



УДК 619:616.5:636.6:612-017

## Вплив комплексу наноаквахелатів селену і германію на гуморальний імунітет в організмі перепелів

Ємельяненко А.А., Шмаюн С.С., Ніщеменко М.П. ,  
Ємельяненко О.В., Порошинська О.А., Стовбецька Л.С.,  
Козій В.І. 

Білоцерківський національний аграрний університет



Ємельяненко А.А., БНАУ, м. Біла Церква, Соборна площа, 8/1. E-mail: alla.emelyanenko@btsau.edu.ua



Ємельяненко А.А., Шмаюн С.С., Ніщеменко М.П., Ємельяненко О.В., Порошинська О.А., Стовбецька Л.С., Козій В.І. Вплив комплексу наноаквахелатів селену і германію на гуморальний імунітет в організмі перепелів. Науковий вісник ветеринарної медицини, 2020. № 1. С. 88–95.

Jemel'janenko A.A., Shmajun S.S., Nishhemenko M.P., Jemel'janenko O.V., Poroshyn'ska O.A., Stovbec'ka L.S., Kozij V.I. Vplyv kompleksu nanoakvahelativ selenu i getmaniju na gumoral'nyj imunitet v organizmi perepeliv. Naukovyj visnyk veterynarnoi medycyny, 2020. № 1. PP. 88–95.

Рукопис отримано: 26.02.2020р.

Прийнято: 16.03.2020р.

Затверджено до друку: 21.05.2020р.

doi: 10.33245/2310-4902-2020-154-1-88-95

Наведено результати досліджень щодо впливу наноаквахелатів селену і германію в комплексі на вміст імуноглобулінів та циркулюючих імунних комплексів в організмі перепелів. Встановлено, що рівень імуноглобулінів і їх класів є основним показником стану гуморального імунітету.

За результатами досліджень встановлено, що у однодобових перепелів вміст класів імуноглобулінів А, М, G у сироватці крові становив  $0,80 \pm 0,03$ ;  $0,30 \pm 0,01$  та  $5,82 \pm 0,06$  мг/мл, що відповідно на 31,1; 20,0 та 6,0 % більше порівняно з контрольною групою.

При цьому в п'ятидобовому віці перепелів у сироватці крові вміст IgA становив  $0,84 \pm 0,02$  мг/мл, IgM –  $0,54 \pm 0,03$  мг/мл та IgG –  $6,87 \pm 0,04$  мг/мл, що більше відповідно на 29,2; 42,1 та 5,0 %, порівняно з контрольною групою.

Під час дослідження сироватки крові перепелів за вмістом циркулюючих імунних комплексів (ЦК) відмічено, що в 1- та 5-добовому віці в дослідних групах вміст середньомолекулярних ЦК був порівняно з контролем достовірно меншим, відповідно у 1,5 та 1,6 рази. Вміст низькомолекулярних ЦК у сироватці крові перепелів як в однодобовому віці, так і через чотири доби вірогідно зменшився, порівняно з контрольною групою, відповідно у 2 та 1,1 рази. Це, ймовірно, характеризує загальну ефективність і збалансованість реакцій імунної системи за впливу наноаквахелатів селену і германію в оптимальних дозах, відповідно 0,05 та 5,0 мкг/кг, які проявляють позитивний вплив на імунітет перепелів у ранньому постембріональному періоді.

Отже, застосування комплексу наноаквахелатів селену та германію має взаємодоповнюючу дію та сприяє збільшенню імунореактивності молодяку шляхом підтримання активності імунної системи.

**Ключові слова:** наноаквахелат селену, наноаквахелат германію, перепілки, імуноглобуліни, імунітет.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** На основі огляду наукових публікацій коротко описані основні біологічні характеристики перепелів, які свідчать про перспективність їх розведення як цінного джерела делікатесних і лікувально-дієтичних

продуктів харчування [1–3]. Відомо, що перепелів використовують не лише для отримання продукції (м'яса, яєць), але й як лабораторну птицю, як модель для наукових досліджень з генетики, ендокринології, ембріології та фізіології [4–6].

Погіршення екологічної ситуації, збільшення кількості технологічних стрес-факторів, вплив природних і антропогенних чинників обумовлюють причину зниження імунореактивності організму птиці [7], розвитку імунodefіцитних станів та зниження рівня антиоксидантного захисту організму птиці в ембріональному періоді його розвитку та ранньому постембріональному онтогенезі, коли відбувається закладання захисних систем організму [8].

На сучасному етапі розвитку птахівництва однією з головних проблем цієї галузі є підвищення виводимості, життєздатності та імунітету птиці [9]. Одним з індикаторів імунного захисту є показник рівня імуноглобулінів. Визначення основних класів імуноглобулінів в сироватці крові птиці дозволяє отримувати інформацію про стан гуморального імунітету [10, 11].

Однією з біологічних функцій імуноглобулінів є нейтралізація антигенів з утворенням циркулюючих імунних комплексів. Це фізіологічний процес, який здійснюється в організмі тварин і птиці та спрямований на підтримку захисних функцій. Підвищення здатності організму виробляти імуноглобуліни збільшує його захисні можливості, в результаті чого спостерігається зростання пристосованості організму до різних чинників середовища, що забезпечує поліпшення продуктивних якостей і збереженість сільськогосподарської птиці [12–15].

Значна кількість препаратів, які використовують у птахівництві з метою стимуляції обмінних процесів, антиоксидантного, вітамінного, імунного статусу організму мають різне походження. Деякі з них відзначаються побічними ефектами та певною токсичністю, а також потребують тривалого застосування [16].

На сьогодні в Україні та світі широко впроваджують нанотехнології і наноматеріали, які стрімко ввійшли в життя людства, зокрема у сільськогосподарське виробництво, що дає змогу забезпечити належний імунний та антиоксидантний захист стад птиці, біобезпеку виробництва продукції птахівництва та одержати продукцію високої якості [17,18].

У зв'язку із зазначеним вище, досить актуальним є вивчення впливу комплексу наноаквахелатів селену, германію на показники імунної реактивності організму птиці.

**Мета дослідження** – встановити вплив наноаквахелатів селену і германію в комплексі на динаміку вмісту імуноглобулінів та циркулюючих імунних комплексів в організмі перепелів.

**Матеріал і методи дослідження.** Експерименти проводили в науково-дослідній лабораторії кафедри нормальної та патологічної

фізіології тварин Білоцерківського національного аграрного університету. Для дослідження використовували перепелів (*Coturnix coturnix japonica*) 1–5-добового віку, породи фараон, м'ясного напрямку продуктивності. Параметри мікроклімату приміщення, де утримували птицю, відповідали зоогігієнічним нормам і були ідентичними для птиці усіх груп.

Під час проведення дослідження використовували інкубаційну обробку яєць, на добре прогрітій ембріон, який знаходився у стадії гастрюляції, тобто через 2 години після закладки на інкубацію, а потім за добу до критичних періодів: 9-та доба – замикання алантоїсу, 11-та доба – перехід на білкове живлення, 13-та доба – швидкий ріст постійних органів, 15-та доба – початок прокльовування, 17-та доба – вивід молодняку. При цьому обробку проводили в один і той же час, а кількість наноаквахелатів селену і германію у різних дозах становила 30 мл. Контроль обробляли дистильованою водою. Така кількість необхідна для того, щоб вся поверхня яєць була рівномірно зволожена. Для зрошення використовували спеціальні обприскувачі.

Для проведення досліджень сформовано дослідну і контрольну групи по 5 перепелів у кожній. Яйця птиці дослідної групи в період інкубації обробляли наноаквахелатним розчином селену та германію, в комплексі, у дозі 0,05 для селену та 5,0 для германію мкг/кг яєць.

Методом отримання наночасток металів селену і германію є застосування ерозійно-вибухової нанотехнології, розробленої на основі нового фізичного явища. Отримані наноматеріали є висококоординаційними аніоноподібними аквахелатами нанометалів. Гідратовані наночастки металів є аналогами комплексних сполук, що складаються з комплексоутворювача, яким є одна або декілька наночасток, що мають поверхневий електричний заряд, і лігандів, у якості яких використовуються молекули води. Поверхневий електричний заряд у наночастинці утворюють в результаті вибухово-електронної емісії з поверхні провідника при ерозивно-вибуховому диспергуванні металу. Суміш колоїдів металів представляє собою двокомпонентну систему з деіонізованою водою та часток металів у нанорозмірному стані (1,0–50,0 нм) зі слабкою кислотою реакцією (рН 6,7–6,9) та вмістом металів від 100 мг/л. Отриманий фізичним методом, даний колоїд значно відрізняється від колоїдів Se, Ge отриманих хімічним або електролізним способом, де іони металів діють токсично і тому використовуються досить обмежено [19, 20]. Розчини наноаквахелатів селену і германію були

виготовлені в м. Київ ТОВ "Наноматеріали і нанотехнології" і повністю готові до використання.

Для проведення біохімічних досліджень матеріал відбирали у добового та 5-добового молодняку перепелів. Для досліджень взято по 5 перепелів з кожної групи в один і той же час доби для виключення коливань фізіологічно-біохімічних параметрів. Кров відбирали після декапітації птиці під етерним наркозом, а матеріалом для дослідження слугувала сироватка крові.

Гуморальний імунітет оцінювали за вмістом у сироватці крові циркулюючих імунних комплексів, рівнем загальних імуноглобулінів та їх класів IgM, IgG, IgA.

Вміст в сироватці крові перепелів циркулюючих імунних комплексів (ЦІК) визначали за допомогою тест-системи фірми «Гранум» м. Харків. Принцип методу полягає у зміні величини світлового розсіювання розчину поліетиленгліколю внаслідок осадження ним ЦІК із сироватки крові і визначали спектрофотометрично за довжини хвилі 450 нм оптичної щільності проти контролю.

Загальну кількість імуноглобулінів в сироватці крові визначали за реакцією з натрію сульфідом. Принцип методу полягає в тому, що у процесі взаємодії сироватки крові, яка містить імуноглобуліни, з розчином натрію сульфідом змінюється структура білкових молекул і розчин мутніє, а інтенсивність помутніння пропорційна концентрації імуноглобулінів. Визначали на спектрофотометрі за довжини хвилі 400 нм.

Класи імуноглобулінів (IgA, IgM, IgG) в сироватці крові перепелів досліджували за допомогою тест-системи фірми «Гранум» м. Харків. Відповідно до інструкції з тест-системи на «Вошер», «Інкубатор-шейкер», «Рідер» марки StatFax, «Мікроцентрифуга-стушувач».

**Результати дослідження.** За даними таблиці 1 після обробки наноаквахелатами селену і германію в дозах 0,05 та 5,0 мкг/кг вміст загальних імуноглобулінів в сироватці крові перепелів 1-добового віку був  $7,46 \pm 0,11$  мг/мл, що на 11,5 % ( $p < 0,05$ ) більше ніж у контролі. На п'яту добу вміст загальних імуноглобулінів у дослідній групі збільшився на 16,6 % і становив  $8,70 \pm 0,12$  мг/мл, що на 10,3 % більше ніж у контролі ( $p < 0,05$ ). Це, ймовірно, можна пояснити особливістю імуномодулюючого впливу комплексної дії наноаквахелатів Se і Ge на показники специфічного захисту організму перепелів, оскільки надзвичайно важливим аспектом забезпечення високого рівня імунореактивності перепелят в період раннього постембріонального періоду є підтримання активності імунної та антиоксидантної систем.

Також встановлено, що у однодобових перепелів вміст класів імуноглобулінів А, М, G у сироватці крові становив  $0,80 \pm 0,03$ ;  $0,30 \pm 0,01$  та  $5,82 \pm 0,06$  мг/мл, що на 31,1 % ( $p < 0,01$ ), 20,0 та 6,0 % ( $p < 0,05$ ) відповідно більше, порівняно з контрольною групою ( $p < 0,01$ ).

При цьому в п'ятидобовому віці перепелів у сироватці крові вміст класів IgA становив  $0,84 \pm 0,02$  мг/мл, IgM  $0,54 \pm 0,03$  мг/мл та IgG –  $6,87 \pm 0,04$  мг/мл, що більше на 29,2; 42,1 ( $p < 0,01$ ) та 5,0 % ( $p < 0,05$ ) відповідно, порівняно з контрольною групою, оскільки імуноглобуліни є кінцевими продуктами В-клітин, а визначення їх вмісту в крові птиці дозволяє оцінити В-систему імунітету, як з кількісної, так і функціональної сторони [21]. Виявлене нами збільшення концентрації окремих класів імуноглобулінів у сироватці крові перепелів дослідної групи також свідчить про стимулюючий вплив специфічних імуноглобулінів на антитілогенез за комплексного впливу наноаквахелатів селену і германію в оптимальних дозах.

Таблиця 1 – Динаміка вмісту загальних імуноглобулінів (мг/мл), їх класів (Ig A, Ig M, Ig G) та циркулюючих імунних комплексів (од. опт. щільн.) у сироватці крові перепелів за комплексного впливу наноаквахелатів селену і германію, (n=5)

Показник	Перепели однодобового віку		Перепели п'ятидобового віку	
	Група			
	дослідна	контроль	дослідна	контроль
Загальні імуноглобуліни	$7,46 \pm 0,11^*$	$6,60 \pm 0,20$	$8,70 \pm 0,12^*$	$7,80 \pm 0,12$
IgM	$0,30 \pm 0,01^*$	$0,25 \pm 0,01$	$0,54 \pm 0,03^*$	$0,38 \pm 0,01$
IgG	$5,82 \pm 0,06^*$	$5,49 \pm 0,05$	$6,87 \pm 0,04^{**}$	$6,54 \pm 0,05$
IgA	$0,80 \pm 0,03^{**}$	$0,61 \pm 0,04$	$0,84 \pm 0,02^{**}$	$0,65 \pm 0,02$
ЦІК:				
Середньомолекулярні	$0,09 \pm 0,01^{**}$	$0,14 \pm 0,01$	$0,56 \pm 0,05^{**}$	$0,90 \pm 0,08$
Низькомолекулярні	$1,36 \pm 0,05^{**}$	$1,66 \pm 0,05$	$2,46 \pm 0,05^*$	$2,76 \pm 0,07$

Примітка: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ; порівняно з контрольною групою.

Згідно з літературними даними встановлено, що утворення і наявність ЦІК в рідинах організму – це один з проявів імунної відповіді організму на надходження антигенів та є важливим чинником, що забезпечує імунітет [22, 23]. У наших експериментах було відмічено, що в сироватці крові перепелів 1- та 5-добового віку в дослідних групах вміст середньомолекулярних ЦІК був порівняно з контролем достовірно менше у 1,5 та 1,6 рази ( $p < 0,01$ ). Вміст низькомолекулярних ЦІК у сироватці крові перепелів як в однодобовому віці, так і через чотири доби вірогідно зменшився, порівняно з контрольною групою, у 2 ( $p < 0,01$ ) та 1,1 ( $p < 0,05$ ) рази. Це, ймовірно, характеризує загальну ефективність і збалансованість реакцій імунної системи за впливу наноаквахелатів селену і германію в оптимальних дозах 0,05 та 5,0 мкг/кг, які справляють позитивний вплив на імунітет перепелів в ранньому постембріональному періоді.

#### **Обговорення результатів дослідження.**

Чинники зовнішнього та внутрішнього середовища організму досить істотно впливають на імунореактивність і реактивність організму птиці в цілому в ранній постембріональний період розвитку. У результаті аналізу імуностимулюючої дії наноаквахелатів селену, германію та їх комплексного застосування в оптимальних дозах на показники гуморального імунітету, встановили позитивний стимулюючий вплив на імунітет, що свідчить про посилений захист організму птиці в критичні періоди її росту та розвитку.

На думку S. Nassan та співавт. [24], нанотехнології мають значний потенціал застосування у різних сферах діяльності людини. Особливо велике значення може мати їх використання у тваринництві. Автори наголошують, що не зважаючи на досить невеликі дози мікроелементів у раціонах продуктивних тварин, залишається відкритим питання їх біологічної доступності та ефективності. Нанотехнології дозволяють вирішувати ці питання за рахунок впливу на фізичні і хімічні властивості речовин. Так, зменшення розміру часток речовини приводить до збільшення площі активної поверхні, тобто біологічної активності. У зв'язку з цим вивчення потенційних можливостей використання нанотехнологій у продуктивному тваринництві і птахівництві є важливим завданням сучасної науки. Автори особливо наголошують на важливості вивчення ефективності наноаквахелатів у різних видів продуктивної птиці.

Так, згідно з даними A.P. Del Vesco та співавт. [25], використання селену перепелам

сприяло активації ензимів маркерів стресу, що на думку авторів свідчить про підвищення антиоксидантних властивостей організму за рахунок активації експресії відповідних генів. Інші автори [26] відмічають значне підвищення продуктивності перепелів за згодовування Селену, особливо в період холодового стресу. Sahin K. та співавт. [27, 28] вказують на здатність Селену нівелювати негативний вплив підвищеної температури на перепелів та покращувати перетравність кормів за його згодовування.

Biswas A. та співавт. [9] встановили, що додавання Селену в раціон перепелів позитивно впливає на їх імунну реактивність, але не підвищує продуктивні якості птиці.

Результати досліджень отримані M. Baylan та співавт. [29] свідчать про те, що засвоєність Селену залежить від виду корму, а також тривалості та умов його зберігання.

Оцінку функціонального стану імунної системи в період раннього постембріонального періоду розвитку перепелів проводили за вмістом загальних імуноглобулінів. Комплексне застосування в оптимальних дозах наноаквахелатів селену і германію у дослідній групі сприяло збільшенню вмісту загальних імуноглобулінів у сироватці крові перепелів в добовому та 5-добовому віці на 13,0–11,5 %, порівняно з контролем. Такі зміни вмісту загальних імуноглобулінів у сироватці крові перепелів, ймовірно, є свідченням активізуючої дії аквахелатів на стан специфічної імунореактивності організму птиці.

Аналізуючи отримані результати слід відмітити, що різні дози селену і германію по різному впливають на вміст IgM, G та A. Комплексне застосування наноаквахелатів селену та германію в оптимальних дозах сприяло зростанню у перепелів однодобового віку вмісту класів IgM, G, A на 20,0; 6,0 та 31,1 %, відповідно, порівняно з контролем ( $p < 0,01$ ). Отже, можна висловити припущення, що виявлене нами збільшення концентрації окремих класів імуноглобулінів у сироватці крові перепелів дослідної групи свідчить про стимулюючий вплив наноаквахелатів селену і германію в оптимальних дозах.

Важливим показником, який свідчить про підвищення реактивності імунної системи є вміст циркулюючих імунних комплексів в сироватці крові птиці. Комплексне застосування наноаквахелатів селену та германію в оптимальних дозах перепелам добового та 5-добового віку сприяло зменшенню вмісту середньомолекулярних ЦІК у 1,5 та 1,6 рази ( $p < 0,01$ ), порівняно з контролем. Вміст низькомолекулярних циркулюючих імунних комплексів у



сироватці крові перепелів як в однодобовому віці, так і через чотири доби, також вірогідно зменшився порівняно з контролем у 2,0 ( $p < 0,01$ ) та 1,1 ( $p < 0,001$ ) рази. Це, ймовірно, характеризує загальну ефективність і збалансованість реакцій імунної системи за впливу наноаквахелатів селену і германію в оптимальних дозах 0,05 та 5,0 мкг/кг, які позитивно впливають на імунореактивність перепелів в ранньому постембріональному віці.

**Висновки.** Таким чином, за аналізу змін показників гуморального імунітету перепелів у період раннього постембріонального періоду розвитку (на 1-шу та 5-ту добу життя), можна зробити висновок, що комплексне застосування наноаквахелатів Se та Ge сприяло вірогідному зростанню вмісту класів імуноглобулінів А, М, G у сироватці крові птиці. Це, ймовірно, можна пояснити особливістю імуномодуючого впливу комплексної дії наноаквахелатів селену і германію на показники специфічного захисту та імунопоезу в організмі перепелів в ранньому періоді розвитку.

**Відомості про дотримання біоетичних норм.** Експериментальні дослідження проводили відповідно до закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» від 28.03.2006 р. та правил Європейської конвенції захисту хребетних тварин, які використовуються в експериментальних та інших наукових цілях від 13.11.1987 р.

**Відомості про конфлікт інтересів.** Автори статті Ємельяненко А.А., Шмаюк С.С., Ніщенко М.П., Ємельяненко О.В., Порошинська О.А., Стовбецька Л.С., Козій В.І. «Вплив наноаквахелатів селену і германію в комплексі на динаміку вмісту імуноглобулінів та циркулюючих імунних комплексів в організмі перепелів» стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їх вкладу та результатів дослідження. Матеріали статті можуть бути опубліковані.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Productivity and selenium concentrations in egg and tissue of laying quails fed selenium from hydroponically produced selenium-enriched kale sprout (*Brassica oleracea* var. *alboglabra* L.) / O. Chinrasri et al. *Biol Trace Elem Res.* 2013 Dec. Vol. 155(3). P. 381–386. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-013-9824-3>.
2. Abedi P., Tabatabaei Vakili S., Mamouei M., Aghaei A. Effect of different levels of dietary vitamin E on reproductive and productive performances in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Vet Res Forum.* 2017. Vol. 8(4). P. 353–359. PubMed PMID: 29326796.
3. Levels of supplementation of inorganic selenium and vitamin E for meat quail aged 0 to 14 and 14 to 35 days / V. Zancanela et al. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2018. Apr. Vol. 102(2). P. 918–930. Doi: <https://doi.org/10.1111/jpn.12857>.
4. Kowalczyk A.M., Klećkowska-Nawrot J., Łukasiewicz E.T. Effect of selenium and vitamin E addition to the extender on liquid stored capercaillie (*Tetrao urogallus*) semen quality. *Reprod Domest Anim.* 2017. Aug. Vol. 52(4). P. 603–609. Doi: <https://doi.org/10.1111/rda.12955>.
5. Biswas A., Mohan J., Mandal A.B., Lal N. Semen characteristics and biochemical composition of cloacal foam of male Japanese quails (*Coturnix coturnix Japonica*) fed diet incorporated with selenium. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2017. Apr. Vol. 101(2). P. 229–235. Doi: <https://doi.org/10.1111/jpn.12557>.
6. Anan Y., Ohbo A., Tani Y., Ogra Y. Metabolic pathway of inorganic and organic selenocompounds labeled with stable isotope in Japanese quail. *Anal Bioanal Chem.* 2014. Dec. Vol. 406(30). P. 7959–7966. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00216-014-8260-3>.
7. Sahin N., Onderci M., Sahin K., Kucuk O. Supplementation with organic or inorganic selenium in heat-distressed quail. *Biol Trace Elem Res.* 2008. Jun. Vol. 122(3). P. 229–237. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-007-8075-6>.
8. The effect of cadmium in combination with zinc and selenium on ovarian structure in Japanese quails / P. Nad et al. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng.* 2007. Nov. Vol. 42(13). P. 2017–2022. PubMed PMID: 17990164.
9. Biswas A., Mohan J., Sastry K.V. Effect of higher levels of dietary selenium on production performance and immune responses in growing Japanese quail. *Br Poult Sci.* 2006. Aug. Vol. 47(4). P. 511–515. PubMed PMID: 16905478.
10. Welfare indicators for laying Japanese quails caged at different densities / D.F. Soares et al. *An Acad Bras Cienc.* 2018. Oct-Dec. Vol. 90(4). P. 3791–3797. Doi: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820180276>. PubMed PMID: 30517223.
11. Najdi S., Nikbakht Brujeni G., Sheikhi N., Chakhkar S. Development of anti-*Helicobacter pylori* immunoglobulins Y (IgYs) in quail. *Iran J Vet Res.* 2016. Spring. Vol. 17(2). P. 106–110. PubMed PMID: 27822235; PubMed Central PMCID: PMC5090139.
12. Effect of in ovo injection of threonine on immunoglobulin A gene expression in the intestine of Japanese quail at hatch / H. Kermanshahi et al. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2017. Feb. Vol. 101(1). P. 10–14. Doi: <https://doi.org/10.1111/jpn.12543>. Epub 2016 Jul 22. PubMed PMID: 27445232.
13. Maternally derived egg hormones, antibodies and antimicrobial proteins: common and different pathways of maternal effects in Japanese quail / M. Okuliarova et al. *PLoS One.* 2014. Nov. 12. Vol. 9(11): e 112817. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112817>. eCollection 2014. PubMed PMID: 25390303; PubMed Central PMCID: PMC4229250.
14. Use of egg yolk-derived immunoglobulin as an alternative to antibiotic treatment for control of *Helicobacter pylori* infection / J.H. Shin et al. *Clin Diagn Lab Immunol.* 2015. Sep. Vol. 9(5). P. 1061–1066.
15. Surai P.F., Karadas F., Pappas A.C., Sparks N.H. Effect of organic selenium in quail diet on its accumulation in tissues and transfer to the progeny. *Br Poult Sci.* 2006. Feb. Vol. 47(1). P. 65–72. PubMed PMID: 16546799.

16. Surai P.F., Pappas A.C., Villaverde C., Sparks N.H. Effect of organic selenium in the maternal diet on selenium concentration in tissues of newly hatched quail. *Br Poult Sci.* 2004. Apr. Vol. 45 Suppl 1. P. 57–58. PubMed PMID: 15222375.

17. Jakhar K.K., Sadana J.R. Sequential pathology of experimental aflatoxicosis in quail and the effect of selenium supplementation in modifying the disease process. *Mycopathologia.* 2004. Jan. Vol. 157(1). P. 99–109. PubMed PMID: 15008352.

18. Телятніков А.В. Вплив наночасток металів на гематологічні показники і строки загоєння при закритих переломах кісток у собак. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Ветеринарна медицина. 2014. Вип. 6. С. 81–84. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna\\_vet\\_2014\\_6\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_vet_2014_6_25)

19. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. 2-е изд., испр. Москва: Физматлит, 2009. 416 с.

20. Каплуненко В.Г., Косинов Н.В. Функциональные наноматериалы для биологии и медицины. Тезисы докладов Третьей Всероссийской конф. по наноматериалам «Нано – 2009». Екатеринбург, 2009. С. 758–760.

21. Макаров А.И., Порядин Г. В., Салмаси Ж.М. Механизмы регуляции экспрессии поверхностных структур дифференцированного лимфоцита. *Иммунология.* 2017. Т. 3. С. 4–8.

22. Стахович В.И. Диагностическая значимость физико-химических показателей циркулирующих иммунных комплексов при острых и хронических интоксикациях ксенобиотиками. Современные проблемы токсикологии. 2006. №1. С. 67–69.

23. Фролов В.М. Циркулирующие иммунные комплексы и фагоцитарная активность моноцитов у больных хроническим бронхитом при проведении дифференцированной иммунокоррекции. *Український пульмонологічний журнал.* 2003. №3. С. 28–30.

24. Hassan S., Hassan F.U., Rehman M.S. Nano-particles of Trace Minerals in Poultry Nutrition: Potential Applications and Future Prospects. *Biol Trace Elem Res.* 2019. Aug. 31. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01862-9>.

25. Effects of selenium supplementation on the oxidative state of acute heat stress-exposed quails / A.P. Del Vesco et al. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2017. Feb. Vol. 101(1). P. 170–179. Doi: <https://doi.org/10.1111/jpn.12437>.

26. Sahin N., Sahin K., Onderci M. Vitamin E and selenium supplementation to alleviate cold-stress-associated deterioration in egg quality and egg yolk mineral concentrations of Japanese quails. *Biol Trace Elem Res.* 2003. Winter. Vol. 96(1–3). P. 179–189. PubMed PMID: 14716097.

27. Sahin K., Kucuk O. Effects of vitamin E and selenium on performance, digestibility of nutrients, and carcass characteristics of Japanese quails reared under heat stress (34 degrees C). *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2001. Dec. Vol. 85(11–12). P. 342–348. PubMed PMID: 11906558.

28. Sahin K., Sahin N., Yaralioglu S., Onderci M. Protective role of supplemental vitamin E and selenium on lipid peroxidation, vitamin E, vitamin A, and some mineral concentrations of Japanese quails reared under heat stress. *Biol Trace Elem Res.* 2002. Jan. Vol. 85(1). P. 59–70. PubMed PMID: 11881799.

29. Baylan M., Canogullari S., Ayasan T., Copur G. Effects of dietary selenium source, storage time, and temperature on the quality of quail eggs. *Biol Trace Elem*

*Res.* 2011. Nov. Vol. 143(2). P. 957–964. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-010-8912-x>.

## REFERENCES

1. Chinrasri, O., Chantiratikul, P., Maneetong, S., Chookhampaeng, S., Chantiratikul, A. (2013). Productivity and selenium concentrations in egg and tissue of laying quails fed selenium from hydroponically produced selenium-enriched kale sprout (*Brassica oleracea* var. *alboglabra* L.). *Biol Trace Elem Res.* Dec. Vol. 155(3), pp. 381–386. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12011-013-9824-3>.

2. Abedi, P., Tabatabaei, Vakili S., Mamouei, M., Aghaei, A. (2017). Effect of different levels of dietary vitamin E on reproductive and productive performances in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Vet Res Forum.* Vol. 8(4), pp. 353–359. PubMed PMID: 29326796.

3. Zancanela, V., Furlan, A.C., Pozza, P.C., Marcato, S.M., Grieser, D.O., Stanquevis, C.E., Finco, E.M., Oliveira-Bruxel, T.M., Ferreira, M.F.Z. (2018). Levels of supplementation of inorganic selenium and vitamin E for meat quail aged 0 to 14 and 14 to 35 days. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* Apr. Vol. 102(2), pp. 918–930. Available at: <https://doi.org/10.1111/jpn.12857>.

4. Kowalczyk, A.M., Klećkowska-Nawrot, J., Łukaszewicz, E.T. (2017). Effect of selenium and vitamin E addition to the extender on liquid stored capercaillie (*Tetrao urogallus*) semen quality. *Reprod Domest Anim.* Aug. Vol. 52(4), pp. 603–609. Available at: <https://doi.org/10.1111/rda.12955>.

5. Biswas, A., Mohan, J., Mandal, A.B., Lal, N. (2017). Semen characteristics and biochemical composition of cloacal foam of male Japanese quails (*Coturnix coturnix Japonica*) fed diet incorporated with selenium. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* Apr. Vol. 101(2), pp. 229–235. Available at: <https://doi.org/10.1111/jpn.12557>.

6. Anan, Y., Ohbo, A., Tani, Y., Ogra, Y. (2014). Metabolic pathway of inorganic and organic selenocompounds labeled with stable isotope in Japanese quail. *Anal Bioanal Chem.* Dec. Vol. 406(30), pp. 7959–7966. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00216-014-8260-3>.

7. Sahin, N., Onderci, M., Sahin, K., Kucuk, O. (2008). Supplementation with organic or inorganic selenium in heat-distressed quail. *Biol Trace Elem Res.* Jun. Vol. 122(3), pp. 229–237. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12011-007-8075-6>.

8. Nad, P., Massanyi, P., Skalicka, M., Korenekova, B., Cigankova, V., Almasiova, V. (2007). The effect of cadmium in combination with zinc and selenium on ovarian structure in Japanese quails. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng.* Nov. Vol. 42(13), pp. 2017–2022. PubMed PMID: 17990164.

9. Biswas, A., Mohan, J., Sastry, K.V. (2006). Effect of higher levels of dietary selenium on production performance and immune responses in growing Japanese quail. *Br Poult Sci.* Aug. Vol. 47(4), pp. 511–515. PubMed PMID: 16905478.

10. Soares, D.F., Pizzolante, C.C., Duarte, K.M.R., Moraes, J.E., Budiño, F.E.L., Soares, W.V.B., Kakimoto, S.K. (2018). Welfare indicators for laying Japanese quails caged at different densities. *An Acad Bras Cienc.* Oct-Dec. Vol. 90(4), pp. 3791–3797. Available at: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820180276>. PubMed PMID: 30517223.

11. Najdi, S., Nikbakht, Brujeni G., Sheikhi, N., Chakhkar, S. (2016). Development of anti-Helicobacter

pylori immunoglobulins Y (IgYs) in quail. Iran J Vet Res. Spring. Vol. 17(2), pp. 106–110. PubMed PMID: 27822235; PubMed Central PMCID: PMC5090139.

12. Kermanshahi, H., Ghofrani, Tabari D., Khodam-bashi, Emami N., Daneshmand, A., Ibrahim, S.A. (2017). Effect of in ovo injection of threonine on immunoglobulin A gene expression in the intestine of Japanese quail at hatch. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). Feb. Vol. 101(1), pp. 10–14. Available at: <https://doi.org/10.1111/jpn.12543>. Epub 2016 Jul 22. PubMed PMID: 27445232.

13. Okuliarova, M., Kankova, Z., Bertin, A., Leterrier, C., Mostl, E., Zeman, M. (2014). Maternally derived egg hormones, antibodies and antimicrobial proteins: common and different pathways of maternal effects in Japanese quail. PLoS One. Nov. 12. Vol. 9(11), pp. 112817. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112817>. eCollection 2014. PubMed PMID: 25390303; PubMed Central PMCID: PMC4229250.

14. Shin, J.H., Yang, M., Nam, S.W., Kim, J.T., Myung, N.H., Bang, W.G., Roe, I.H. (2015). Use of egg yolk-derived immunoglobulin as an alternative to antibiotic treatment for control of Helicobacter pylori infection. Clin Diagn Lab Immunol. Sep. Vol. 9(5), pp. 1061–1066.

15. Surai, P.F., Karadas, F., Pappas, A.C., Sparks, N.H. (2006). Effect of organic selenium in quail diet on its accumulation in tissues and transfer to the progeny. Br Poult Sci. Feb. Vol. 47(1), pp. 65–72. PubMed PMID: 16546799.

16. Karadas, F., Surai, P.F., Pappas, A.C., Villaverde, C., Sparks, N.H. (2004). Effect of organic selenium in the maternal diet on selenium concentration in tissues of newly hatched quail. Br Poult Sci. Apr. Vol. 45 Suppl 1, pp. 57–58. PubMed PMID: 15222375.

17. Jakhar, K.K., Sadana, J.R. (2004). Sequential pathology of experimental aflatoxicosis in quail and the effect of selenium supplementation in modifying the disease process. Mycopathologia. Jan. Vol. 157(1), pp. 99–109. PubMed PMID: 15008352.

18. Telyatnikov, A.V. (2014). Vplyv nanochastok metaliv na gematologichni pokaznyky i stroky zagojennja pry zakrytyh perelomah kistok u sobak [Influence of metal nanoparticles on hematological indices and terms of healing in closed bone fractures in dogs]. Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu [Bulletin of Sumy National Agrarian University]. Series: Veterinary Medicine. Issue 6, pp. 81–84. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna\\_vet\\_2014\\_6\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_vet_2014_6_25)

19. Gusev, A.I. (2009). Nanomaterialy, nanostruktury, nanotehnologii [Nanomaterials, nanostructures, nanotechnologies]. 2-e izd., ispr. [2-edition revised]. Moscow: Fizmatlit, 416 p.

20. Kaplunenko, V.G., Kosinov, N.V. (2009). Funkcional'nye nanomaterialy dlja biologii i medicyny [Functional nanomaterials for biology and medicine]. Tezisy dokladov Tret'ej Vserossijskoj konf. po nanomaterialam «Nano – 2009» [Abstracts of the reports of the Third All-Russian Conf. on nanomaterials "Nano - 2009"]. Ekaterinburg, pp. 758–760.

21. Makarkov, A.I., Poryadin, G.V., Salmasi, Zh.M. (2017). Mekhanizmy` reguljaczii e`kspresii poverkhnostny`kh struktur differencirovannogo limfocyta [Mechanisms of regulation of expression of surface structures of differentiated lymphocyte]. Immunologiya [Immunology]. Vol. 3, pp. 4–8.

22. Stakhovich, V.I. (2006). Diagnosticheskaja znachimost` fiziko-khimicheskikh pokazatelej czirkuliruyushhikh immunny`kh kompleksov pri ostry`kh i khronicheskikh intoksikaczijakh ksenobiotikami [Diagnostic significance of physico-chemical parameters of circulating immune complexes in acute and chronic xenobiotic intoxications]. Sovremenny`e problemy` toksikologij [Current problems of toxicology]. no.1, pp. 67–69.

23. Frolov, V.M. (2003). Czirkuliruyushhie immunny`e komplekсы` i fagocytarnaya aktivnost` monocytov u bol`ny`kh khronicheskimi bronkhitom pri provedenii differencirovannoj immunokorrekczii [Circulating immune complexes and phagocytic activity of monocytes in patients with chronic bronchitis during differential immunocorrection]. Ukrayins`kij pul`munologij`chnij zhurnal [Ukrainian Pulmonary Journal]. no. 3, pp. 28–30.

24. Hassan, S., Hassan, F.U., Rehman, M.S. (2019). Nano-particles of Trace Minerals in Poultry Nutrition: Potential Applications and Future Prospects. Biol Trace Elem Res. Aug. 31. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01862-9>.

25. Del, Vesco A.P., Gasparino, E., Zancanela, V., Grieser, D.O., Stanquevis, C.E., Pozza, P.C., Oliveira, Neto A.R. (2017). Effects of selenium supplementation on the oxidative state of acute heat stress-exposed quails. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). Feb. Vol. 101(1), pp. 170–179. Available at: <https://doi.org/10.1111/jpn.12437>.

26. Sahin, N., Sahin, K., Onderci, M. (2003). Vitamin E and selenium supplementation to alleviate cold-stress-associated deterioration in egg quality and egg yolk mineral concentrations of Japanese quails. Biol Trace Elem Res. Winter. Vol. 96(1-3), pp. 179–189. PubMed PMID: 14716097.

27. Sahin, K., Kucuk, O. (2001). Effects of vitamin E and selenium on performance, digestibility of nutrients, and carcass characteristics of Japanese quails reared under heat stress (34 degrees C). J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). Dec. Vol. 85(11–12), pp. 342–348. PubMed PMID: 11906558.

28. Sahin, K., Sahin, N., Yarlioglu, S., Onderci, M. (2002). Protective role of supplemental vitamin E and selenium on lipid peroxidation, vitamin E, vitamin A, and some mineral concentrations of Japanese quails reared under heat stress. Biol Trace Elem Res. Jan. Vol. 85(1), pp. 59–70. PubMed PMID: 11881799.

29. Baylan, M., Canogullari, S., Ayasan, T., Copur, G. (2011). Effects of dietary selenium source, storage time, and temperature on the quality of quail eggs. Biol Trace Elem Res. Nov. Vol. 143(2), pp. 957–964. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12011-010-8912-x>.

#### **Влияние комплекса наноаквахелатив селена и германия на гуморальный иммунитет в организме перепелов**

**Емельяненко А.А., Шмаюк С.С., Нищененко М.П., Емельяненко А.В., Порошинская А.А., Стовецкая Л.С., Козий В.И.**

Приведены результаты исследований влияния комплекса наноаквахелатов селена и германия на содержание иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов в организме перепелов. Установлено, что уровень иммуноглобулинов является основным показателем состояния гуморального иммунитета.

По результатам исследований установлено, что в односуточных перепелов содержание классов иммуноглобулинов А, М, G в сыворотке крови составляло  $0,80 \pm 0,03$ ;  $0,30 \pm 0,01$  и  $5,82 \pm 0,06$  мг/мл, что соответственно на 31,1, 20,0 и 6,0 % больше по сравнению с контрольной группой.

При этом в сыворотке крови перепелов пятисуточного возраста содержание IgA составило  $0,84 \pm 0,02$  мг/мл, IgM –  $0,54 \pm 0,03$  мг/мл и IgG –  $6,87 \pm 0,04$  мг/мл, что больше соответственно на 29,2, 42,1 и 5,0 % по сравнению с контрольной группой.

Во время исследования сыворотки крови перепелов на содержание циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) отмечено, что в 1- и 5-суточном возрасте в опытных группах содержание среднемолекулярных ЦИК было достоверно меньшим по сравнению с контролем, соответственно в 1,5 и 1,6 раза. Содержание низкомолекулярных ЦИК в сыворотке крови перепелов как в односуточном возрасте, так и через четверо суток достоверно уменьшилось по сравнению с контрольной группой, соответственно в 2 и 1,1 раза. Это, вероятно, характеризует общую эффективность и сбалансированность реакций иммунной системы при воздействии наноаквахелатов селена и германия в использованных дозах, соответственно 0,05 и 5,0 мкг/кг, которые проявляют положительное влияние на иммунитет перепелов в раннем постэмбриональном периоде.

Таким образом, применение комплекса наноаквахелатов селена и германия имеет взаимодополняющее действие и способствует увеличению иммунореактивности молодняка путем поддержания активности иммунной системы.

**Ключевые слова:** наноаквахелат селена, наноаквахелат германия, перепелки, иммуноглобулины, иммунитет.

### The influence of the Selenium and Germanium on humoral immunity content in quails

Yemelyanenko A., Shmayun S., Nishmenenko M., Yemelyanenko O., Poroshinska O., Stovbetska L., Koziy V.

The results of the studies on the influence of Selenium and Germanium nanoacqualates complex on the content of immunoglobulins and circulating immune complexes in quail's are presented in the article. It was found that the level of immunoglobulins is the main indicator of the state of humoral immunity.

According to the results of the studies the content of immunoglobulins A, M, G in the quail's serum was  $0.80 \pm 0.03$  mg/ml,  $0.30 \pm 0.01$  mg/ml, and  $5.82 \pm 0.06$  mg/ml, accordingly. That are 31.1%, 20.0% and 6.0%, respectively, comparing with data of the control group.

In the serum of five days old quail's Ig A content was  $0.84 \pm 0.02$  mg/ml, Ig M  $0.54 \pm 0.03$  mg/ml and Ig G  $6.87 \pm 0.04$  mg/ml, that consisted 29.2%, 42.1% and 5.0%, respectively, comparing with the control group.

The content of circulating immune complexes (CEC) in the blood serum of one- and five-days old quails was 1.5 and 1.6 times, respectively lower than in the birds of the control group. The content of low molecular weight CECs in the serum of one- and five-days old quail, decreased significantly in both groups (in 2 and 1.1 times, respectively). This probably characterizes the overall efficacy and balance of the immune system's responses in quails exposed to Selenium and Germanium nanoacqualates at used doses of 0.05  $\mu$ g/kg and 5.0  $\mu$ g/kg, respectively. We consider that as a positive effect on the immunity of quails in the early post-embryonic period.

Therefore, the use of Selenium and Germanium nanoacqualates complex has a complementary effect and helps to increase the immunoreactivity of young animals by maintaining the activity of the immune system.

**Key words:** Selenium nanoacquachelate, Germanium nanoacquachelate, quails, immunoglobulins, immunity.



Copyright: © Yemelyanenko A. et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Ніщенко М.П.  
Козій В.І.

ID <https://orcid.org/0000-0003-3172-4768>  
ID <https://orcid.org/0000-0002-8221-6678>