

# Вплив наноаквахелатів селену, германію та їх комплексу на ембріональний розвиток перепелів

М.П. Ніщепенко<sup>1</sup>, В.О. Трокоз<sup>2</sup>, О.А. Порошинська<sup>1</sup>, Л.С. Стівбецька<sup>1</sup>,  
А.А. Ємельяненко<sup>1</sup>, О.В. Ємельяненко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Білоцерківський національний аграрний університет, e-mail: nick.physiol@gmail.com;

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ,  
e-mail: trokoz@nubip.edu.ua

*Досліджено вплив наноаквахелатів селену, германію та їх комплексу на ембріональний розвиток перепелів за інкубаційної обробки яєць. Для оцінки результатів експериментів з інкубаторів в один і той самий час на 38-му годину, 9- та 15-ту доби виймали по 5 яєць з кожного варіанту інкубації (3 варіанти, по 150 яєць). Встановлено позитивний вплив на ембріональний розвиток перепелів дії наноаквахелату селену в дозі 0,05 мкг/кг, германію – 5,0 мкг/кг та їх комплексу. Обробка перепелиних яєць під час інкубації наноаквахелатами збільшує кількість диференційованих пар сомітів на 26,0 %. Надалі ріст і розвиток перепелиних ембріонів посилюється на 23,6 % за дії наноаквахелату селену, а при дії германію – на 28,0 %. Комплекс наноаквахелатів сприяє збільшенню маси ембріонів перепелів на 30,7 % порівняно з контролем. Отже, отримані результати свідчать про стимулювальний вплив наноаквахелату селену на обмінні процеси в перепелиних ембріонах та їх антиоксидантний захист. Германій доповнює цю дію і сприяє підвищенню імунореактивності під час ембріонального періоду розвитку птаці.*

*Ключові слова: перепели; яйця; ембріони; інкубація; диференційовані пари сомітів; наноаквахелати селену та германію; комплекс наноаквахелатів.*

## ВСТУП

Перепел є одним з видів птахів, який характеризується посиленою інтенсивністю обмінних процесів, що забезпечує його ранню скоростиглість та високу продуктивність. У розведенні птаці одним з важливих питань є підвищення її життєздатності на різних етапах розвитку [1–5]. Особливість онтогенезу цих тварин полягає в тому, що розвиток ембріона відбувається поза материнським організмом в зовнішньому середовищі, яке може впливати несприятливими абіотичними та біотичними факторами [6, 7].

Низька виводимість при промисловій інкубації, спонукає до пошуку нових способів і методів стимуляції ембріонального розвитку птахів. Одним із шляхів впливу на розвиток ембріонів є інкубаційна обробка яєць і, зокрема, мікроелементами селену і германію в наноаквахелатній формі. Хелатування на-

ночасток молекулами води дає змогу мікроелементу проникати через мембрани клітин і легко взаємодіяти з клітинними органелами, що створює умови для проявів високої біологічної активності [8–10].

Германій в наноаквахелатній формі є високоактивною речовиною з імунотропною та антиоксидантною дією. Це елемент з широким спектром біологічної дії, що стимулює продукування  $\gamma$ -інтерферонів, які пригнічують процеси розмноження мікробних клітин, активують макрофаги та специфічні Т-клітини імунітету. Селен – біологічно активний мікроелемент, який входить до центру ензимів антиоксидантного та антирадикального захисту організму (глутатіонпероксидази, тіоредоксинредуктази тощо), метаболізму нуклеїнових кислот, ліпідів, гормонів. Він також бере участь у синтезі трийодтироніну [10–14].

© М.П. Ніщепенко, В.О. Трокоз, О.А. Порошинська, Л.С. Стівбецька, А.А. Ємельяненко, О.В. Ємельяненко

Метою нашої роботи було з'ясування впливу наноаквахелатів селену, германію та їх комплексу в різних дозах на ембріональний розвиток перепелів.

## МЕТОДИКА

Для досліджень використовували яйця та ембріони перепелів (*Coturnix coturnix japonica*) породи «фараон» м'ясного напрямку продуктивності. Яйця птахів поміщали в лабораторний інкубатор ІЛУ Ф-03 за оптимальної температури (38,5 °С – на 1–14-ту та 37,3°С – на 14–17-ту доби) та постійної відносної вологості повітря. Під час розвитку ембріонів їх обробляли розчинами селену і германію у нанорозмірному стані (50,0–100,0 нм) зі слабкислою реакцією (рН 6,7–6,9), які отримали в Українському державному науково-дослідному інституті нанотехнології і ресурсозбереження (м. Київ). Розчини наносили на прогріті яйця у стадії гастрюляції, тобто через 2 год після закладання на інкубацію, а потім за добу до критичних періодів: на 9-ту (замикання алантоїсу), 11-ту (перехід на білкове живлення), 13-ту (швидкий ріст постійних органів), 15-ту (початок прокльовування) та 17-ту доби (вивід молодняка) [15, 16]. При цьому обробку проводили в один і той самий час, а кількість наноаквахелатів селену і германію у різних дозах становила 30 мл, що було достатнім для рівномірного зволоження всієї поверхні яйця. Контрольні яйця обробляли дистильованою водою.

Для визначення оптимальної дози досліджуваних речовин сформували три варіанти по 150 інкубаційних яєць-аналогів, які в період розвитку ембріонів обробляли наноаквахелатом селену в дозах: I – 0,01; II – 0,05; III – 0,1 мкг/кг, а також 3 варіанти аналогів, які обробляли сполукою германію в дозах: I – 2,5; II – 5,0; III – 7,5 мкг/кг. Вивчали також комплексну дію селену (0,05 мкг/кг) та германію (5,0 мкг/кг), було сформовано 2 варіанти: по 150 яєць у до-

сліді та контролі. Для оцінки впливу різних доз наноаквахелатів селену, германію та їх комплексу на ранній розвиток перепелиних ембріонів використовували морфометричний метод підрахунку диференційованих пар сомітів, які сформувалися на 38-му годину інкубації.

У вказаний час інкубації виймали проби яєць, охолоджували їх під проточною водою протягом 15 хв. З боку тупого кінця розрізали шкаралупу і вміст переносили на годинникове скло. Після видалення білкової оболонки, на жовток накладали паперове кільце з фільтрувального паперу діаметром 5–7 мм так, щоб бластодиск опинився в центрі кільця. Обрізавши по колу жовткову оболонку, її разом із кільцем знімали пінцетом та відмивали у дистильованій воді. Кільце з ембріоном переносили на предметне скельце та підраховували кількість пар сомітів при збільшенні мікроскопа у 80 разів. Препарати ембріонів готували за методикою зняття бластодиска з використанням паперових кілець [6]. Далі досліджували розвиток у критичні періоди (на 9- та 15-ту доби інкубації). Для цього відбирали по 5 ембріонів з кожного варіанту в один і той самий час доби. Після звільнення їх від позазародкових оболонок вимірювали інтенсивність росту та масу ембріонів. Для зважування використовували електронні ваги AD 300 фірми «AXIS» (США). Дослідження на птиці проводили з дотриманням принципів Європейської конвенції про гуманне ставлення до тварин (Страсбург, 1986).

Отримані результати обробляли статистично на персональному комп'ютері в ліцензованій програмі Microsoft Excel визначенням середніх величин і їх похибок, а також вірогідності різниці між двома масивами за t критерієм Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Встановлено, що після обробки яєць наноаквахелатами селену, германію та їх

комплексом є певна відмінність у кількості диференційованих пар сомітів, які сформувалися на 38-му годину інкубації, зокрема і від застосованих доз використаних сполук (табл. 1). У I дослідному варіанті за впливу наноаквахелату селену (0,01 мкг/кг) та германію (2,5 мкг/кг) кількість пар сомітів не мала вірогідної різниці порівняно з контролем. За дії наноаквахелатів селену в дозі 0,05 мкг/кг та германію в дозі 5,0 мкг/кг цей показник був більшим порівняно з контролем на 19,5 % ( $P<0,01$ ) та 26,0 % ( $P<0,001$ ) відповідно. Це вказує на позитивний вплив застосованих сполук у таких дозах на сомітогенез, а надалі, ймовірно, й ріст і розвиток ембріональних тканин та органів у процесі інкубації. Досліджені показники характеризують як розвиток ембріонів, так і фіксують порушення, що можуть змінити швидкість формування сегментів із середнього зародкового листка (мезодерми) [6, 7].

На рисунку показано диференційовані пари сомітів, що сформувалися на 38-му годину інкубації перепелиних ембріонів. Найменшу їх кількість виявлено в III варіанті (див. рисунок, а): за впливу наноаквахелату селену цей показник був меншим на 19,6 % ( $P<0,01$ ) та германію – на 18,7 % ( $P<0,05$ ) щодо контролю. Причиною може бути негативний вплив наноаквахелатів на швидкість сомітогенезу та розвиток ембріонів перепелів

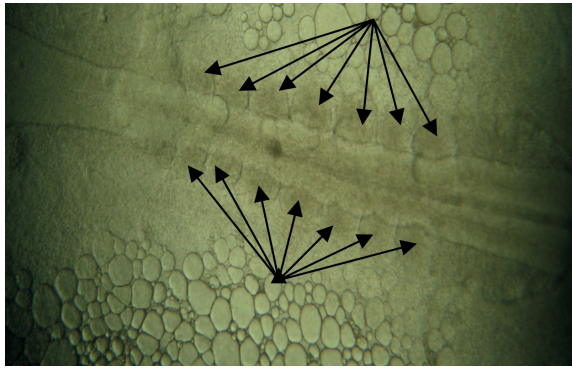
у максимальних застосованих дозах. За комплексної дії (див. рисунок, б) наноаквахелатів селену та германію кількість диференційованих пар сомітів була вірогідно більшою на 30,4 % порівняно з контролем. Це, ймовірно, характеризує позитивний стимулювальний вплив досліджуваних наноаквахелатів на сомітогенез, ріст та розвиток ембріонів. Отже, оцінка ефективності обробки інкубаційного яйця перепелів наноаквахелатами селену, германію та їх комплексу на ранньому етапі ембріогенезу дає змогу прогнозувати ефективність застосування певних доз препаратів.

Надалі ми вивчали вплив різних доз наноаквахелатів селену та германію на ріст перепелиних ембріонів на 9-ту і 15-ту добу інкубації. Встановлено, що на 9-ту добу інкубації на ембріонах перепелів усіх варіантів візуалізувались ознаки розвитку в межах фізіологічної норми. Проте у II дослідному варіанті за обробки наноаквахелатом селену (0,05 мкг/кг), германію (5,0 мкг/кг) та їх комплексної дії ембріони перепелів були візуально більш розвиненими, ніж у контролі. Маса яєць на 9-ту добу інкубації в усіх варіантах вірогідно не відрізнялася, проте стала меншою, ніж при закладанні в інкубатор (табл. 2). Це, по-перше, вказує на втрати вологи через випаровування, а по-друге, свідчить про те, що ембріони використовують кисень і виділяють через пори вуглекислий газ [17]. Внаслідок цих процесів маса яйця перепелів

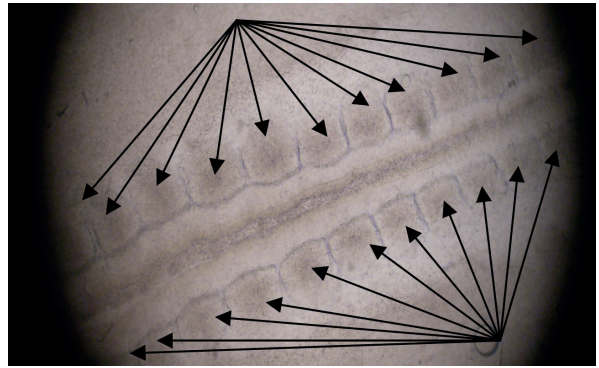
**Таблиця 1. Показники диференційованих пар сомітів, які сформувалися на 38-му годину інкубації за впливу наноаквахелатів ( $M\pm m$ ,  $n=5$ )**

Наноаквахелати	Доза, мкг/кг	Кількість пар сомітів
Контроль	–	9,2±0,37
Селен	0,01	9,0±0,32
	0,05	11,0±0,32**
	0,1	7,4±0,24**
	2,5	9,4 ± 0,24
Германій	5,0	11,6 ± 0,20***
	7,5	8,0 ± 0,32*
	Комплекс	0,05+5,0

Примітка: у цій і наступній таблиці \*  $P<0,05$ ; \*\*  $P<0,01$ ; \*\*\*  $P<0,001$  порівняно з контролем.



а



б

Мікрофотографія (збільшення у 24 рази) ембріона перепела на 38-му годину інкубації при введенні наноаквахелату селену (0,1 мкг/кг) (а) та наноаквахелату селену (0,05 мкг/кг) і германію (5 мкг/кг) (б), кількість сформованих пар сомітів 7 і 11 відповідно

зменшується, що відображає нормальний розвиток ембріонів [18]. Маса шкаралупи та алантоїсу в усіх варіантах вірогідно не відрізнялася від контролю, проте маса ембріонів

зазнала суттєвих змін. Зокрема, в I варіанті вона практично була рівна контролю. У II дослідному варіанті виявлено позитивний вплив на ріст і розвиток ембріонів за масою,

**Таблиця 2. Аналіз ембріонального розвитку перепелів на 9-ту та 15-ту добу інкубації за впливу наноаквахелатів селену, германію та їх комплексу (M±m, n=5)**

Наноаквахелати	Доза, мкг/кг	Середня маса, г				
		яєць	шкаралупи	ембріонів	алантоїсу	печінки
<b>9-та доба</b>						
Контроль	–	13,22±0,17	2,04±0,03	1,14±0,02	2,51±0,03	0,04±0,01
	0,01	13,26±0,09	2,05±0,03	1,13±0,01	2,56±0,07	0,04±0,01
Селен	0,05	13,19±0,11	2,01±0,01	1,41±0,07**	2,45±0,03	0,05±0,01
	0,1	13,33±0,11	2,09±0,05	0,91±0,02**	2,70±0,04	0,05±0,01
	2,5	13,11±0,16	2,03±0,03	1,20±0,03	2,62±0,06	0,04±0,01
Германій	5,0	13,12±0,15	2,03±0,02	1,46±0,02**	2,51±0,02	0,05±0,01
	7,5	13,40±0,08	2,07±0,04	1,01±0,02**	2,71±0,04	0,04±0,01
Комплекс	0,05+5,0	13,08±0,04	2,03±0,02	1,49±0,02**	2,43±0,03	0,04±0,01
<b>15-та доба</b>						
Контроль	–	13,24±0,06	1,95±0,03	4,93±0,02	1,06±0,01	0,07±0,01
	0,01	13,14±0,02	1,92±0,04	4,99±0,11	1,11±0,04	0,07±0,01
Селен	0,05	13,12±0,01	1,84±0,04	5,06±0,03*	0,91±0,03*	0,09±0,01
	0,1	13,38±0,02	1,97±0,03	4,80±0,04*	1,5±0,0**	0,07±0,01
	2,5	13,15±0,11	1,94±0,01	4,96±0,02	1,12±0,04	0,07±0,01
Германій	5,0	13,00±0,03	1,87±0,03	5,16±0,02*	0,93±0,03*	0,09±0,01
	7,5	13,39±0,07	1,99±0,02	4,86±0,02*	1,3±0,05**	0,08±0,01
Комплекс	0,05+5,0	12,9±0,04*	1,88±0,02	5,34±0,07**	0,89±0,04*	0,09±0,01

яка за впливу наноаквахелату селену (0,05 мкг/кг) була на 23,6 % ( $P < 0,01$ ) та германію (5,0 мкг/кг) – на 28 % вищою порівняно з контролем. У III варіанті маса ембріона зменшилася за впливу сполуки селену на 20,2 % ( $P < 0,01$ ), а германію – на 11,5 % порівняно з контролем. Це, можливо, свідчить, що дози селену (0,1 мкг/кг) і германію (7,5 мкг/кг) негативно впливають на повноцінний розвиток перепелиних ембріонів. При використанні комплексу маса яйця, шкаралупи, алантоїсу та печінки не відрізнялася від контролю, а ембріонів – вірогідно збільшилася на 30,7 %. Це говорить про його вплив на ріст і розвиток ембріонів. На 15-ту добу інкубації візуально встановили, що розвиток ембріонів відповідає віковій нормі. Проте він був найбільш вираженим за обробки наноаквахелатами селену (0,05 мкг/кг), германію (5,0 мкг/кг) та їх комплексу в оптимальній дозі.

Аналіз ембріонального розвитку перепелів на 15-ту добу інкубації показав (див. табл. 2), що вплив наноаквахелатів селену і германію залежить від їх дози. Зокрема, маса яєць в I дослідному варіанті не мала достовірної різниці з контролем як за впливу германію, так і селену. У II дослідному варіанті за дії наноаквахелатів цей показник мав тенденцію до зменшення порівняно з контролем. В останній період інкубації збільшувалася пористість шкаралупи у зв'язку з розпадом солей кальцію, що входять до її складу. Вона забезпечує випаровування вологи та активний газообмін між ембріоном і зовнішнім середовищем. Причиною зменшення маси перепелиних яєць під час інкубації є також збільшення температури всередині яйця у кінці ембріонального розвитку, а також розщеплення ліпідів, які сприяють зростанню вмісту метаболічної води, що випаровується [7, 18]. У III дослідному варіанті маса яєць мала тенденцію до збільшення як за впливу аквахелату селену, так і германію порівняно з контролем, що свідчить про зниження інтенсивності процесів метаболізму. За комплексної дії наноаквахелатів селену і германію

цей показник був вірогідно меншим на 2,6 % порівняно з контролем. Однак маса шкаралупи в усіх дослідних варіантах не зазнала суттєвих змін. Аналізуючи масу ембріонів (див. табл. 2) слід відмітити, що наноаквахелати селену і германію не впливали на неї у I дослідному варіанті, а в II – вона вірогідно збільшувалася на 2,6 та 4,6 %, відповідно. Проте в III варіанті дія селену і германію призвела до зменшення маси ембріонів перепелів на 2,6 і 1,4 % ( $P < 0,05$ ) відповідно, що свідчить про негативний вплив вказаних доз препаратів. При введенні комплексу маса ембріонів вірогідно збільшилася на 8,6 % порівняно з контролем.

У I дослідному варіанті маса алантоїсу не відрізнялася від контролю, а у II – зменшилася на 14,2 і 12,3 % ( $P < 0,05$ ) відповідно, що вказує на інтенсивніший розвиток ембріонів. У III варіанті встановили вірогідне збільшення цього показника за впливу наноаквахелатів селену на 41,5 % і германію – 22,6 %. Це вказує на затримку розвитку ембріонів. За комплексного застосування наноаквахелатів нами відмічено достовірне зменшення маси алантоїсу на 16,1 % порівняно з контролем. Маса печінки у всіх дослідних варіантах та контролі була майже однаковою.

Таким чином, наноаквахелатні форми германію та селену проявляють виражену імунотропну та антиоксидантну дію, що особливо помітно за їх комплексного застосування для обробки перепелиних яєць у період інкубації. Це пояснюється значною біологічною активністю вказаних елементів і їх взаємодоповненням, що проявляється впливом на різні функціональні системи організму [7, 12–14, 19].

## ВИСНОВКИ

Обробка інкубаційних яєць наноаквахелатами селену (0,05 мкг/кг), германію (5,0 мкг/кг) та їх комплексом позитивно впливає на ріст і розвиток перепелиних ембріонів. Це характеризується збільшенням на 38-му го-

дину кількості диференційованих пар сомітів (на 19,5; 26,0; та 30,4 % відповідно), зростанням маси ембріонів на 9-ту (на 23,6; 28,0 та 30,7 % відповідно) і 15-ту доби інкубації (на 2,6; 4,6 та 8,6 % відповідно). Цьому сприяє вища інтенсивність обмінних процесів, у результаті чого, ймовірно, посилюється диференціація тканин та органів ембріонів перепелів.

*The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.*

**Н. П. Нищенко, В. О. Трокоз,  
О. А. Порошинская, Л. С. Стовбецкая,  
А. В. Емельяненко, А. А. Емельяненко**

### **ВЛИЯНИЕ НАНОАКВАХЕЛАТОВ СЕЛЕНА, ГЕРМАНИЯ И ИХ КОМПЛЕКСА НА ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ПЕРЕПЕЛОВ**

Исследовали влияние наноаквахелатов селена, германия и их комплекса на эмбриональное развитие перепелов при инкубационной обработке яиц. Для оценки результатов экспериментов из инкубаторов в одно и то же время через 38 ч., 9 и 15 сут. извлекали по 5 яиц с каждого варианта инкубации (3 варианта, по 150 яиц). Установлено положительное влияние на эмбриональное развитие перепелов наноаквахелатов селена в дозе 0,05 мкг/кг, германия – 5,0 мкг/кг и их комплекса. Обработка перепелиных яиц во время инкубации наноаквахелатами увеличивает количество дифференцированных пар сомитов на 26,0 %. В дальнейшем рост и развитие перепелиных эмбрионов усиливается на 23,6 % при действии наноаквахелата селена, а германия – на 28,0 %. Комплекс наноаквахелатов способствует увеличению массы эмбрионов перепелов на 30,7 % по сравнению с контролем. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о стимулирующем влиянии наноаквахелата селена на обменные процессы в перепелиных эмбрионах и их антиоксидантную защиту. Германий дополняет это действие и способствует повышению иммунореактивности еще во время эмбрионального периода развития птицы.

Ключевые слова: перепела; яйца; эмбрионы; инкубация; дифференцированные пары сомитов; наноаквахелаты селена и германия; комплекс наноаквахелатов.

**N. P. Nischemenko<sup>1</sup>, V. O. Trokoz<sup>2</sup>,  
O. A. Poroshynska<sup>1</sup>, L. S. Stovbecka<sup>1</sup>,  
A. V. Emelynenko<sup>1</sup>, A. A. Emelynenko<sup>1</sup>**

### **THE INFLUENCE OF NANOQUACHELATES OF SELENIUM, GERMANIUM AND THEIR COMPLEX ON THE EMBRYONIC DEVELOPMENT OF QUAILS**

We investigated the influence of treatment of eggs by nanoaquachelates of selenium, germanium and their complexes on embryonic development of quails. To evaluate the results of the incubation studies at the 38th hour, 9th and 15th day, five eggs were taken from each incubation variant (3 variants, for 150 eggs). Positive effect on the embryonic development of quail of selenium nanoaquachelatae in a dose of 0.05 µg/kg, germanium – 5.0 µg/kg and their complexes were established. Treatment of quail eggs with nanoaquachelates increased the number of differentiated pairs of somites by 26.0 %. The growth and development of quail embryos increased by 23.6% following exposure to selenium nanoaquachelate, and under the influence of germanium in the dose of 5.0 µg/kg – by 28.0 %. The complex of nanoaquachelates contributed to an increase in the mass of embryos by 30.7 % compared with control. Thus, the obtained results indicate for the stimulating effect of selenium nanoaquachelatae on metabolic processes in quail embryos and their antioxidant protection. Germanium promotes immunoreactivity during the embryonic period of development of birds.

Key words: quail; eggs; embryos; incubation; differentiated somites vapor; Selenium and Germanium nanoaquachelatae; a complex of nanoaquachelatae.

*Bila Tserkva National Agrarian University, e-mail: nick.physiol@gmail.com;  
National University of Bioresources of Ukraine, Kiev, e-mail: trokoz@nubip.edu.ua*

### **REFERENCES**

1. Nishchemenko MP, Stovbetskaya LS, Samoray MM. Peculiarities of changes in the indexes of protein metabolism in quail when using lysine, methionine and threonine. Scientific Bull of Lviv National Stepan Gzhytsky University of Vet Med Biotechnol. 2014; 16, 2 (59): 251-7. [Ukrainian].
2. Groza VI. Improvement of technological methods of production of quail production [printed author's abstract]. Mykolaiv National Agrarian University; 2016. [Ukrainian].
3. Slobodyanyuk NM. Effect of feeding in terms quail egg quality. Tvarynnyctvo Ukrainy. 2013; 9: 33-6. [Ukrainian].
4. Bilokin OV, Karpovsky VI, Trokoz VO, Krivoruchko DI, Antrapitseva NM. Immunological reactivity of the bird organism with application of the mineral feed supplement "Kormazinck-R". Scientific Bull of Lviv National Stepan Gzhytsky University of Vet Med Biotechnol. 2011; 13, 4 (50): 21-3. [Ukrainian].

5. Nischemenko NP, Trokoz VO, Poroshynska OA, Stovbecka LS, Emelynenko AA. Hematological and reproductive parameters of the quails under influence of amino acids and vitamin E complexes. *Fiziol Zh.* 2016; 63, 5: 34-40. [Ukrainian].
6. Tsubulin OS The effect of monochromatic electromagnetic radiation of the optical range on the quail's embryonic development and the state of its energy system. [printed author's abstract]. Bila Tserkva National Agrarian University; 2008. [Ukrainian].
7. Tsybulin OS, Melnichenko OP, Yakymenko IL, Nikitiuk DM. Methods of evaluation of embryonic development in poultry (under conditions of photoregulatory influence on embryogenesis): methodical recommendations for assessing the intensity of embryogenesis, the state of antioxidant and energy systems of poultry in laboratory and production conditions: 2007: 1-18. [Ukrainian].
8. Uvarova IV, Gorbik PP, Gorobec SV. Nanomaterials of medical purpose. *J Sci Thought.* 2014; 416. [Ukrainian].
9. Brich OI, Synetar EO, Kaplunenko VG. Prospects for the use of nanocarboxylic metals. *Ach Biol and Med.* 2015; 2 (26): 64-6. [Ukrainian].
10. Severian ES, Posinonova GA. New approaches to the effective delivery of antineoplastic drugs: cellular physiology and nanotechnology. *Fiziol Zh.* 2011; 57 (5): 73-4. [Ukrainian].
11. Boostani A, Asghar A, Sadeghi S, Mousavi N, Chamani M, Kashan N. The effects of organic, inorganic, and nano-selenium on blood attributes in broiler chickens exposed to oxidative stress. *Acta Sci Veterin.* 2015; 43: 1-6.
12. Kovalenko LV. Estimation of the stimulating action of germanium nanocarboxylic acids on the natural resistance of animals. *Sci Bull Nat Univ Life and Envir Sci Ukraine.* 2012; Exp. 172: 203-9. [Ukrainian].
13. Busol VO, Sitnik MG. Effect of the consumption of germanium and iron nanocarboxylates on the hematological and biochemical parameters of blood of broiler chickens. *Scientific papers of the Southern branch of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Crimean Agrotechnological University": Veterinary sci.* 2013; 151: 160-64. [Ukrainian].
14. Kovalenko LV. Comparative study of the influence of germanium and selenium nanoaqualates on the activity of lipoperoxidation processes in poultry. *J Vet Med.* 2012; 96: 293-94. [Ukrainian].
15. Sato K, Hoshino T, Mizuma Y, Nishida S. A series of normal stages in the early development of the Japanese quail, *Coturnix coturnix japonica* embryo. *Tohoku J Agric Res.* 1971; 22, 2: 80-96.
16. Saraswati TR. Development of Japanese Quail (*Coturnix Coturnix Japonica*) Embryo. *Internat. J Sci Eng.* 2015; 8(1): 38-41.
17. Baidevljatova OM. The eggs shell as a bio-ceramic structure. *Problems of quality and modern approaches to treatment of incubation eggs. Poultry. Farming: Intersect. Thematic sciences save.* 2010; 65: 200.
18. Gahri H, Najafi G, Deldar F. Effect of egg weight of broiler breeder on egg characteristics and hatchery performance. *Int J Biosci.* 2015; 6(5) : 42-48.
19. El-Deep MH, Ijiri D, Ebeid TA, Ohtsuka A. Effect of dietary nano-selenium supplementation on growth performance, antioxidant status and immunity in broiler chicken under thermo neutral and high ambient temperature conditions. *J Poultry Sci.* 2016; 53 (4): 274-83.

*Матеріал надійшов до редакції 15.11.2018*