

ВПЛИВ СПОЛУК СИЛІЦІЮ НА ІМУНОФІЗІОЛОГІЧНУ РЕАКТИВНІСТЬ ОРГАНІЗМУ КРОЛІВ

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 статті наведено результати дослідження впливу впоювання кролям з 52-ї до 110-ї доби життя різних кількостей цитрату силіцію, отриманого методом з використанням нанотехнології, та метасилікату натрію на показники клітинного та гуморального імунітету в організмі. Встановлено вірогідні міжгрупові різниці відносного вмісту фагоцитарної активності нейтрофілів у крові кролів, які споживали цитрат силіцію, що свідчить про стимулювальний вплив органічної сполуки силіцію на клітинну ланку неспецифічної резистентності їх організму. Впоювання тваринам дослідних груп цитрату силіцію, порівняно з впоюванням метасилікату натрію та контролем, суттєвіше вплинуло на рівень лізоцимної та бактерицидної активності сироватки крові як інтегральних чинників неспецифічної резистентності організму гуморального типу, що позначилося її підвищенням ($P < 0,05-0,01$) на 31-у і 58-у доби дослідження.

Застосування органічної добавки силіцію у раціоні кролів виявляло стимулювальний вплив на функціонування імунної системи їхнього організму, що зумовило вірогідне підвищення вмісту імуноглобулінів у крові кролів впродовж дослідження та концентрації циркулюючих імунних комплексів на першому етапі експерименту порівняно з їх величинами у тварин контрольної групи, що свідчить про активуючий вплив цитрату Si на синтез окремих класів імуноглобулінів у лімфатичній системі.

Використання у раціоні цитрату силіцію відзначилося вищим ($P < 0,05-0,01$) вмістом гексоз, зв'язаних з протеїнами, сілових кислот і церулоплазміну в крові тварин, яким впоювали цитрат силіцію впродовж дослідження. Впоювання метасилікату натрію у меншій кількості сприяло вищому ($P < 0,05$) вмісту гексоз, зв'язаних з протеїнами, на першому етапі та сілових кислот на завершальному періоді дослідження у крові кролів порівняно з контролем.

Ключові слова: КРОЛІ, ІМУНОФІЗІОЛОГІЧНА РЕАКТИВНІСТЬ, НАНОАКВАЦИТРАТ СИЛІЦІЮ, МЕТАСИЛКАТ НАТРІЮ, РЕЗИСТЕНТНІСТЬ, ІМУНОГЛОБУЛІНИ, ГЛІКОПРОТЕЇНИ

THE EFFECT OF SILICON COMPOUNDS ON IMMUNOPHYSIOLOGICAL REACTIVITY OF 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

The article displays the results of watering different amounts of silicon citrate obtained by nanotechnology and sodium metasilicate during the 52nd–110th days of life on indicators of cellular and humoral immunity of rabbits. The significant difference of phagocytic activity of neutrophils in the blood of rabbits receiving silicon citrate was found. This indicates stimulating effect of the silicon organic compound on nonspecific resistance cell link. Watering silicon citrate to the animals in research groups compared to watering sodium metasilicate and control had more significant effect on content of lysozyme activity and blood serum bactericidal activity as integral factors of nonspecific resistance of humoral type which was affected by the increase ($P < 0.05-0.01$) of their content in blood on the 31st and the 58th day of the research.

The use of organic additives in rabbits' diets had a stimulating effect of their immune system which was indicated by higher ($P < 0.05-0.01$) content of hexoses associated with proteins, sialic acid and ceruloplasmin in blood of animals which were watered silicon citrate during the research while watering the sodium metasilicate in smaller amount helped to increase ($P < 0.05$) the content of hexoses associated with proteins in rabbits' blood on the first stage of research and to increase the sialic acid on the last stage compared to the control.

The addition of silicon citrate to the rations caused the significant increase of immunoglobulin level in rabbits' blood during the research and the CIC concentration on the first stage of experiment compared to

control which indicates the activating effect of silicon citrate on synthesis of some of their classes in the lymphatic system which provides mechanisms for both humoral and cellular immunity.

Keywords: RABBITS, IMMUNOPHYSIOLOGICAL REACTIVITY, SILICON AQUANANO-CITRATE, SODIUM METASILICATE, RESISTANCE, IMMUNOGLOBULINS, GLYCOPROTEINS

ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ КРЕМНИЯ НА ИММУНОФИЗИОЛОГИЧЕСКУЮ РЕАКТИВНОСТЬ ОРГАНИЗМА КРОЛИКОВ

А. И. Ивануцкая, Я. В. Лесик, М. М. Цап
nastya_ivanitska@ukr.net

Институт биологии животных НААН,
ул. В. Стуса, 38, г. Львов, 79021, Украина

В статье приведены результаты исследования влияния выпаивания кроликам с 52- до 110-суточного возраста различных количеств цитрата силиция, полученного методом с использованием нанотехнологии, и метасиликата натрия на показатели клеточного и гуморального иммунитета в организме. Установлены достоверные межгрупповые различия относительного содержания фагоцитарной активности нейтрофилов в крови кроликов, которые потребляли цитрат силиция, что свидетельствует о стимулирующем влиянии органического соединения силиция на клеточное звено неспецифической резистентности их организма. Выпаивание животным опытных групп цитрата силиция, по сравнению с выпаиванием метасиликата натрия и контролем, в большей степени влияло на уровень лизоцимной и бактерицидной активности сыворотки крови как интегральных показателей неспецифической резистентности организма гуморального типа, что отразилось ее повышением ($P < 0,05 - 0,01$) на 31-е и 58-е сутки опыта.

Добавка органического соединения силиция в рацион кроликов стимулировала иммунную систему их организма, что привело к достоверному увеличению содержания иммуноглобулинов крови кроликов в течении исследования и концентрации циркулирующих иммунных комплексов на первом этапе эксперимента по сравнению с контрольной группой, что свидетельствует об активирующем влиянии цитрата Si на синтез отдельных классов иммуноглобулинов в лимфатической системе.

Использование в рационе цитрата кремния отразилось повышением ($P < 0,05 - 0,01$) содержания гексоз, связанных с белками, сиаловых кислот и церулоплазмينا в крови животных, которым выпаивали цитрат силиция в течение опыта. Выпаивание метасиликата натрия в меньшем количестве способствовало повышению в крови кроликов ($P < 0,05$) содержания гексоз, связанных с белками, на первом этапе и сиаловых кислот на заключительном периоде исследования по сравнению с контролем.

Ключевые слова: КРОЛИКИ, ИММУНОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАКТИВНОСТЬ, НАНО-АКВАЦИТРАТ КРЕМНИЯ, МЕТАСИЛИКАТ НАТРИЯ, РЕЗИСТЕНТНОСТЬ, ИММУНОГЛОБУЛИНЫ, ГЛИКОПРОТЕИНЫ

Імунна система тварин є складною структурою, що постійно реагує на численні екзогенні й ендогенні чинники. Актуальним завданням сучасної імунології є оцінка стану мінерального обміну організму і його взаємозв'язків з функціонуванням внутрішніх органів та систем [8, 10, 21]. Функціонування імунної системи і загальний стан організму кролів за умов промислового ведення залежить від фізіологічно обґрунтованої кількості мінеральних речовин раціону. Одним з есенціальних елементів для людини і необхідним для кролів різного віку та фізіологічного стану є мікроелемент Силіцій, що належить до групи

мінеральних елементів, які можуть вступати у деякі метаболічні процеси. Однак їхня абсолютна необхідність не доведена, тому Si зараз не нормується при балансуванні поживних речовин їхнього раціону [3]. З літературних джерел відомо, що Силіцій в оптимальних кількостях у крові є головним елементом зв'язку між всіма макро- і мікроелементами організму, прискорює процеси формування кістяку та росту і розвитку тварин, має суттєвий вплив на активацію резистентності [18, 23]. Один з механізмів впливу Si на імунітет полягає в тому, що завдяки своїм хімічним властивостям він створює електрично заряджені колоїдні системи,

які приєднують віруси і хвороботворні мікроорганізми [5, 11]. Доведено, що Силіцій в організмі тварин наявний у всіх органах і тканинах. Найбільший вміст Силіцію у лімфатичних вузлах, щитоподібній залозі та сполучній тканині пов'язаний з тим, що він є структурним компонентом глікозаміногліканів та їх протеїнових комплексів, які утворюють основу цих тканин і надають їм міцності та пружності. Крім того, Силіцій бере активну участь у функціонуванні лімфовузлів, де взаємодіють імунокомпетентні клітини в результаті специфічної імунної відповіді, синтезуються антитіла та активується клітинно-опосередкований імунітет організму [15, 24]. Нестача Силіцію проявляється порушенням імунних реакцій, зокрема відзначено, що понад 70 % захворювань людини пов'язано з дефіцитом Силіцію, в тому числі імунний дефіцит, доброякісні та злоякісні новоутворення, деякі інфекції та інші [6].

Залежно від хімічної будови та кількості у раціоні, сполуки силіцію можуть стимулювати або пригнічувати активність імунної системи [22]. Так, додаткове застосування силіцію у раціоні хутрових тварин сприяло посиленню активності імунітету, підвищенню молочності самок і відзначилося більшою збереженістю приплоду в підсисний період [4, 10]. Дослідження на лабораторних тваринах свідчать, що аліментарне використання наносполуки Si змінювало маркери імунної відповіді посиленням експресії генів імунних медіаторів та проявляло функціональні властивості виступати як ад'ювант в організмі молодняку [20].

Фізіологічна роль сполук силіцію зумовлює значний науковий інтерес щодо активуючого впливу його органічних комплексів [15, 25]. Результати проведених досліджень свідчать про можливість застосування у тваринництві цитратних сполук мікроелементів, виготовлених методом нанотехнології [1, 4, 13]. За сучасними поглядами, органічні сполуки на основі наночастинок мікроелементів мають своєрідні властивості порівняно з їхніми солями мінеральних кислот, вони регулюють обмінні процеси в клітинах за принципом роботи наномеханізмів [14, 16, 27]. Зважаючи на специфічний імунофізіологічний ефект, мікроелементи, залежно від кількості та сполуки, мають

вибіркову дію на імунологічні функції організму. Узагальнюючи вищенаведене, необхідно зазначити, що застосування цитратної сполуки силіцію у раціоні може сприяти профілактиці імунодефіцитів і підвищенню резистентності організму кролів різного віку та фізіологічного стану. Тому метою дослідження було вивчити вплив випоювання наноаквацитрату силіцію, отриманого методом нанотехнології, та метасилікату натрію на імунофізіологічну реактивність організму кролів у період відгодівлі з 52-ї до 110-ї діб життя.

Матеріали і методи

Дослідження проводили на молодняку кролів породи *Нула* у ТЗОВ «Горлиця» (с. Добряни Городоцького району Львівської області), поділених на шість груп (контрольну і п'ять дослідних) по 6 тварин у кожній, підібраних за принципом аналогів у віці 41 доби. Кролям контрольної групи згодовували без обмеження збалансований гранульований комбікорм з вільним доступом до води. Тваринам I, II і III дослідних груп згодовували корми раціону контрольної групи і впродовж доби випоювали наноаквацитрат силіцію з розрахунку, відповідно, 25; 50 і 75 мкг Si/кг маси тіла. Розчин наносиліцію цитрату (0,5 г/дм³, рН 1,35) отримано від ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології» (м. Київ). Молодняку IV і V дослідних груп згодовували корми раціону контрольної групи і з водою задавали метасилікат натрію (Na₂SiO₃·nH₂O) в кількості, відповідно, 2,5 і 5,0 мг Si/кг маси тіла. Дослід тривав 68 діб: підготовчий період 10 діб, дослідний — 58 діб. У підготовчому періоді на 52-у добу і в дослідному на 83-у та 110-у доби життя (31-а та 58-а доби випоювання добавок) відбирали зразки крові з крайової вушної вени кролів для біохімічних досліджень. У крові визначали фагоцитарну активність нейтрофілів (ФА) за методом завершеного фагоцитозу з мікробною тест-культурою, фагоцитарний індекс (ФІ), фагоцитарне число (ФЧ), лізоцимну активність (ЛА), 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 церулоплазмину [28]. Усі маніпуляції з тваринами проводили відповідно до «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних і наукових цілей» [17]. Цифрові дані опрацьовували статистично з використанням *t*-критерію Стьюдента. Розраховували середні арифметичні величини (М) та похибки середніх арифметичних величин ($\pm m$). Зміни вважали вірогідними за $P < 0,05$. Для розрахунків використано комп'ютерну програму *Microsoft Excel*.

Результати та обговорення

У результаті проведених досліджень встановлено стимулювальний вплив сполук силіцію на клітинну ланку неспецифічної резистентності організму кролів (табл. 1). Зокрема, у крові тварин I, II і III дослідних груп, яким випоювали цитрат Si, рівень фагоцитарної активності нейтрофілів був вищим, відповідно, на 13,6; 17,9 і 24,7 % ($P < 0,05-0,01$) на 31-у добу і на 10,2; 7,8 і 11,0 % ($P < 0,05$) на 58-у добу дослідження порівняно з контрольною групою. Застосування метасилікату натрію як джерела неорганічної сполуки силіцію сприяло вірогідному ($P < 0,05$) підвищенню фагоцитозу в крові кролів IV групи впродовж дослідження порівняно з контролем. У той же час фагоцитарний індекс і фагоцитарне число виявляли тенденцію до вищого рівня у крові тварин дослідних груп, але різниці були невірогідними порівняно з контролем, проте корелювали з рівнем фагоцитарної активності нейтрофілів. З літературних джерел відомо, що фагоцитоз розглядають не лише як центральну ланку неспецифічної резистентності організму проти чужорідних екзогенних чинників, але й як імунорегуляторну систему, спрямовану на підтримання гомеостазу [7, 19]. Отримані результати підвищення функціональної активності нейтрофілів у крові кролів дослідних груп можуть вказувати на посилення резервів захисної здатності їхнього організму, що були більше виражені за дії органічних сполук силіцію.

Аналіз показників лізоцимної та бактерицидної активності сироватки крові як інтегральних чинників неспецифічної резистент-

ності організму гуморального типу свідчить про певні міжгрупові відмінності застосування сполук силіцію у раціоні кролів. Так, у крові тварин I, II, III і IV дослідних груп рівень лізоцимної активності сироватки крові був вищим, відповідно, на 9,5; 13,9; 11,3 і 17,3 % ($P < 0,05$) на 31-у добу та 15,3 ($P < 0,05$); 12,4 ($P < 0,01$); 14,5 ($P < 0,01$) і 13,8 % ($P < 0,05$) на 58-у добу дослідження порівняно з контрольною групою.

Аналогічно вищі ($P < 0,05-0,01$) показники отримані з визначення БАСК у тварин I–IV дослідних груп впродовж дослідження порівняно з контролем. Застосування більшої кількості метасилікату натрію (5,0 мг Si/кг маси тіла) тваринам V дослідної групи відзначилося вірогідно вищим ($P < 0,05$) показником БАСК на завершальному етапі дослідження (110-а доба життя) проти контролю, що може вказувати на особливості імуніфізіологічного впливу в організмі неорганічних сполук силіцію.

Випоювання кролям після відлучення сполук силіцію суттєво впливало на формування клітинних і гуморальних механізмів неспецифічної резистентності їхнього організму, що було більше виражено у крові тварин I, II і III дослідних груп, які споживали у раціоні цитрат силіцію, а також у тварин IV групи, яким задавали метасилікат натрію у меншій кількості. З літературних джерел [3, 21, 22] відомо, що основним чинником активації імунної відповіді є повноцінне надходження в організм всіх необхідних мікроелементів у комплексі з поживними речовинами. Очевидно, застосовані кількості цитрату силіцію позитивно впливали на обмінні процеси, що активувало клітинну та гуморальну ланку неспецифічної резистентності організму кролів.

Функціональні властивості глікопротеїнів залежать від складу і хімічної будови вуглеводної частини їх молекули. Вуглеводні компоненти глікопротеїнів, розміщені на мембранах клітин організму, взаємодіють з бактеріями і вірусами, визначаючи тим самим їх міграцію та функціонування. Зміна структури вуглеводних компонентів глікопротеїнів може стати причиною порушення міжклітинної взаємодії, що визначає адгезивні властивості та імуногенність клітин. Рівень глікопротеїнів та їх вуглеводних компонентів у крові відіграє важливу роль

Таблиця 1

**Показники неспецифічної резистентності організму кролів за випоювання сполук силіцію (M±m, n=4)
Indicators nonspecific resistance of rabbits for the watering silicon compounds (M±m, n=4)**

Показник Indicator	Група Group	Періоди досліджень / Research periods		
		підготовчий (52-а доба життя) preparatory (52 nd day of life)	дослідний (вік/період згодовування добавок, доба) research (age/period of feeding supplements night)	
			83/31	110/58
Фагоцитарна активність нейтрофілів, % Phagocytic activity of neutrophils, %	К	27,25±0,85	29,25±0,85	31,75±0,85
	I Д	29,01±0,70	33,25±1,25*	35,01±1,47*
	II Д	28,51±0,64	34,50±1,04**	34,25±0,85*
	III Д	28,75±1,10	36,50±1,70**	35,25±1,25*
	IV Д	28,25±1,10	34,25±1,71*	35,50±0,64*
	V Д	28,01±1,47	31,25±1,31	33,01±1,47
Фагоцитарний індекс, од. Phagocytic index, un.	К	9,08±0,10	10,31±0,34	9,79±0,29
	I Д	9,48±0,22	9,24±0,48	9,88±0,32
	II Д	9,71±0,45	9,88±0,56	9,97±0,10
	III Д	9,42±0,68	9,32±0,39	9,84±0,32
	IV Д	9,80±0,52	9,71±0,33	9,78±0,42
	V Д	10,07±0,58	9,96±0,41	9,22±0,39
Фагоцитарне число, од. Phagocytic number, un.	К	2,47±0,85	2,95±0,11	3,92±0,13
	I Д	2,77±0,86	3,07±0,13	3,90±0,10
	II Д	2,93±0,89	3,31±0,20	4,02±0,19
	III Д	2,95±0,23	3,37±0,28	4,01±0,91
	IV Д	3,12±0,24	3,47±0,25	3,97±0,11
	V Д	2,95±0,21	3,62±0,41	3,70±0,12
Лізоцимна активність сироватки крові, % Lysozyme activity of serum, %	К	28,5±0,64	28,75±0,47	34,25±0,85
	I Д	30,5±1,44	31,50±0,64*	39,50±1,04**
	II Д	29,5±0,65	32,75±1,10*	38,50±1,32*
	III Д	30,7±1,49	32,01±1,08*	39,25±0,47**
	IV Д	30,5±1,55	33,75±1,31*	39,01±1,29*
	V Д	30,0±1,08	30,75±1,25	36,50±1,19
Бактерицидна активність сироватки крові, % Serum bactericidal activity, %	К	31,65±1,90	32,83±1,96	42,08±0,72
	I Д	30,89±1,77	38,11±1,05*	45,74±0,60**
	II Д	32,73±0,36	38,88±1,53*	46,69±0,66**
	III Д	33,97±0,46	40,63±0,75**	45,99±0,46*
	IV Д	33,02±0,62	40,02±0,96*	46,46±1,38*
	V Д	33,53±1,19	34,59±1,63	42,96±1,10*

Примітка: у цій та наступних таблицях статистично вірогідні різниці враховували порівняно з контрольною групою: * — P<0,05; ** — P<0,01; *** — P<0,001.

Note: here and further statistically significant differences compared to control groups were: * — P<0.05; ** — P<0.01; *** — P<0.001.

в імунній відповіді організму [9, 12]. Застосування сполук силіцію у раціоні кролів виявляло стимулювальний вплив на функціонування імунної системи їхнього організму, що позначилося підвищенням вмісту глікопротеїнів та їх вуглеводних компонентів у крові (табл. 2). Зокрема, вміст гексоз, зв'язаних з протеїнами у крові тварин II і III груп, яким випоювали цитрат силіцію, вірогідно збільшувався впродовж дослідження, тоді як у кролів IV дослідної групи, які споживали метасилікат натрію, підвищувався (P<0,05) тільки на першому ета-

пі експерименту порівняно з контролем. Це може свідчити про виражений вплив тривалого (58 діб) випоювання органічної добавки на процеси формування імунофізіологічної реактивності організму молодяку кролів. Застосування найменшої досліджуваної кількості цитрату силіцію (25 мкг Si/кг маси тіла) відзначилося вірогідними різницями порівняно з контролем лише на завершальному етапі дослідження.

Упродовж всього періоду дослідження у крові кролів I, II і III дослідних груп, яким випоювали цитрат силіцію, відзначено вищі

**Вміст глікопротеїнів та їх вуглеводних компонентів у крові кролів
за випоювання сполук силіцію (M±m, n=4)**
**The content of glycoproteins and their hydrocarbon components in the blood of rabbits
for the watering of silicon compounds (M±m, n=4)**

Показник Indicator	Група Group	Періоди досліджень / Research periods		
		підготовчий (52-а доба життя) preparatory (52 nd day of life)	дослідний (вік/період згодовування добавок, доба) research (age/period of feeding supplements, day)	
			83/31	110/58
Гексози, зв'язані з протеїнами, г/л Hexoses bound with protein, g/l	К	1,10±0,13	1,16±0,10	1,05±0,06
	I Д	1,10±0,17	1,42±0,28	1,43±0,05**
	II Д	1,20±0,18	1,70±0,12*	1,58±1,16**
	III Д	0,98±0,06	1,87±0,13**	1,63±0,18*
	IV Д	0,87±0,09	1,48±0,07*	1,32±0,17
	V Д	0,81±0,03	1,43±0,15	1,34±0,18
Сіалові кислоти, ум. од. Sialic acid, mind. units.	К	102,0±2,16	86,2±2,46	101,5±3,37
	I Д	105,2±3,17	95,2±2,28*	114,0±2,34*
	II Д	104,5±2,90	95,7±1,75**	112,5±2,39*
	III Д	106,0±1,87	98,5±4,03*	125,7±5,23**
	IV Д	100,2±3,17	89,2±3,25	117,2±3,06*
	V Д	96,2±2,95	88,7±5,82	109,5±4,21
Церулоплазмін, ум. од. Ceruloplasmin, mind. units.	К	342,0±3,87	348,2±13,97	356,5±5,33
	I Д	337,0±8,98	407,7±12,89*	403,2±7,29**
	II Д	333,0±10,54	442,0±15,01**	448,0±18,76**
	III Д	339,7±8,29	438,5±11,78**	440,5±14,35**
	IV Д	348,2±8,70	376,7±17,28	363,0±15,82
	V Д	340,7±11,99	350,2±15,56	394,0±15,84

Вміст імунних комплексів у крові кролів за випоювання сполук силіцію (M±m, n=4)
The content of immune complexes in blood of rabbits for the watering of silicon compounds (M±m, n=4)

Показник Indicator	Група Group	Періоди досліджень / Research periods		
		підготовчий (52-а доба життя) preparatory (52 nd day life)	дослідний (вік/період згодовування добавок, доба) research (age/period of feeding supplements, day)	
			83/31	110/58
Імунні глобуліни, г/л Immune globulins, g/l	К	2,3±0,51	5,7±0,85	7,4±1,03
	I Д	2,8±0,30	8,3±0,89	11,4±1,04*
	II Д	2,8±0,11	9,3±0,55*	11,7±0,66*
	III Д	2,7±0,25	10,4±1,50*	11,9±0,36***
	IV Д	2,7±0,24	6,3±0,45	9,4±0,67
	V Д	3,6±0,36	6,8±0,62	10,2±0,62
Циркулюючі імунні комплекси, ммоль/л Circulating immune complexes, mmol/l	К	32,0±1,58	43,7±1,88	43,0±1,47
	I Д	35,0±1,95	50,7±1,75*	45,5±1,70
	II Д	32,7±2,05	51,2±2,39*	42,0±1,77
	III Д	34,7±1,70	55,5±2,53**	46,0±1,29
	IV Д	33,7±2,46	51,0±2,27*	42,7±2,59
	V Д	36,7±1,88	47,7±3,56	43,7±2,32
Молекули середньої маси, ум. од. Average molecular weight, con. un.	К	0,243±0,08	0,264±0,06	0,338±0,08
	I Д	0,256±0,05	0,267±0,06	0,351±0,01
	II Д	0,250±0,05	0,254±0,05	0,330±0,04
	III Д	0,247±0,06	0,258±0,01	0,341±0,09
	IV Д	0,241±0,04	0,257±0,02	0,348±0,07
	V Д	0,259±0,05	0,255±0,03	0,326±0,03

($P < 0,05-0,01$) концентрації сіалових кислот і церулоплазміну порівняно з контрольною групою. Випоювання метасилікату натрію сприяло вищому на 15,4 % ($P < 0,05$) вмісту сіалових кислот у крові кролів IV дослідної групи на 58-у добу дослідження порівняно з контролем. Вказані зміни в межах фізіологічних величин у крові свідчать про активацію систем імуніфізіологічного захисту в організмі кролів у період тривалого (58 діб) застосування більшою мірою органічної добавки силіцію. Відомо, що сіалові кислоти займають прикінцеве положення на бічних олігосахаридних ланцюгах макромолекул, зв'язують антигени і запобігають агрегації. У результаті пошкодження клітинних мембран сіалові кислоти швидко переходять у сироватку крові, де їхня кількість значно зростає. Встановлено, що між вмістом сіалових кислот у крові та імуніфізіологічною реактивністю організму існує пряма залежність [26]. Водночас вищий вміст церулоплазміну у крові кролів свідчить про посилення оксидативних процесів та підвищення антиоксидантного захисту їхнього організму. У результаті проведених досліджень встановлено істотніший вплив дії органічної сполуки силіцію на показники глікопротеїнового статусу та активацію системи імунібіологічного захисту організму, ніж неорганічної.

Отримані результати дослідження вмісту глікопротеїнів та їх вуглеводних компонентів у крові підтверджуються вищою концентрацією імуніглобулінів. Так, застосування цитрату силіцію зумовлювало вірогідне підвищення вмісту імуніглобулінів у крові кролів II і III груп на 31-у добу та I, II і III дослідних груп на 58-у добу дослідження порівняно з їх величинами у тварин контрольної групи (табл. 3). Вищий вміст імуніглобулінів у крові молодняка, що споживав органічну сполуку силіцію, свідчить про стимульовальний вплив цитрату Si на синтез окремих класів імуніглобулінів у лімфатичній системі, яка здійснює механізми як гуморального, так і клітинного імунітету.

Необхідно відзначити, що імуніфізіологічна реакція організму кролів залежала від кількості отриманого цитрату силіцію і була вищою у тварин III дослідної групи, яким випоювали 75 мкг Si/кг маси тіла. Це підтверджується і міжгруповими вірогідними відмінностями

вмісту ЦК у крові кролів I–III дослідних груп на першому етапі дослідження. Застосування метасилікату натрію позначилося вірогідними різницями вмісту ЦК лише у крові тварин IV групи на 31-у добу дослідження порівняно з контролем. Короткотривале, на першому етапі експерименту, підвищення рівня ЦК у крові кролів може свідчити про вищу імуніфізіологічну відповідь організму на дію досліджувану кількість органічної сполуки силіцію.

Вміст МСМ у крові кролів контрольної та дослідних груп як у підготовчому, так і в дослідних періодах був близьким і не виявляв вірогідних різниць. Молекули середньої маси є продуктами катаболізму ендо- і екзогенних протеїнів. Окремі фракції середньомолекулярних пептидів володіють нейротоксичною активністю, змінюють проникність мембран, порушують натрій-калієвий баланс [2, 7]. Отримані результати вмісту МСМ у крові тварин свідчать про відсутність негативного впливу на їх організм застосованих добавок.

Висновки

1. Випоювання кролям цитрату Si з розрахунку, відповідно, 25; 50 і 75 мкг Si/кг маси тіла та метасилікату натрію у кількості 2,5 мкг Si/кг маси тіла зумовлювало стимульовальний вплив на клітинну та гуморальну ланки неспецифічної резистентності їхнього організму, що позначилося вищим ($P < 0,05-0,01$) вмістом у крові ФА, ЛА і БАСК на 31-у і 58-у доби дослідження порівняно з контролем.

2. Встановлено вірогідно вищу концентрацію гексоз, зв'язаних з протеїнами, сіалових кислот та церулоплазміну в крові кролів I, II і III дослідних груп впродовж дослідження, що вказує про особливості дії органічної сполуки силіцію на рівень надходження цих глікопротеїнів у кров'яне русло, а також процеси формування імуніфізіологічної реактивності та стан антиоксидантного захисту їхнього організму.

3. Вищий вміст імуніглобулінів впродовж дослідження та концентрації ЦК на першому етапі експерименту в крові кролів, які споживали різні кількості цитрату силіцію, свідчить про більший активуючий вплив органічної добавки на резистентність організму

в постнатальний період його розвитку, ніж неорганічної.

Перспективи подальших досліджень.

Доцільним є вивчення впливу вживання наноаквацитрату силіцію та метасилікату натрію на імунобіологічну реактивність організму кролематок у період лактації.

1. Borysevych V. B., Kaplunenko V. G., Kosinov M. V. *Nanomaterials in biology. Fundamentals of nanoveterinary*. A textbook for veterinary students and for veterinary and medical specialists. Kyiv, publishing house "Avicenna", 2010, 416 p. (in Ukrainian)

2. Bakalyuk O. Y., Panchyshyn N. Ya., Dzyga S. V. The endogenous intoxication syndrome, mechanism of its development, identification methods. *Bulletin of scientific researches*, 2000, no. 1, pp. 11–13. (in Ukrainian)

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

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

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

6. Fortina P., Kricka L. J., Surrey S. Nanobiotechnology the promise and reality of new approaches to molecular recognition. *Trends Biotechnol.*, 2005, vol. 23, no. 5, pp. 168–173.

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

8. Galochkin V. A., Cherepanov G. G. Non-specific resistance of farm animals: difficulties of identification, problems, solutions. *Problems of productive animal biology*, 2013, no. 1, pp. 5–29. (in Russian)

9. Huntoon K. M., Wang Y., Eppolito C. A., Barbour K. W., Berger F. G., Shrikant P. A., Baumann H. The acute phase protein haptoglobin regulates host immunity. *J. Leukocyte Biol.*, 2008, vol. 84 (1), pp. 170–181.

10. Klitsenko H. T., Kulyk M. F., Kosenko M. V., Lisovenko V. T. *Mineral nutrition of animals*. Kyiv, Svit, 2001, p. 575. (in Ukrainian)

11. Knopp D., Tang D., Neissner R. Bioanalytical applications of biomolecule-functionalized nanometer-sized doped silica particles: a review. *Analitica Chimica Acta*, 2009, no. 64, pp. 14–30.

12. Lowe J. B. Glycosylation, immunity and autoimmunity. *Cell*, 2001, vol. 104 (6), pp. 809–812.

13. Lesyk Ya. V. Resistance of the rabbit dams' organism at drinking supplemented by chlorella suspension, sodium sulfate, chromium chloride and citrate. *The Animal Biology*, 2013, vol. 15 (2), pp. 90–96. (in Ukrainian)

14. Murthy S. K. Nanoparticles in modern medicine: state of the art and future challenges. *Int. J. Nanomed.*, 2007, vol. 2, pp. 129–141.

15. Martin K. R. The chemistry of silica and its potential health benefits. *Journal of Nutrition Health & Aging*, 2007, pp. 94–98.

16. Na M., Park H., Ahn M. Synthesis of organic-inorganic hybrid sols with nanosilica particles and organoalkoxysilanes for transparent and high-thermal-resistance coating films using sol-gel reaction. *J. Nanosci. Nanotechnol.*, 2010, vol. 10, no. 10, pp. 6992–6995.

17. 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.

18. Price C. T., Koval K. J., Langford J. R. Silicon: A review of its potential role in the prevention and treatment of postmenopausal osteoporosis. *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Endocrinology*, vol. 2013, pp. 1–6.

19. Plehova N. G. Bactericidal activity of phagocytes. *Journal of Epidemiology, Microbiology and Immunobiology*, 2006, no. 6, pp. 89–96. (in Russian)

20. Russell R. F., McDonald J. U., Lambert L., Tregoning J. S. Use of the microparticle nanoscale silicon dioxide as an adjuvant to boost vaccine immune responses against influenza virus in neonatal mice. *Journal of Virology*, 2016, vol. 90, no. 9, pp. 4735–4744.

21. Skalny A. V., Rudakov I. A. *Bioelements in medicine*. "Onyx 21" Publishing House, World, 2004, 272 p. (in Russian)

22. Se-Yune Kim, Sang-Ki Kim, Mi-Kyeong Choi. Effect of Silicon Supplementation on Immune Response in Male and Female Mice. *The FASEB Journal*, 2016, vol. 30, no. 4, pp. 34–40.

23. Semenova Yu. V. Resistance and productivity in pigs when using a silicon-containing drug in rations. *Modern problems of intensification of pork production in the CIS countries*, Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2010, vol. 1, pp. 247–252. (in Russian)

24. Smitha S., Shojesh P., Mukundan P. Synthesis of biocompatible hydrophobic silica-gelatin nanohybrid by sol-gel process. *Colloids Surf. B. Biointerfaces*, 2007, vol. 55, no. 1, pp. 38–43.

25. Serdiuk A. M., Gulich M. P., Kaplunenko V. G., Kosinov M. V. Nanotechnology of micronutrients: problems, perspectives and ways to eliminate the deficit of macro- and microelements. *Bulletin of Academy of medical sciences*, 2010, no. 1, pp. 47–53. (in Ukrainian)

26. Sato C. Chain length diversity of sialic acids and its biological significance trend singly conscience and glycotecnology. *Trends in Glycoscience and Glycotecnology*, 2004, vol. 16, no. 91, pp. 331–344.

27. Trachtenberg I. M., Chekman I. S., Linnik V. O., Kaplunenko V. G. Interaction micronutrients, biological, medical and social aspects. *Bulletin of the National Academy of Sciences*, 2013, vol. 6, pp. 11–20. (in Ukrainian)

28. Vlizlo V. V., Fedoruk R. S., Ratych I. B. *Laboratory methods of investigation in biology, stock-breeding and veterinary*. Lviv, 2012, 764 p. (in Ukrainian)