

*Ярослав Васильович Лесик,*

доктор ветеринарних наук, професор кафедри біології та хімії  
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна  
orcid.org/0000-0002-7845-7006, e-mail: lesykyv@gmail.com

*Василина Михайлівна Токар,*

студентка  
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна  
e-mail: vasulunatokar17@gmail.com

## ВПЛИВ НАНОЦИНКУ НА МОРФОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ КРОЛІВ

**Анотація.** На функціонування організму ссавців впливає низка чинників, але найважливішим є збалансоване живлення за всіма складниками поживності, особливо біодоступних мінеральних речовин. У науковій літературі багато інформації щодо проведення досліджень із використанням наномінералів, показано їхній неоднозначний вплив на організм ссавців. Тому метою наших досліджень було з'ясування впливу вживання різних доз цинку цитрату на морфологічні показники крові кролів після відлучення. Дослідження проводили у віварії на кролях термонської породи. Досліджували вплив різних кількостей наносполуки цинку – цинку цитрату, сполуки нанотехнологічного походження (1,3 г/дм<sup>3</sup>, рН = 1,30, розмір наночастинок – 20–60 нм), виготовленої ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології» (м. Київ). Кролі контрольної групи споживали гранульований комбікорм, збалансований за встановленими показниками поживності. Кролята дослідних груп Д-I; Д-II та Д-III, окрім основного раціону, додатково з водою упродовж доби отримували сполуку цинку цитрату в кількості 0,30; 0,60 і 0,90 мг Zn/кг маси тіла відповідно. На 5 добу підготовчого періоду та 14, 28 і 42 доби проводили дослідження крові. Встановлено, що застосування цинку цитрату з розрахунку 0,30 мг Zn/кг маси тіла позначилося незначними змінами клітин крові з вірогідним підвищенням кількості тромбоцитів ( $P < 0,05$ ) на 14 добу дослідження. Вживання цинку цитрату в кількості 0,60 мг Zn/кг маси тіла відзначилося більшими змінами з підвищенням концентрації гемоглобіну ( $P < 0,05$ ), кількості моноцитів ( $P < 0,01$ ) на 14 добу, кількості лейкоцитів ( $P < 0,05$ ) на 14 і 28 доби й еритроцитів ( $P < 0,05$ ) на 42 добу дослідження. Цинку цитрат у дозі 0,90 мг Zn/кг маси тіла відзначився найбільшими змінами крові з більшим рівнем еритроцитів ( $P < 0,05$ ), гемоглобіну ( $P < 0,05$ ) на 28 та 42, гематокриту ( $P < 0,05-0,01$ ) на 14 і 28, середнього вмісту гемоглобіну в еритроциті ( $P < 0,05$ ) на 28, середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті ( $P < 0,05$ ) упродовж дослідження та зменшення лімфоцитів на 42 добу дослідження стосовно контролю.

**Ключові слова:** кролі, цинку цитрат, нанотехнології, формені елементи крові.

### ВСТУП

На фізіологію кролів впливає низка чинників, одним із яких є живлення та його збалансованість [1]. Важливість кормових добавок у тваринництві зростає за останні десятиліття [2]. Збільшення виробництва м'яса можна досягти за допомогою правильної годівлі, включення інгредієнтів корму на фізіологічних або необхідних рівнях [3]. Addass та інші (2012 р.) стверджували, що живлення впливає на показники крові тварин. Переробка корму може також впливати на гематологічні параметри ссавців [4]. Збалансоване

живлення впливає на профіль крові здорових тварин [5]. Ісаак та інші (2013 р.) заявили, що морфологічні компоненти крові, особливо еритроцити, лейкоцити, концентрація гемоглобіну та середня концентрація гемоглобіну в еритроциті, є цінними для моніторингу токсичності корму, а також впливають на здоров'я та гомеостаз організму [6].

Цинк необхідний у генетичному складі кожної клітини та є есенціальним для будь-якого біологічного відтворення [7]. Цинк є компонентом різних ензимів, які допомагають підтримувати структурну цілісність протеїну та регулюють експресію генів [8]. Цинк є невід'ємним компонентом приблизно 200 металоензимів, включаючи полімерази рибонуклеїнової кислоти, алкогольдегідрогеназу, карбоангідразу, карбоксипептидазу, глутаміндегідрогеназу, лактодегідрогеназу та лужну фосфатазу, а також гормони, як-от тимулін, тестостерон, пролактин і соматомедин [9]. Біологічна функція Цинку може бути каталітичною, структурною або регуляторною. Понад 85% загального вмісту Цинку в організмі міститься у скелетних м'язах і кістках. ДНК приблизно в 5 000 разів менш сприйнятлива до пошкодження іоном  $Zn^{2+}$ , ніж РНК, що свідчить про її роль у переважному еволюційному відборі, а не РНК, як носія первинної генетичної інформації, а також у клітинній диференціації, синтезі та стабільності ДНК [10]. Дефіцит Цинку досить поширений. Він необхідний для метаболізму тестостерону, росту сім'яників, біосинтезу сперматозоїдів, рухливості та їх кількості. Вітаміни  $B_6$  і  $C$  можуть сприяти засвоєнню Цинку [11]. Цинк у плазмі є органічною сполукою, утворюючи комплекси. Концентрація цинку в сироватці та плазмі крові ссавців коливається від 80 до 150 мг/дл [12]. Цілісність клітинних мембран, включаючи цілісність еритроцитів і лейкоцитів, залежить від слабозв'язаного іонного цинку. Дефіцит Цинку гальмує ріст і викликає серйозні метаболічні порушення [13].

Нанобіотехнологія дає перспективи для зміни майбутнього технології кормів. Є можливість виготовити комбікорми та розробити спеціальні біосенсори із застосуванням інструментів нанотехнологій. Нанобіосенсори можуть контролювати безпечність кормів і здоров'я тварин [14]. Маючи потенційні можливості застосування, нанотехнологія все ще перебуває в зародковому стані в дослідженні повноцінного живлення. Відома низка публікацій про позитивну дію наночастинок в організмі ссавців [9; 11–13]. Дослідженнями встановлено, що позитивний ефект залежить від розміру наночастинок та їхньої кількості в раціоні. Тому, зважаючи на сказане вище, метою нашого дослідження було з'ясування впливу вживання різних доз цинку цитрату на морфологічні показники крові кролів.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Експерименти проводилися в типовому віварії Інституту біології тварин НААН. Для проведення дослідження використовували молодняк кролів породи Термонська. Для експерименту відбирали тварин віком 41 день, формували у групи по чотири тварини з урахуванням віку, маси тіла та фізіологічного стану організму. Для проведення дослідження з вивчення впливу різних кількостей наносполуки цинку – цинку цитрату, сполуки нанотехнологічного походження ( $1,3 \text{ г/дм}^3$ , рН – 1,30, розмір наночастинок – 20–60 нм), виготовленої ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології» (м. Київ). Розрахунок застосованої кількості препарату проводили розрахунково, беручи до уваги масу тіла кролів – 1,0 кг, споживання води на добу – 200 мл. Кролі контрольної групи споживали гранульований комбікорм, збалансований за встановленими показниками поживності за рецептом стандартного комбікорму ПК-90 (далі – (ОР)). Кроленята першої дослідної групи (Д-1) споживали (ОР) і додатково з водою упродовж доби отримували сполуку

цинку цитрату в кількості 0,30 мг Zn/кг маси тіла. Кроленята другої дослідної групи (Д-II) споживали (ОР) і додатково з водою упродовж доби отримували сполуку цинку цитрату в кількості 0,60 мг Zn/кг маси тіла. Кроленята третьої дослідної групи (Д-III) споживали (ОР) і додатково з водою упродовж доби отримували сполуку цинку цитрату в кількості 0,90 мг Zn/кг маси тіла.

Дослід тривав 42 доби. Підготовчий період із 35 до 40 доби – 5 діб, дослідний період – 42 доби дослідження. На 5 добу підготовчого періоду та 14, 28 і 42 доби проводили гематологічні дослідження відібраної крові з вушної вени кролів, за методикою, описаною в довіднику [15]. Отримані цифрові дані обраховували за допомогою статистичної програми та використанням таблиці Стьюдента. До програми задавали первинні результати й отримували середні арифметичні величини (М) та похибки середніх арифметичних величин ( $\pm m$ ). Різниці вважали вірогідними за  $P < 0,05$ . Для розрахунків використано комп'ютерну програму Excel.

Усі експериментальні втручання та забій тварин проводили з дотриманням вимог Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують для експериментальних та наукових цілей (Страсбург, 1985 р.) та ухвали Першого національного конгресу з біоетики (Київ, 2001 р.).

## РЕЗУЛЬТАТИ

Необхідно зазначити, що проведені дослідження морфологічних показників крові кролів у підготовчому періоді не виявили вірогідних змін їхньої кількості стосовно контролю (табл. 1). Використання сполуки цинку цитрату в різній кількості через 14 днів випоювання добавки не позначилося вірогідними змінами, хоча кількість була дещо вища порівняно з контролем. Іншу картину крові спостерігали після випоювання вказаних сполук на 28 добу дослідження. Так, у крові кролів III дослідної групи кількість еритроцитів була вищою на 18,5% ( $P < 0,05$ ) стосовно контролю. На завершальному етапі дослідження кількість еритроцитів у крові кролів II і III дослідних груп була відповідно вищою на 16,9 і 18,8% ( $P < 0,05$ ) за тенденції до вищого рівня в інших дослідних групах порівняно з контролем. Аналіз показників кількості еритроцитів у крові молодняка кролів свідчить про вплив більших кількостей цинку цитрату на активацію еритропоезу.

**Таблиця 1. Кількість еритроцитів і концентрація гемоглобіну у крові кролів за випоювання цинку цитрату ( $M \pm m$ ,  $n = 4$ )**

Показник	Група тварин	Періоди дослідження			
		підготовчий	дослідний (доба дослідження)		
			14	28	42
Еритроцити, $10^{12}/л$	К	$5,4 \pm 0,43$	$5,2 \pm 0,16$	$5,4 \pm 0,28$	$5,3 \pm 0,18$
	Д-I	$5,6 \pm 0,12$	$4,8 \pm 0,29$	$5,5 \pm 0,21$	$5,2 \pm 0,26$
	Д-II	$4,9 \pm 0,10$	$5,2 \pm 0,22$	$5,6 \pm 0,18$	$6,2 \pm 0,22^*$
	Д-III	$5,1 \pm 0,90$	$5,1 \pm 0,33$	$6,4 \pm 0,33^*$	$6,3 \pm 0,47^*$
Гемоглобін, г/л	К	$107,1 \pm 2,03$	$105,7 \pm 5,49$	$101,7 \pm 5,21$	$103,5 \pm 5,39$
	Д-I	$102,0 \pm 3,02$	$94,5 \pm 5,31$	$101,0 \pm 4,26$	$108,0 \pm 2,01$
	Д-II	$100,0 \pm 4,12$	$108,5 \pm 3,59$	$110,5 \pm 1,55^*$	$106,3 \pm 4,81$
	Д-III	$103,1 \pm 4,54$	$98,0 \pm 4,92$	$109,7 \pm 4,23^*$	$113,2 \pm 5,54^*$

*Примітка:* у цій і наступних таблицях вірогідні різниці порівняно з контрольною групою: \* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ ; \*\*\* –  $P < 0,001$ .

Більше виражених змін отримано в результаті аналізу рівня гемоглобіну у крові кролів, який залежав від кількості та тривалості впоювання наносполуки. Найбільше вірогідних різниць відзначено на другому етапі застосування добавок. Так, концентрація гемоглобіну у крові кролів II та III дослідних груп була відповідно вищою на 8,6 і 7,8% ( $P < 0,05$ ) на 28 добу дослідження порівняно з контролем. На останньому періоді дослідження відзначено більш виражені зміни стосовно контролю в результаті впоювання цинку цитрату. Так, вміст гемоглобіну був вищим у тварин III дослідної групи на 9,3% ( $P < 0,05$ ) порівняно із тваринами у контролі.

Відсоток гематокритної величини перевищував контроль ( $P < 0,05-0,01$ ) у тварин III дослідної групи на 14 і 28 доби дослідження (табл. 2).

**Таблиця 2. Гематокритна величина у крові кролів за впоювання цинку цитрату ( $M \pm m$ ,  $n = 4$ )**

Показник	Група тварин	Періоди дослідження			
		підготовчий	дослідний (доба дослідження)		
			14	28	42
Гематокрит, л/л	К	0,4 ± 0,09	0,4 ± 0,02	0,4 ± 0,02	0,4 ± 0,02
	Д-I	0,5 ± 0,03	0,5 ± 0,01	0,4 ± 0,01	0,5 ± 0,01
	Д-II	0,4 ± 0,18	0,5 ± 0,01	0,5 ± 0,01	0,4 ± 0,02
	Д-III	0,4 ± 0,06	<b>0,6 ± 0,02*</b>	<b>0,5 ± 0,01**</b>	0,5 ± 0,04

Зміни гематокритної величини у крові кролів упродовж дослідження були вираженими за введення більшої кількості цинку цитрату, що може свідчити про вплив застосованих добавок на гемопоетичну функцію їхнього організму. Кількість формених елементів у крові є важливим показником фізіологічного стану тварини, що свідчить про збалансоване живлення, зокрема й мінеральними речовинами, оскільки кров першою реагує на зміну надходження поживних речовин до організму.

Впоювання кролів після відлучення цинку цитрату впродовж дослідження відзначилося незначними змінами середнього об'єму еритроцитів, з більше вираженим різницями інших досліджуваних показників крові кролів (табл. 3).

**Таблиця 3. Еритроцитарні індекси у крові кролів за впоювання цинку цитрату ( $M \pm m$ ,  $n = 4$ )**

Показник	Група тварин	Періоди дослідження			
		підготовчий	дослідний (доба дослідження)		
			14	28	42
Середній об'єм еритроцитів, фл	К	90,5 ± 0,76	87,07 ± 4,59	87,07 ± 4,60	90,55 ± 1,55
	Д-I	89,5 ± 0,14	89,23 ± 2,85	89,35 ± 2,20	88,55 ± 2,42
	Д-II	91,0 ± 0,10	91,60 ± 2,05	90,20 ± 2,29	90,95 ± 2,55
	Д-III	92,0 ± 0,13	84,35 ± 3,13	87,83 ± 3,91	87,88 ± 1,84
Середній вміст гемоглобіну в еритроциті, п/г	К	21,6 ± 0,27	19,8 ± 0,90	20,3 ± 1,09	21,3 ± 0,42
	Д-I	20,3 ± 0,30	19,5 ± 0,58	20,3 ± 0,55	20,8 ± 0,65
	Д-II	19,8 ± 0,60	21,1 ± 0,61	20,8 ± 0,58	21,1 ± 0,51
	Д-III	21,0 ± 0,11	19,2 ± 0,49	<b>22,0 ± 0,54*</b>	20,7 ± 0,17
Середня концентрація гемоглобіну в еритроциті, %	К	10,7 ± 0,24	11,1 ± 0,66	11,5 ± 0,80	10,3 ± 0,41
	Д-I	10,1 ± 0,56	11,2 ± 0,65	12,2 ± 0,99	11,8 ± 1,13
	Д-II	11,5 ± 0,45	10,4 ± 0,56	11,9 ± 0,43	10,7 ± 0,43
	Д-III	10,0 ± 0,34	<b>13,0 ± 0,53*</b>	<b>14,3 ± 0,68*</b>	13,5 ± 0,42*

Найбільше вірогідно виражених різниць ( $P < 0,05$ ) стосовно контрольної групи спостерігали на 28 добу дослідження у тварин III дослідної групи. Отримані результати можуть вказувати на вплив більшої застосованої кількості та тривалості впоювання добавок, у нашому випадку 28 діб, на процеси еритропоезу та виконання газотранспортної функції у крові кролів. Відсоток середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті відзначився найбільше вираженим вищими вірогідними ( $P < 0,05$ ) змінами у тварин III дослідної групи впродовж дослідження порівняно з контролем. Необхідно зазначити різнобічні зміни досліджуваних показників індексу червоної крові кролів упродовж впоювання різної кількості органічних сполук цинку. Це може бути пов'язано з особливостями впливу наносполуки на організм кролів залежно від їхньої кількості.

Аналіз змін показників червоної крові кролів свідчить про стабільний фізіологічний і гемопоетичний статус їхнього організму завдяки аліментарному надходженню органічних мінеральних речовин цинку.

Кількість лейкоцитів у крові тварин II дослідної групи була нижчою на 24 і 32,6% ( $P < 0,05$ ) на 14 і 28 доби дослідження порівняно з контрольною групою (табл. 4).

**Таблиця 4. Кількість лейкоцитів у крові кролів за впоювання різних кількостей цинку цитрату ( $M \pm m$ ,  $n = 4$ )**

Показник	Група тварин	Періоди дослідження			
		підготовчий	дослідний (доба життя/доба дослідження)		
			54/14	68/28	82/42
Лейкоцити, $10^9/л$	К	$9,4 \pm 0,49$	$10,4 \pm 1,89$	$9,8 \pm 0,55$	$9,4 \pm 1,60$
	Д-I	$8,2 \pm 0,12$	$9,3 \pm 1,48$	$8,6 \pm 1,45$	$9,2 \pm 1,60$
	Д-II	$9,0 \pm 1,10$	<b><math>7,9 \pm 0,64^*</math></b>	<b><math>6,6 \pm 0,68^*</math></b>	$11,7 \pm 0,99$
	Д-III	$10,0 \pm 0,18$	$10,8 \pm 2,68$	$9,1 \pm 1,81$	$12,2 \pm 1,67$

Отримані результати кількості лейкоцитів можуть свідчити про вибірккову дію застосованих кількостей мікроелемента на їх утворення. Загалом отримано позитивну тенденцію змін у результаті додаткового надходження досліджуваних цитратних сполук мікроелемента в організмі кролів.

Аналіз абсолютної кількості лімфоцитів за періодами дослідження відзначився збільшенням ( $P < 0,05$ ) цього показника на завершні експерименту у III дослідній групі порівняно з контролем (табл. 5). В організмі тварин функція лімфоцитів пов'язана із процесами імуногенезу, моноцити та гранулоцити належать до активних фагоцитів крові. Кількість моноцитів у крові кролів зазнавала значних змін у результаті впоювання різних кількостей цинку цитрату – зменшення рівня ( $P < 0,01$ ) в I і II дослідних групах, яким впоювали цинку цитрат відповідно з розрахунку 0,30 і 0,60 мг Zn/кг маси тіла, порівняно з контрольною групою тварин. Отримані результати дослідження кількості моноцитів можуть свідчити про виокремлену дію впродовж довшого періоду застосування добавок як окремих кількостей цинку. Це, можливо, залежить від особливості дії частинок мікроелементів, які володіють високою функціональною активністю в організмі.

**Таблиця 5. Показники різних форм лейкоцитів у крові кролів за впоювання цинку цитрату ( $M \pm m$ ,  $n = 4$ )**

Показник	Група тварин	Періоди дослідження			
		підготовчий	дослідний (доба дослідження)		
			14	28	42
Лімфоцити, $10^9/\text{л}$	К	$2,6 \pm 0,91$	$3,1 \pm 0,29$	$2,8 \pm 0,38$	$2,5 \pm 0,30$
	Д-І	$3,1 \pm 0,21$	$2,8 \pm 0,40$	$2,9 \pm 0,58$	$2,4 \pm 0,19$
	Д-ІІ	$2,8 \pm 0,40$	$2,7 \pm 0,18$	$2,0 \pm 0,26$	$2,1 \pm 0,33$
	Д-ІІІ	$3,0 \pm 0,24$	$3,1 \pm 0,39$	$2,4 \pm 0,40$	<b><math>4,2 \pm 0,62^*</math></b>
Моноцити, $10^9/\text{л}$	К	$1,2 \pm 0,52$	$2,6 \pm 0,87$	$2,0 \pm 0,14$	$1,3 \pm 0,17$
	Д-І	$1,6 \pm 0,12$	$1,4 \pm 0,29$	<b><math>1,1 \pm 0,17^{**}</math></b>	$1,2 \pm 0,11$
	Д-ІІ	$1,8 \pm 0,33$	$1,0 \pm 0,09$	<b><math>1,0 \pm 0,13^{**}</math></b>	$1,3 \pm 0,25$
	Д-ІІІ	$1,4 \pm 0,87$	$1,6 \pm 0,36$	$1,6 \pm 0,35$	$1,5 \pm 0,31$
Гранулоцити, $10^9/\text{л}$	К	$4,4 \pm 0,46$	$3,4 \pm 0,61$	$5,0 \pm 0,73$	$4,8 \pm 0,77$
	Д-І	$5,1 \pm 0,88$	$5,1 \pm 0,84$	$4,4 \pm 0,77$	$5,6 \pm 1,00$
	Д-ІІ	$3,4 \pm 0,75$	$4,2 \pm 0,43$	$3,3 \pm 0,32$	$8,4 \pm 1,56$
	Д-ІІІ	$4,7 \pm 0,30$	$3,9 \pm 0,33$	$5,7 \pm 0,61$	$6,6 \pm 1,39$

Вміст гранулоцитів у крові кролів показав тенденцію до збільшення їх кількості в більшості дослідних групах упродовж дослідження, хоча ці зміни порівняно з контролем були невіргодними. Отримані результати дослідження можуть свідчити про більше виражений позитивний дозозалежний вплив цинку цитрату на біосинтез клітин крові. Необхідно відзначити стимулювальний вплив органічних сполук цинку на кількість і співвідношення основних форм лейкоцитів. Під час проведення дослідження кількості лейкоцитів та їхніх форм спостерігали особливості зміни параметрів клітин крові залежно від кількості та тривалості впоювання цинку цитрату, що може свідчити про потребу введення його в раціон.

Впоювання цинку цитрату не виявило істотних змін кількості тромбоцитів. Однак виявлені вірогідні зміни та тенденції вмісту досліджуваних показників можуть свідчити про позитивний вплив застосованої сполуки на організм молодняка кролів (табл. 6). Дослідженнями кількості тромбоцитів у крові тварин І дослідної групи відзначено підвищення їх кількості на 27% ( $P < 0,05$ ) на 14 добу впоювання добавок порівняно з контролем.

**Таблиця 6. Кількість тромбоцитів у крові кролів за впоювання цинку цитрату ( $M \pm m$ ,  $n = 4$ )**

Показник	Група тварин	Періоди дослідження			
		підготовчий	дослідний (доба дослідження)		
			14	28	42
Тромбоцити, $10^9/\text{л}$	К	$527,5 \pm 37,57$	$610,0 \pm 30,02$	$576,7 \pm 61,20$	$534,5 \pm 10,84$
	Д-І	$588,3 \pm 12,89$	<b><math>775,0 \pm 51,09^*</math></b>	$564,8 \pm 80,63$	$514,3 \pm 34,26$
	Д-ІІ	$590,5 \pm 42,11$	$654,8 \pm 118,40$	$615,0 \pm 149,16$	$678,7 \pm 207,12$
	Д-ІІІ	$590,0 \pm 60,23$	$577,8 \pm 134,10$	$656,5 \pm 100,25$	$588,0 \pm 32,65$

Впоювання різних кількостей цинку цитрату позначилося змінами на рівні тенденції, за винятком тромбоцитів, між контрольною та дослідними групами (табл. 7). Тромбоцит – це співвідношення об'єму тромбоцитів до загального об'єму крові, його

зміни відзначено на першому етапі дослідження. Зокрема, відсоток тромбоцитів у крові кролів III дослідної групи був нижчим на 7,63% ( $P < 0,05$ ) на 14 добу дослідження стосовно контролю. Упродовж інших етапів дослідження не відзначено вірогідних різниць між дослідною та контрольною групами тварин. Отримані результати експерименту можуть свідчити про відсутність негативного впливу на організм кролів за впоювання цинку цитрату в досліджуваних кількостях.

**Таблиця 7. Тромбоцитарні індекси у крові кролів за впоювання цинку цитрату ( $M \pm m, n = 4$ )**

Показник	Група тварин	Періоди дослідження			
		підготовчий	дослідний (доба дослідження)		
			14	28	42
Середній об'єм тромбоцита, фл	К	4,98 ± 0,06	5,47 ± 0,30	5,63 ± 0,15	5,20 ± 0,13
	Д-I	5,23 ± 0,10	5,32 ± 0,12	5,28 ± 0,21	5,10 ± 0,08
	Д-II	4,23 ± 0,45	4,72 ± 0,26	5,12 ± 0,23	5,00 ± 0,15
	Д-III	4,12 ± 0,09	5,20 ± 0,21	5,08 ± 0,24	5,35 ± 0,17
Ширина розподілу тромбоцитів за об'ємом, %	К	0,29 ± 0,021	0,38 ± 0,001	0,33 ± 0,042	0,28 ± 0,004
	Д-I	0,30 ± 0,045	0,36 ± 0,052	0,32 ± 0,011	0,26 ± 0,014
	Д-II	0,31 ± 0,021	0,32 ± 0,059	0,36 ± 0,021	0,35 ± 0,106
	Д-III	0,33 ± 0,078	0,35 ± 0,054	0,30 ± 0,016	0,31 ± 0,028
Тромбокрит, %	К	13,49 ± 0,22	14,40 ± 0,06	14,21 ± 0,66	13,71 ± 0,56
	Д-I	14,76 ± 0,66	14,57 ± 0,95	13,63 ± 0,38	14,10 ± 0,70
	Д-II	13,45 ± 0,11	43,22 ± 0,15	13,78 ± 0,71	14,17 ± 0,33
	Д-III	14,55 ± 0,29	<b>13,30 ± 0,39*</b>	13,65 ± 0,48	15,08 ± 0,83

Отже, отримані результати впливу застосованої наносполуки цинку вказують на неоднозначний, але позитивний вплив, залежно від тривалості впоювання та кількості застосованої сполуки.

## ВИСНОВКИ

1. Застосування цинку цитрату з розрахунку 0,30 мг Zn/кг маси тіла позначилося незначними змінами клітин крові з вірогідним підвищенням кількості тромбоцитів ( $P < 0,05$ ) на 14 добу, тоді як його використання в кількості 0,60 мг Zn/кг маси тіла відзначилося несуттєвими змінами, однак із підвищенням концентрації гемоглобіну ( $P < 0,05$ ), кількості моноцитів ( $P < 0,01$ ) на 14 добу, кількості лейкоцитів ( $P < 0,05$ ) на 14 і 28 доби й еритроцитів ( $P < 0,05$ ) на 42 добу дослідження порівняно з контролем.

2. За додаткового введення цинку цитрату з розрахунку 0,90 мг Zn/кг маси тіла встановлено вищі рівні еритроцитів ( $P < 0,05$ ), гемоглобіну ( $P < 0,05$ ) на 28 і 42, гематокриту ( $P < 0,05-0,01$ ) на 14 та 28, середнього вмісту гемоглобіну в еритроциті ( $P < 0,05$ ) на 28, середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті ( $P < 0,05$ ) впродовж дослідження та зменшення лімфоцитів на 42 добу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. De Blas C., Wiseman J. Nutrition of the Rabbit. *Library of Congress Cataloging-in-Publication Data*. 2020. 3<sup>rd</sup> Edition. 368 p.

2. The effect of dietary protein levels on blood characteristics and carcass yields of Japanese quail (*Cortunix cortunix Japonica*) / M.R. Sharifi et al. *Italian Journal of Anim. Sci.* 2011. № 10. P. 20.
3. Use of zinc oxide nanoparticles in the growing rabbit diets to mitigate hot environmental conditions for sustainable production and improved meat quality / A.A.A. Abdel-Wareth et al. *Veterinary Research.* 2022. № 18. P. 354.
4. Effect of age, sex and management system on some haematological parameters of intensively and semi-intensively kept chicken in Mubi, Adamawa State, Nigeria / P.A. Addass et al. *Iranian Journal of Applied Animal Science.* 2012. № 2 (3). P. 277–282.
5. Effect of dietary boron supplementation on some biochemical parameters, peripheral blood lymphocytes, splenic plasma cells and bone characteristics of broiler chicks given diets with adequate or inadequate cholecalferol (Vitamin D) content / F. Kurtoglu et al. *Br. Poult. Sci.* 2005. № 46. P. 87–96.
6. Haematological properties of different breeds and sexes of rabbits. Proc. of the 18th Annual Conf. of Anim / L.J. Isaac et al. *Sci. Assoc. of Nig.* 2013. P. 24–27.
7. High Dietary Levels of Zinc for Young Rbbits / L. Chrastinova et al. *Slovak Journal of Animal Science.* 2015. № 48 (2). P. 57–63.
8. Effects of phytase supplementation to diets with or without zinc addition on growth performance and zinc utilization of white pekin ducks / Y.A. Attia et al. *Animals.* 2019. № 9 (5). P. 280.
9. Influence of zinc nanoaquacitrate on the immuno-physiological reactivity and productivity of the organism of rabbits / O.V. Boiko et al. *Regulatory Mechanisms in Biosystems.* 2020. № 11 (1). P. 133–138.
10. The effect of different dietary zinc sources on mineral deposition and antioxidant indices in rabbit tissues / K. Čobanová et al. *World Rabbit Science.* 2018. № 26 (3). P. 241–248.
11. Nano zinc oxide – an alternate zinc supplement for livestock / K. Geetha et al. *Veterinary World.* 2020. № 13 (1). P. 121–126.
12. Effect of Dietary Zinc-Oxide or Nano-Zinc Oxide on Growth Performance, Oxidative Stress, and Immunity of Growing Rabbits under Hot Climate Conditions / D.A. Kamel et al. *Journal of Animal and Poultry Production.* 2020. № 11 (12). P. 565–571.
13. Biosynthesis, Characterization, and Evaluation of the Cytotoxic Effects of Biologically Synthesized Silver Nanoparticles from *Cyperus conglomeratus* Root Extracts on Breast Cancer Cell Line MCF-7 / A.G. Al-Nuairi et al. *Biol. Trace Elem. Res.* 2020. № 194. P. 560–569.
14. Use of zinc oxide nanoparticles in the growing rabbit diets to mitigate hot environmental conditions for sustainable production and improved meat quality / A.A.A. Abdel-Wareth et al. *Veterinary Research.* 2022. № 18. P. 354.
15. Vlislo V.V. Laboratory methods of research in biology, animal husbandry and veterinary medicine. Lviv : Spolom, 2012. 764 p.

## REFERENCES

1. De Blas C., Wiseman J. (2020). Nutrition of the Rabbit. 3rd Edition. *Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.* 368 p.
2. Sharifi, M.R., Shams-Sharg, M., Dastar, B., Hassini, S. (2011). The effect of dietary protein levels on blood characteristics and carcass yields of Japanese quail (*Cortunix cortunix Japonica*). *Italian Journal of Anim. Sci.* Available at: 10.
3. Abdel-Wareth, A.A.A., Amer, S.A., Mobashar, M. (2022). Use of zinc oxide nanoparticles in the growing rabbit diets to mitigate hot environmental conditions for sustainable production and improved meat quality. *Veterinary Research.* № 18. P. 354.



4. Addass, P.A., David, D.I., Edward, A., Zira, K.E. and Midak, A. (2021). Effect of age, sex and management system on some haematological parameters of intensively and semi-intensively kept chicken in Mubi, Adamawa State, Nigeria. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 2 (3): 277–282.
5. Kurtoglu, F., Kurtoglu, V., Celik, I., Kececi, I. and Nizamlioglu, M. (2005). Effect of dietary boron supplementation on some biochemical parameters, peripheral blood lymphocytes, splenic plasma cells and bone characteristics of broiler chicks given diets with adequate or inadequate cholecalferol (Vitamin D) content. *Br. Poult. Sci.* 46: 87–96.
6. Isaac, L.J., Abah, G., Akpan, B. and Ekaette, I.U. (2013). Haematological properties of different breeds and sexes of rabbits. Proc. of the 18'th Annual Conf. of Anim. Sci. Assoc. of Nig. 24–27.
7. Chrastinova L., Cobanova K., Chrenkova M., Polacikova M., Formelova Z., Laukova A., Ondruska L., Poganysimonova M., Strompfova V., Bucko O., Mlynekova Z., Mlynar R., Gresacova L. (2015). High Dietary Levels of Zinc for Young Rbbits. *Slovak Journal of Animal Science*. 48: (2): 57–63.
8. Attia, Y.A., Addeo, N.F., Abd Al-Hamid, A.E., Bovera, F. (2019). Effects of phytase supplementation to diets with or without zinc addition on growth performance and zinc utilization of white pekin ducks. *Animals*. 9 (5). 280.
9. De Blas C., Wiseman J. Nutrition of the Rabbit. *Library of Congress Cataloging-in-Publication Data*. 2<sup>nd</sup> Edition. 2010. 325 p.
10. Boiko, O.V., Honchar, O.F., Lesyk, Y.V., Kovalchuk, I.I., Gutyj, B.V. (2020). Influence of zinc nanoaquacitrate on the immuno-physiological reactivity and productivity of the organism of rabbits. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 11 (1). 133–138.
11. Čobanová, K., Chrastinová, L., Chrenková, M., Polaciková, M., Formelová, Z., Ivanišínová, O., Ryzner, M. and Grešáková, Ľ. (2018). The effect of different dietary zinc sources on mineral deposition and antioxidant indices in rabbit tissues. *World Rabbit Science*. 26 (3). 241–248.
12. Geetha, K., Chellapandian, M., Arulnathan, N., Ramanathan, A. (2020). Nano zinc oxide — an alternate zinc supplement for livestock. *Veterinary World*. 13 (1). 121–126.
13. Kamel, D.A., Abdel-Khalek, A.E., Gabr, S.A. (2020). Effect of Dietary Zinc-Oxide or Nano-Zinc Oxide on Growth Performance, Oxidative Stress, and Immunity of Growing Rabbits under Hot Climate Conditions. *Journal of Animal and Poultry Production*. 11 (12). 565–571.
14. Al-Nuairi A.G., Mosa K.A., Mohammad M.G., El-Keblawy A., Soliman S., Alawadhi H. (2020). Biosynthesis, Characterization, and Evaluation of the Cytotoxic Effects of Biologically Synthesized Silver Nanoparticles from *Cyperus conglomeratus* Root Extracts on Breast Cancer Cell Line MCF-7. *Biol. Trace Elem. Res.* 194. 560–569.
15. Abdel-Wareth, A.A.A., Amer, S.A., Mobashar, M. (2022). Use of zinc oxide nanoparticles in the growing rabbit diets to mitigate hot environmental conditions for sustainable production and improved meat quality. *Veterinary Research*. 18. 354.
16. Vlislo, V.V. (2012). Laboratory methods of research in biology, animal husbandry and veterinary medicine. Lviv : Spolom. 764 p.

## ABSTRACT

### THE INFLUENCE OF NANOZINC ON THE MORPHOLOGICAL INDICATORS OF THE BLOOD OF RABBITS

The functioning of the mammalian body is influenced by a number of factors, but the most important is balanced nutrition in terms of all nutritional components, especially bioavailable

minerals. In the scientific literature, there is a lot of information about conducting research using nanominerals, and their ambiguous impact on the body of mammals is shown. Therefore, the aim of our research was to find out the effect of drinking different doses of zinc citrate on the morphological indicators of the blood of rabbits after weaning. Research was conducted in a vivarium on rabbits of the Termon breed. The influence of different amounts of the nanocompound zinc – zinc citrate, a compound of nanotechnological origin (1,3 g/dm<sup>3</sup>, pH – 1,30, nanoparticle size – 20–60 nm), manufactured by LLC “Nanomaterials and Nanotechnologies” in Kyiv, was studied. Rabbits of the control group consumed granulated compound feed, balanced according to established nutritional parameters. Rabbits of experimental groups D-I; D-II and D-III, in addition to the basic ration, additionally with water during the day received the zinc citrate compound in the amount of 0,30, respectively; 0,60 and 0,90 mg Zn/kg body weight. On the 5<sup>th</sup> day of the preparatory period and on the 14<sup>th</sup>, 28<sup>th</sup> and 42<sup>nd</sup> days, blood tests were performed. It was established that the use of zinc citrate at the rate of 0,30 mg Zn/kg of body weight was affected by minor changes in blood cells with a probable increase in the number of platelets ( $P < 0,05$ ) on the 14<sup>th</sup> day of the study. Drinking zinc citrate in the amount of 0,60 mg Zn/kg of body weight was marked by greater changes with an increase in the concentration of hemoglobin ( $P < 0,05$ ), the number of monocytes ( $P < 0,01$ ) on the 14<sup>th</sup> day, the number of leukocytes ( $P < 0,05$ ) on the 14<sup>th</sup> and 28<sup>th</sup> days and erythrocytes ( $P < 0,05$ ) on the 42<sup>nd</sup> day of the study. Zinc citrate at a dose of 0,90 mg Zn/kg of body weight was marked by the greatest changes in blood with a higher level of erythrocytes ( $P < 0,05$ ), hemoglobin ( $P < 0,05$ ) at 28 and 42, hematocrit ( $P < 0,05-0,01$ ) on days 14 and 28, the average hemoglobin content in erythrocytes ( $P < 0,05$ ) on 28, the average concentration of hemoglobin in erythrocytes ( $P < 0,05$ ) during the study and the decrease in lymphocytes on day 42 of the study compared to the control.

**Key words:** rabbits, zinc citrate, nanotechnology, formed blood elements.