні структури, ковалентно приєднані до поліпептидного ланцюга, зумовлюють біологічний ефект глікопротеїну і беруть участь у регулюванні метаболічних процесів [17]. Один з механізмів регулювання функціональної активності протеїнів є приєднання N-ацетилглюкозаміну до радикалів серину або треоніну. За цим механізмом відбувається регулювання активності багатьох факторів транскрипції, ензимів, нейрональних та м'язових протеїнів [13]. Очевидно, силіцій як стимулювальний мікроелемент в організмі тварин і людини вплинув на активацію процесів глікопротеїнового статусу та резистентності організму кролематок у період лактації.

Результати дослідження вмісту глікопротеїнів та їх вуглеводних компонентів у крові підтверджуються вищою концентрацією імуноглобулінів. Так, застосування цитрату

силіцію зумовлювало вірогідне підвищення ( $P<0,05$ ) вмісту імуноглобулінів у крові кролематок I дослідної групи на 65-ту добу дослідження порівняно з контролем (табл. 3). Це може свідчити про стимулювальний вплив цитрату Si на синтез окремих класів імуноглобулінів у лімфатичній системі, яка регулює механізми імунітету.

Імунодефіцитні стани організму, пов'язані з вагітністю, проявляються зниженням рівня комплементу і окремих класів імуноглобулінів, збільшенням у крові кількості циркулюючих імунних комплексів, які можуть зв'язуватись з рецепторами на мембранах еритроцитів і призводити до конфлікту у системі «мати-плід» [9]. За цих умов в організмі знижується активність ланки клітинного та гуморального імунітету [22]. Результати дослідження вмісту ЦІК у крові тварин дослідних груп порівняно з контролем не виявляли вірогідних змін, що може свідчити про відсутність негативного впливу добавок в організмі кролематок під час лактації.

Концентрація МСМ у крові кролематок контрольної та дослідних груп у підготовчому та дослідному періодах не виявляла вірогідних різниць. Молекули середньої маси є продуктами катаболізму ендо- і екзогенних протеїнів. Окремі фракції середньомолекулярних пептидів мають нейротоксичну активність, змінюють проникність мембран, порушують натрій-калієвий баланс [10]. Отримані результати вмісту МСМ у крові тварин свідчать про відсутність токсичного впливу на їх організм застосованих добавок.

Таблиця 3

**Вміст імунних комплексів у крові кролематок за випоювання сполук силіцію ( $M\pm m$ ,  $n=5$ )**  
**The content of immune complexes in blood of rabbits for the watering of silicon compounds ( $M\pm m$ ,  $n=5$ )**

Показник / Indicator	Група / Group	Періоди досліджень / Periods of research	
		підготовчий / preparatory	дослідний / research
Імунні глобуліни, г/л Immune globulins, g/l	К	10,5 $\pm$ 0,15	4,50 $\pm$ 0,22
	Д-I	10,8 $\pm$ 0,51	6,31 $\pm$ 0,56*
	Д-II	10,9 $\pm$ 0,58	5,4 $\pm$ 0,36
Циркулюючі імунні комплекси, ммоль/л Circulating immune complexes, mmol/l	К	32,6 $\pm$ 4,37	45,8 $\pm$ 1,88
	Д-I	37,2 $\pm$ 2,85	51,8 $\pm$ 2,63
	Д-II	39,6 $\pm$ 1,72	52,2 $\pm$ 3,66
Молекули середньої маси, ум.од. Average molecular weight, con. un.	К	0,256 $\pm$ 0,04	0,249 $\pm$ 0,01
	Д-I	0,231 $\pm$ 0,08	0,235 $\pm$ 0,05
	Д-II	0,234 $\pm$ 0,07	0,262 $\pm$ 0,06

## Висновки

1. Випоювання кролематкам впродовж 65-ти діб цитрату силіцію в дозі 50 мкг Si/кг маси тіла та метасилікату натрію в дозі 2,5 мкг Si/кг маси тіла зумовлює суттєвий вплив на клітинну та гуморальну ланку неспецифічної резистентності їхнього організму, що підтверджено вищим ( $P < 0,05 - 0,001$ ) відносним вмістом у крові ФА, ЛА і БАСК на 65-ту добу дослідження порівняно з контрольною групою.

2. Дослідженнями встановлено вірогідно вищу концентрацію гексоз, зв'язаних з протеїнами, і церулоплазмину в крові кролематок І і ІІ дослідних груп та сіалових кислот у тварин І групи на 20-ту добу лактації порівняно з контролем, що свідчить про особливості дії органічної сполуки силіцію на рівень надходження цих глікопротеїнів у кров'яне русло, а також процеси формування імунофізіологічної реактивності їхнього організму.

3. Вищий ( $P < 0,05$ ) вміст імуноглобулінів у крові кролематок І дослідної групи на 65-ту добу дослідження свідчить про активуючий вплив органічної добавки силіцію на резистентність їхнього організму.

## Перспективи подальших досліджень.

Доцільним є вивчення впливу випоювання цитрату силіцію та метасилікату натрію на відтворну здатність кролематок.

1. Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Rish M. A., Strochkova L. S. *Human trace elements: etiology, classification, organopathology*. Moscow, Medicine, 1991, 496 p. (in Russian)

2. Bissé E., Epting T., Beil A., Lindinger G., Lang H., Wieland H. Reference values for serum silicon in adults. *Analytical Biochemistry*, 2005, vol. 337, issue 1, pp. 130–135. DOI: 10.1016/j.ab.2004.10.034.

3. Boguszewska-Czubara A., Pasternak K. Silicon in medicine and therapy. *Journal of Elementology*, 2011, vol. 16, issue 3, pp. 489–497. DOI: 10.5601/jelem.2011.16.3.13.

4. Bugaeva I. O., Egorova A. V., Zlobina O. V. Kinetics of cellular populations under influence of infra-red low-power laser irradiation. *Saratov. Sci.-Med. J.*, 2010, vol. 6, no. 1, pp. 23–26.

5. Chekman I. S., Ulberg Z. R., Malanchuk V. O. *Nanoscience, nanobiology, nanopharmaceutics*. Kyiv, Poligraphplus, 2012, 328 p. (in Ukrainian)

6. Daoud N. M., Mahrous K. F., Ezzo O. H. Feed restriction as a biostimulant of the production of oocytes, their quality and GDF-9 gene expression in

rabbit oocytes. *Animal Reproduction Science*, 2012, vol. 136, issue 1–2, pp. 121–127. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2012.09.011.

7. De Blas C., Wiseman J. *Nutrition of the Rabbit*. 2<sup>nd</sup> Edition. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 2010, 325 p.

8. Eliseev A. A., Lukashin A. V. *Functional Nanomaterials*. Moscow, Fizmatlit, 2010, 456 p. (in Russian)

9. García-García R. M., Rebollar P. G., Arias-Álvarez M., Sakr O. G., Bermejo-Álvarez P., Breccia G., Gutierrez-Adan A., Zerani M., Boiti C., Lorenzo P. L. Acute fasting before conception affects metabolic and endocrine status without impacting follicle and oocyte development and embryo gene expression in the rabbit. *Reproduction, Fertility and Development*, 2011, vol. 23, no. 6, pp. 759–768. DOI: 10.1071/RD10298.

10. Gerasimov I. G. Functional heterogeneity of neutrophils. *Clinical laboratory diagnostics*, 2006, no. 2, pp. 34–36. (in Russian)

11. Gordova V. S., Dyachkova I. M., Sergeeva V. E., Sapozhnikov S. P., Smorodchenko A. T. Morphofunctional Adaptation of Rat Thymus Structures to Silicon Consumption with Drinking Water. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2015, vol. 158, no. 6, pp. 816–819. DOI: 10.1007/s10517-015-2869-x.

12. Gordova V. S., Sapozhnikov S. P., Sergeeva V. E., Karyshev P. B. The basics of biosilicification (literature review). *Vestn. Chuvashsk. Gos. Univer.*, 2013, no. 3, pp. 401–409. (in Russian)

13. Guinez C., Mir A.-M., Dehennaut V., Cacan R., Harduin-Lepers A., Michalski J.-C., Lefebvre T. Protein ubiquitination is modulated by O-GlcNAc glycosylation. *The FASEB Journal*, 2008, vol. 22, no. 8, pp. 2901–2911. DOI: 10.1096/fj.07-102509.

14. Jurkić L. M., Cepanec I., Pavelić S. K., Pavelić K. Biological and therapeutic effects of ortho-silicic acid and some ortho-silicic acid-releasing compounds: New perspectives for therapy. *Nutrition & Metabolism (Lond.)*, 2013, vol. 10, no. 2, pp. 1–12. DOI: 10.1186/1743-7075-10-2.

15. Kim S.-Y., Kim S.-K., Choi M.-K. Effect of Silicon Supplementation on Immune Response in Male and Female Mice. *The FASEB Journal*, 2016, vol. 30, no. 1 suppl., pp. 34–40.

16. Kosinov M. V., Kaplunenko V. G. Method of obtaining metal carboxylates. Nanotechnology for obtaining metal carboxylates. Patent of Ukraine for Utility Model No. 38391. IPC (2006): C07C 51/41, C07F 5/00, C07F 15/00, C07C 53/126 (2008.01), C07C 53/10 (2008.01), A23L 1/00, B82B 3/00. Publ. 2009, bull. no. 1/2009. (in Ukrainian)

17. Kreisman L. S., Coob B. A. Infection, inflammation and carbohydrates: a Glyco-Evasion Hypothesis. *Glycobiology*, 2012, vol. 22, issue 8, pp. 1019–1030. DOI: 10.1093/glycob/cws070.

18. Müller W. E. G., Schröder H. C., Burghard Z., Pisignano D., Wang X. Silicateins — a novel paradigm in bioinorganic chemistry: enzymatic synthesis of inorganic polymeric silica. *Chemistry*, 2013, vol. 19, issue 19, pp. 5790–5804. DOI: 10.1002/chem.201204412.

19. Müller W. E. G., Schröder H. C., Wang X. The Understanding of the Metazoan Skeletal System, Based on the Initial Discoveries with Siliceous and Calcareous Sponges. *Marine Drugs*, 2017, vol. 15, issue 6, p. 172. DOI: 10.3390/md15060172.
20. Na M., Park H., Ahn M., Lee H., Chung I. Synthesis of organic-inorganic hybrid sols with nanosilica particles and organoalkoxysilanes for transparent and high-thermal-resistance coating films using solgel reaction. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 2010, vol. 10, no. 10, pp. 6992–6995. DOI: 10.1166/jnn.2010.2988.
21. Official Journal of the European Union L276/33, 2010. Directive 2010/63/EU of The European Parliament and of The Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. 86/609/EC. 20.10.2010
22. Pavlata L., Mišurová L., Pechová A., Dvořák R., Comparison of organic and inorganic forms of selenium in the mother and kid relationship in goats. *Czech Journal of Animal Science*, 2012, vol. 57, no. 8, pp. 361–369. DOI: 10.17221/6271-CJAS.
23. Plehova N. G. Bactericidal activity of phagocytes. *Journal of Epidemiology, Microbiology and Immunobiology*, 2006, no. 6, pp. 89–96. (in Russian)
24. Sapozhnikov S. P., Gordova V. S. *Microelements*. Medicine, 2013, no. 14, pp. 3–13.
25. Shtapenko O., Gevkan I., Dzen Y., Fedorova S., Slyvchyk Y., Syrvatka V., Matiukha I. Effect of liposomal preparate with some organic trace elements on antioxidant status and reproductive ability of female rabbits. *Scientific Papers, Series D. Animal Science*, 2015, vol. LVIII, pp. 221–224.
26. Sybirna N. O., Shevtsova A. I., Ushakova G. O., Brodyak I. V., Pismenetska I. M. *Fundamentals of Glycobiology*. A monograph. Lviv, Lviv National University named after Ivan Franko, 2015, 492 p. (in Ukrainian)
27. Vlizlo V. V. (ed.), Fedoruk R. S., Ratych I. B. *Laboratory methods of investigation in biology, stock-breeding and veterinary*. A reference book. Lviv, 2012, 764 p. (in Ukrainian)
28. Xiccato G., Trocino A. Energy and Protein Metabolism and Requirements. In: de Blas C., Wiseman J. (ed). *Nutrition of the Rabbit*. 2<sup>nd</sup> edition. CABI, Wallingford, UK, 2010, pp. 83–118. DOI: 10.1079/9781845936693.0083.
29. Yurashhak S. V., Noreyko A. Yu. The efficiency of the production of rabbit meat when kept in a closed rabbit. *The act of the problem of intensive development of livestock*, Gorki, 2013, vol. 16, no. 1, pp. 322–329. (in Russian)