

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ ТВАРИН**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

МЕДВІДЬ СВІТЛАНА МИХАЙЛІВНА

УДК 636.5:612.017:612.015:577.1

ДИСЕРТАЦІЯ

**МЕТАБОЛІЗМ, РЕЗИСТЕНТНІСТЬ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПТИЦІ
ЗА ДІЇ ЦИТРАТІВ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ
НАНОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ**

03.00.04 – біохімія

Подається на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело _____ С. М. Медвідь
(підпис, ініціали і прізвище здобувача)

Науковий керівник – **Гунчак Алла Володимирівна**,
доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

ЛЬВІВ - 2018

АНОТАЦІЯ

Медвідь С.М. Метаболізм, резистентність та продуктивність птиці за дії цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук (доктора філософії) за спеціальністю 03.00.04 – «біохімія» (204 – Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва). – Інститут біології тварин НААН, Львів, 2019.

В останні роки широко вивчається можливість мікроелементного забезпечення тварин і птиці за рахунок хімічних елементів у формі карбоксилатів (цитратів) нанотехнологічного походження. Однак, окремі механізми впливу наноаквацитратів біоелементів на обмінні процеси в організмі птиці різних видів, а також встановлення оптимальних кількостей їх введення до раціонів потребують додаткових експериментальних досліджень.

У першій серії досліджень, з метою визначення найбільш толерантної кількості цитратів мікроелементів (*Ферум, Купрум, Кобальт, Манган, Цинк і Йод*) нанотехнологічного походження в раціонах птиці, досліди проведено на шести групах (по 15 голів в кожній) курчат-бройлерів кросу РОСС-308, починаючи з 10-ти добового віку. Птиця контрольної групи (К) отримувала з повнораціонним комбікормом (ПРК) стандартний мінеральний премікс (СП), до складу якого вводились науково обґрунтовані кількості шести есенціальних мікроелементів (*Fe, Cu, Co, Mg, Zn і J*) у неорганічній формі. Птиця дослідних груп (Д₁ – Д₅) замість мікроелементів у молекулярній формі отримувала з водою ці ж біоеlementи у вигляді їх комплексного препарату, виготовленого на основі нанотехнологій. Курчатам першої дослідної групи випоювали

аквацитрати біогенних елементів у кількості, що відповідала 100 %, другої – 75 %, третьої –50 %, четвертої –25 % і п'ятої –10 % від їх вмісту в СП. Друга серія досліду була проведена на перепелах породи «Фараон». Перепели дослідних груп отримували з водою дещо менші, порівняно з бройлерами, кількості мікроелементів, а саме – 50, 25, 10 і 5 %, по відношенню до їх вмісту в СП для даного виду птиці.

У результаті проведених досліджень встановлено позитивний вплив на перебіг метаболічних процесів, резистентність і продуктивність бройлерів вживання комплексу аквацитратів мікроелементів, в кількості, що відповідала 50 і 25 % від їх вмісту в складі СП (третья і четверта дослідні групи). У крові птиці піддослідних груп вірогідно зростало число фагоцитів та вміст гемоглобіну ($P < 0,05$). Рівень загального протеїну в сироватці крові збільшувався в курчат цих груп на 9,9 і 11,1 %, з характерною закономірністю щодо зростання в ньому протеїнів альбумінової та γ -глобулінової фракцій. Активність окремих ензимів, зокрема аланін- і аспартатамінотрансферази, лужної фосфатази була близько до показників бройлерів контрольної групи. Відзначено, що за вживання курчатам-бройлерам комплексу аквацитратів біоелементів в менших кількостях, порівняно із дозами цих же біоелементів в молекулярній формі, у птиці третьої і четвертої дослідних груп кількісний і якісний склад мікрофлори сліпих кишок суттєво не відрізнявся від показників птиці контрольної групи. Співвідношення нормально і слабоферментуючих штамів кишкової палички складало в середньому як 90:10, на тлі незначного зростання загальної кількості *E.coli*. Вміст кокових форм мікроорганізмів у вмістимому кишечнику бройлерів цих дослідних груп був на 1,85-2,19 % нижчим. Водночас, кількість біфідо- та лактобактерій становила $10^{10} - 10^{12}$ КУО/г. Серед факультативної мікрофлори, особливо у вмістимому кишках четвертої групи відзначено лише поодинокі колонії непатогенного стафілококу, протею та грибків роду *Candida*. Вживання птиці цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження, в запропонованих дозах (0,5-0,25:1),

забезпечує зростання бактерицидної (БАСК) і лізоцимної (ЛАСК) активності сироватки крові ($P < 0,05$), вміст ЦК тенденційно підвищувався а фагоцитарна активність псевдоеозинофілів (ФА) знаходилась на рівні показників птиці контрольної групи. Відзначено, що в крові курчат третьої і четвертої дослідних груп рівень Т-загальних й Т-активних лімфоцитів був близьким до показників аналогів контрольної групи, а кількість теофілінрезистентних лімфоцитів (Т-хелперів) збільшувалась на 3,3 ($P < 0,05$) і 4,2 % ($P < 0,05$) відповідно. Встановлено й зростання імунорегуляторного індексу.

За гістологічного дослідження тимусу, клоакальної сумки і селезінки курчат-бройлерів, що отримували мікроелементи в наноцитратній формі (50 і 25 % їх кількості в молекулярній формі СП) встановлено характерні ознаки сповільнення процесів вікової інволюції цих органів.

За оцінкою впливу цитратів мікроелементів на продуктивність бройлерів встановлено, що на кінець досліду (56-а доба) найбільшою середня маса була в курчат четвертої дослідної групи (3076 г проти 2775 г або на 10,85 % більше, ніж у контролі). Щодо середньодобових приростів, то найбільш характерні зміни, на тлі впоювання різних кількостей аквацитратів мікроелементів виявлені в останні два тижні завершального періоду вирощування бройлерів (42-50 доба). Зокрема, добові прирости курчат третьої і четвертої дослідних груп були вищими, порівняно з контролем, в 1,25 і 1,5 рази. Кращими були також якісні показники м'яса. Так, у гомогенаті грудного м'яза зростав відсоток сухої речовини а вміст протеїну в досліджуваних тканинах майже на 4,0 % перевищував показники в м'ясі курчат контрольної групи. На тлі незначного зниження в тканині грудного м'яза жиру (на 5,7 %) зростав вміст глікогену і золи. Характерним був високий вміст Мангану і Кобальту в стегнових і грудних м'язах. Щодо Цинку і Феруму, то, відзначена закономірність, за якою зростання концентрації біоелементів в грудних м'язах характеризувалась одночасним зниженням їх вмісту в стегнових.

Нами встановлено, що впоювання птиці наноаквацитратів

мікроелементів в інших кількостях (100 і 10 % по відношенню до їх вмісту в складі СП) має, як правило, не виражений а за окремими показниками негативний вплив на перебіг метаболічних реакцій, імунорезистентність та продуктивність птиці. Так, у птиці першої і другої дослідних груп, на тлі найвищої і найнижчої досліджуваних доз цитратів біоелементів, у крові знижувався вміст гемоглобіну. При цьому число лейкоцитів у крові бройлерів п'ятої дослідної групи було 26,9 % вищим, знижувався вміст амінного азоту та відсоток альбумінів і γ -глобулінів, а зростали β -глобуліни. У птиці першої дослідної групи, на тлі пригнічення активності кишкової мікрофлори (загальна кількість *E.coli* зменшувалась на 2,82 КУО/г, співвідношення різних за ферментативною активністю штамів складало як 80:20, число біфідо- і лактобактерій було на порядок нижчим, лактонегативні і гемолізуючі штами ентеробактерій становили понад 25 % від загальної кількості мікроорганізмів) знижувалась БАСК і ЛАСК ($P < 0,05$); відносна кількість Т-хелперів у крові птиці цієї групи була на рівні 95,1 %, порівняно до контролю. Маса тіла 56-добових бройлерів першої і п'ятої дослідних груп була на 272 і 188 г нижчою, ніж у птиці контрольної гркпи.

У перепілок, порівняно з курчатами-бройлерами, кращий результат досягався за умови введення до раціонів цього виду птиці аналогічного комплексу мікроелементів, у формі наноцитратів, у кількості, що відповідала 10 %, вмісту цих же біоелементів в складі СП. Встановлено, що у тканинах печінки, підшлункової залози та хімусі дванадцятипалої кишки перепілок третьої дослідної групи вміст розчинних протеїнів був на 5,6, 13,5 і 25,2 % ($P < 0,001$) вищим, порівняно з контролем. У птиці цієї дослідної групи також вірогідно зростала ліполітична активність ензимів тканин підшлункової залози (на 13,5 %, $P < 0,001$) та активність протеаз і ліпаз в хімусу дванадцятипалої кишки (втричі). Відзначено, що у вмісті сліпих кишок перепелів групи третьої дослідної групи зростала загальна кількість кишкової палички, відсоток клітин її штамів з нормальною ферментативною активністю був близьким до 96 %.

Відсутність у вмістимому кишок перепілок дослідних груп лактонегативних штамів *E.coli* та наявність в ньому лише поодиноких колоній гемолізуючих штамів (*Streptococcus, Staphylococcus pp.*), ентеробактерій позитивно характеризує вплив цитратів мікроелементів на мікробіоценоз кишечника.

Продуктивність перепелів третьої дослідної групи була вищою, порівняно з птицею контрольної та інших дослідних груп. Так, маса тіла перепілок, якій випоювали мікроелементи в нанодисперсній формі в кількості, що відповідала 10 % їх вмісту в СП була на 15,7 % вищою. Несучість перепілок цієї групи становила 95,77 % і, за цим показником, перевищувала контрольну групу птиці на 6,11 %. Відзначено, що яйця були важчими ($P < 0,001$), мали більшу масу жовтка, білка і шкаралупи ($P < 0,05-0,01$). За хімічним складом яєць, знесених птицею третьої дослідної групи, з'ясовано, що вміст в них розчинних протеїнів та амінного азоту, порівняно з контролем, суттєво не змінювався, концентрація загальних ліпідів в яйцях збільшувалась на 8,5 % а вміст вільного холестеролу знижувався на 0,9 % ($P < 0,001$). Вміст Кальцію в жовтках яєць був на 6 % ($P < 0,05$), Цинку – на 25 % ($P < 0,01$) та Йоду – на 4,2 % ($P < 0,05$) вищим, ніж в контролі.

Таким чином, за результатами експериментальних досліджень встановлено, що цитрати мікроелементів нанотехнологічного походження можуть бути використані в якості заміни неорганічних есенціальних біоелементів в складі стандартних мінеральних преміксів для птиці а оптимальними кількостями Феруму, Купруму, Мангану, Кобальту, Цинку і Йоду є 25 % (бройлери) і 10 % (перепілки) від їх вмісту в преміксах для різних видів птиці.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше проведено системні дослідження впливу мікроелементів у формі аквацитратів, виготовлених на основі нанотехнологій, на метаболічні процеси, показники гуморальної і клітинної ланок імунітету, гістоморфоструктуру імунокомпетентних органів, мікробіоценоз кишечника, продуктивність та якість продукції курчат-бройлерів

і перепілок.

Уперше встановлено видову та дозозалежну специфічність дії комплексу аквацитратів біоелементів на інтенсивність метаболічних процесів в організмі птиці.

Уперше показано, що введення до раціонів оптимальної кількості мікроелементів у формі цитратів сприяє інтенсифікації гемопоетичних, протеїнсинтезувальних та імуностимулювальних процесів в організмі птиці, нормалізації морфоструктури клоакальної сумки і селезінки (ознаки сповільнення процесів вікової інволюції), синтезу гідролітичних ензимів в органах травного каналу (підшлункова залоза та дванадцятипала кишка), функції мікробіоценозу сліпої кишки (зменшення кількості кокових форм мікроорганізмів), а також забезпечує покращення якості м'яса та яєць за рахунок збільшення в них кількості макро- та мікроелементів.

З позицій біохімії, фізіології та живлення птиці уперше теоретично обґрунтовано й експериментально доведено доцільність заміни мікроелементів у формі неорганічних солей в складі гарантованих мінеральних преміксів комплексною добавкою цих же біоелементів у формі аквацитрату. Показано високу біодоступність та біологічну активність біоелементів нанотехнологічного походження в кількостях, що є значно менші, ніж ті, що вводяться в неорганічній формі до складу преміксів для цих видів птиці.

Наукова новизна проведених досліджень підтверджена деклараційним патентом України на корисну модель № 126924 «Спосіб корекції показників неспецифічної резистентності та клітинного імунітету у курчат-бройлерів». Заяв. 07.02.2018, опубл. 10.07.2018, бюл. №13.

Практичне значення одержаних результатів. На основі проведених експериментальних досліджень встановлено оптимальні дози додавання цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження, які за випоювання бройлерам та перепілкам забезпечують підвищення їх продуктивності і мають позитивний вплив на якість отриманої продукції.

Науково-практичні результати дисертаційного дослідження використовуються у навчальному процесі студентів закладів вищої освіти України за вивчення таких дисциплін як «Біохімія сільськогосподарських тварин» та «Годівля і технологія кормів».

Ключові слова: птиця, курчата-бройлери, перепілки, аквацитрати мікроелементів, метаболізм, резистентність, продуктивність, якість продукції.

SUMMARY

Medvid S. M. Metabolism, Resistance and Productivity of Poultry under the Influence of Nanotechnological Microelement Citrates – Qualification paper as manuscript.

Thesis for the degree of Candidate of Agricultural Sciences (PhD) in specialty 03.00.04 – "Biochemistry" (204 – Technology of Animal Farming Product Making and Processing). – Institute of Animal Biology of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, Lviv, 2019

Extensive research has been conducted recently into the possibility of microelemental nutrition of animals and poultry by means of nanotechnological carboxylates (citrates). Citric acid compounds with nanoparticles of biogenic elements have a more pronounced stimulating impact on metabolic processes in poultry than other known molecular forms. However, certain mechanisms of nano aqua citrate impact on metabolism in different types of poultry as well as determining their optimum amounts in diet require further experimental studies.

The first series of tests, aimed at determining the most tolerant amount of nano technological citrates of microelements (Ferum, Cuprum, Cobalt, Manganese, Zinc and Iodine) in poultry diet, has been conducted in six groups of broiler chicken (15 birds per group) of ROSS-308 crossbreed, starting from the age of 10 days old. Control group (C) birds were fed complete feed (CF) with standard mineral premix (SMP) which contained research proven amounts of the six essential microelements (Fe, Cu, Co, Mg, Zn, and I) in their inorganic forms. Instead of molecular forms of microelements, test group birds (D1-D5) were fed water and a complex nanotechnological preparation of the same elements. First test group chicken were fed aqua citrates of biogenic elements in the amounts equaling 100% of their content in SMP for the first group, 75% for the second group, 50% for the third group, 25% for

the fourth group and 10% for the fifth group. The second series of tests has been conducted on Pharaoh breed quails. Test group quails were fed water and smaller amounts of microelements as compared to broiler chicken, in particular 50, 25, 10 and 5% of their content in SMP for this type of poultry.

As a result of tests conducted, a positive impact of aqua citrate complexes has been determined – on metabolic processes, resistance and productivity of boilers in particular, when fed the amounts equaling 50 and 25% of their content in SMP (test groups 3 and 4). Phagocytosis rate and hemoglobin levels have presumably increased in the blood of test group birds ($P < 0.05$). Total protein levels in blood serum increased in this group by 9.9% and 11.1% with characteristic correlation as to increase of albumin and γ -fraction protein levels. Activity of certain enzymes, namely alanine and aspartate transaminase, alkaline phosphatase was close to indices of the control group broilers. It has been noted that when feeding broiler chicken with a complex of aqua citrates of bioelements in smaller amounts as compared to the amounts of the same bioelements in molecular form, quality and quantity characteristics of blind gut microflora in birds of the third and fourth group were not significantly different from the control group indices. The correlation between normal and low-fermenting strains of *E.coli* was 90:10 on average in addition to a small increase of general *E.coli* amount. Cocci levels in the contents of broiler intestines in test groups was by 1.85-2.19% lower. At the same time, bifido and lactobacteria rate made up $10^{10} - 10^{12}$ CFU/g. Facultative microflora, in particular in intestine contents of the fourth group, included sporadic colonies of non-pathogenic staphylococcus, proteus and *Candida* mushrooms. Under steady intestinal microbiocenosis, feeding nanotechnological citrates to birds in the suggested amounts (0.5-0.25:1) ensures intensification of serum bacterial activity and serum lysozyme activity ($P < 0,01$). Circulating immune complex content was steadily increasing and pseudo eosinophil phagocytic activity remained on the level of control group. It has been noted that in D3 and D4 group birds the level of T-general (E-Rosetting) and T-active lymphocytes was also close to control values. At the same time, approximate amount

of T-helpers was by 5.1% and 6.9% higher and the amount of T-suppressors was by 12.5% and 13.7% lower accordingly ($P < 0,05$). During histology study of the thymus, the bursa of Fabricius and spleen of broiler chicken, which received microelements in their nanocitrate form (50 and 25% of their amount in molecular form of SMP), the characteristic features of age involution slow-down in these organs have been established.

On the basis of assessment of citrate impact on broiler productivity it has been established that at the end of experiment (56th day) the biggest average mass was observed in fourth test group chicken (3,076 g vs 2,775 g or by 10.85% higher than in control group). As far as average daily growth goes, the most characteristic changes observed when feeding different amounts of aqua citrates happened during the last two weeks of the final stage of broiler chicken growing (42nd-50th day). In particular, daily growth of the third and fourth group was 1.25 and 1.5 times higher as compared to control groups. Birds of this group also had better quality indices of meat. Thus, in homogenate of the chest muscle the rate of dry substance increased while the rate of protein in tissues studied surpassed control group indices by almost 4.0%. Along with insignificant decrease of fat level (by 5.7%) in the tissue of chest muscle, glycogen and ash level increased. High levels of manganese and cobalt was typical for femoral and chest muscles. As far as zinc and iron are concerned, a regularity has been detected under which increase of bioelement concentration in chest muscles was accompanied by decrease of their levels in femoral muscles.

It has been established that feeding the birds with nano aqua citrates in different amounts (100 and 10% as compared to their content in SMP) as a rule has an insignificant and at times negative impact on metabolism, immune resistance and productivity of the birds. Thus, group D1 and D5 birds along with the highest and lowest doses of citrates of bioelements demonstrated lower blood hemoglobin levels. At the same time, WBC rate in birds of the fifth test group was by 26.9% higher, the level of amine nitrogen decreased and albumin and γ -globulins in blood serum decreased while β -globulin levels decreased. In the first test group birds, along with

depressed activity of gut microflora (total E.coli rate decreased by 2.82 CFU/g, ratio between strains with different fermentative activity was 80 to 20, the number of bifido and lactobacteria was slightly lower, lactose negative and hemolytic strains of enterobacteriaceae made up for more than 25% of total microorganism rate), serum bacterial activity and serum lysozyme activity decreased ($P<0,01$); relative amount of T-helpers in blood of birds of this group equaled 95.1% as compared to control group while T-suppressor level increased slightly. Body mass of broiler chicken of the first and fifth test groups at 56 days old was by 272 g and 188 g less than in control group birds.

In quails, as compared to broiler chicken, higher results were achieved when an analogous complex of microelements in the form of aqua citrates was added to their diets in the amount of 10% of the same element content in SMP. It has been established that in liver, pancreas and duodenal chyme tissue of the third test group of quails the content of soluble proteins was by 5.6, 13.5 and 25.2 % ($P<0.001$) higher as compared to control group. In birds of this test group lipolytic enzyme activity in pancreas was also visibly increased (by 13.5 %, $P<0.001$) along with the activity of protease and lipase in duodenal chyme (by three times). It has been noted that in blind gut contents of group D3 quails total E.coli amount increased and the rate of cells of its strains with normal fermentative activity approached 96%. Absence of lactose negative E.coli strains in contents of quail bowls and presence of sporadic colonies of hemolytic strains (*Streptococcus*, *Staphylococcus* pp.) of enterobacteriaceae provides positive characteristics of citrate impact on intestinal microbiocenosis.

Productivity of quails of the third test group was higher in comparison to birds of the control and other test groups. Thus, body mass of quails, which received microelements in nanodispersed form in the amounts equaling 10% of their content in SMP, was higher by 15.7%. Fertility of quails of this group made up 95.77% and surpassed the control group by 6.11% under this index. It has been noted that the eggs were heavier ($P<0.001$), had higher yolk, egg white and shell mass ($P<0.05-0.01$).

Chemical content of eggs laid by birds of the third test group showed that soluble proteins and amine nitrogen content as compared to control groups did not change significantly, total lipid concentration in eggs increased by 8.5% and the contents of free cholesterol decreased by 0.9% ($P<0,001$). Calcium content in egg yolk was higher by 6% ($P<0.05$), zinc – by 25 % ($P<0.01$) and iodine – by 4.2 % ($P<0.05$) as compared to control group.

In such a way, experimental tests prove that nanotechnological citrates may be used as substitute for inorganic essential bioelements in mineral premixes for poultry with optimum amounts of iron, cuprum, manganese, cobalt, zinc and iodine being 25% (broilers) and 10% (quails) of their content in different premixes.

Scientific novelty of the results obtained For the first time a systemic research has been conducted pertaining to the impact of microelements in the form of nanotechnological aqua citrates on metabolism, humoral and cell-mediated immunity, histomorphological structure of immune-competent bodies, intestine microbiocenosis, productivity and quality of broiler chicken and quails.

Species-specific impact of aqua citrate complexes on metabolism intensity in poultry has been researched for the first time.

It has been shown that introduction of optimum amounts of microelements in the form of citrates into the diet promotes acceleration of hematopoietic, protein-synthesizing and immunity-stimulating processes in poultry; normalization of bursa of Fabricius and spleen morphological structure (signs of age involution slowdown); synthesis of hydrolytic enzymes in digestion tract organs (pancreas and duodenum); microbiocenosis of blind gut (decrease of cocci rate) as well as improvement of meat and egg quality due to increase of macro and microelement rates.

Biochemistry, physiology and nutrition have been used as ground for theoretical and experimental validation of the feasibility of switch of microelements in the form of inorganic salts in standard mineral premixes to complex supplement of the same bioelements in the form of aqua citrate. Proof has been shown for high bioavailability and biological activity of nano technological microelements in the amounts much

smaller than those introduced in inorganic form into premixes for this type of poultry.

Scientific novelty of the research has been confirmed by the declarative patent of Ukraine for utility model No. 126924 Methods of Non-Specific Resistance and Cell-Mediated Immunity Correction in Broiler Chicken. Application dated February 07, 2018, published on July 10, 2018, bulletin No. 13.

Practical implications of the study On the basis of experiments conducted, optimum amounts of nano technological citrates has been determined which when fed to broiler chicken and quails ensure higher productivity and have a positive impact on the quality of final product.

Research and practical results of the thesis are used in academic activities of higher educational institutions of Ukraine as part of such courses as Biochemistry of Cattle; Feed and Feed Technology.

Keywords: poultry, broiler chicken, quails, aqua citrates of microelements, metabolism, resistance, productivity, product quality.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. **Медвідь, С. М.;** Гунчак, А. В.; Стефанишин, О. М.; Пащенко А. Г. Стан мікробіоценозу кишечника курчат-бройлерів за дії цитратів біоелементів. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького* 2017, 19(74), с 224-228. (Дисертантка провела дослідження, проаналізувала одержані результати й підготувала статтю до друку).

2. **Медвідь, С. М.** Клітинний і білковий профілі крові курчат-бройлерів за введення їм до раціону цитратів мікроелементів. *НТБ ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок та ІБТ НААН* 2017, 18 (2), с 28-33.

3. **Медвідь, С. М.;** Гунчак, А. В.; Гутий, Б. В.; Ратич, І. Б. Перспективи раціонального забезпечення курчат-бройлерів мінеральними речовинами. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького* 2017, 19 (79), с 127-134. (Дисертантка проаналізувала наукові джерела літератури з проблематики мінерального живлення птиці та підготувала статтю до друку).

4. **Медвідь, С. М.;** Гунчак, А. В.; Стефанишин, О. М.; Ратич, І. Б.; Сірко, Я. М.; Кисців, В. О.; Активність гідролітичних ензимів та стан мікробіоценозу сліпих кишок перепелів за впливу аквацитратів мікроелементів. *Тваринництво України* 2018, 6, с 24-30. (Авторка провела визначення активності гідролітичних ензимів, посів біологічного матеріалу на селективних середовищах, статистично опрацювала отримані результати, підготувала статтю до друку).

5. **Медвідь, С. М.** Вплив аквацитрату мікроелементів на показники неспецифічної резистентності та клітинний імунітет у курчат. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького* 2018, 20 (84), с 33-38.

6. **Медвідь, С. М.** Продуктивні та м'ясні якості курчат-бройлерів за дії аквацитрату мікроелементів. *Вісник Сумського національного аграрного університету* 2018, 2 (34), с 174-178.

7. **Медвідь, С. М.**; Гунчак, А. В.; Хміль, Є. П. Гістоструктура імунокомпетентних органів у курчат-бройлерів за дії аквацитрату мікроелементів. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького* 2018, 20 (83), с 44-50. *(Дисертантка провела експериментальні дослідження, проаналізувала отримані результати, підготувала статтю до друку).*

8. **Медвідь, С. М.**; Гунчак, А. В.; Стефанишин, О. М.; Пащенко, А. Г. Вплив наноцитрату мікроелементів на інтенсивність протеїнового обміну в тканинах курчат-бройлерів та продуктивність. *Біологія тварин* 2018, 20 (2), с 58-64. *(Здобувачка дослідила показники протеїнового обміну у курчат, взяла участь у написанні статті).*

9. Гунчак, А. В.; **Медвідь, С. М.**; Сірко, Я. М. Інтенсивність протеїнового обміну в організмі перепілок та їх несучість за використання мікроелементних добавок до раціонів. *Таврійський науковий вісник* 2018, 102, с 94-99. *(Здобувачка дослідила показники протеїнового обміну у перепілок, провела статистичну обробку одержаних результатів і їх аналіз, взяла участь у написанні статті).*

10. **Медвідь, С. М.**; Гунчак, А. В.; Кисців, В. О.; Стефанишин, О. М.; Сірко, Я. М.; Пащенко, А. Г.; Борецька, Н. І.; Гутий, Б. В. (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнології імені С. З. Гжицького). Спосіб корекції показників неспецифічної резистентності та клітинного імунітету курчат-бройлерів. Патент України 126924, Липень, 10, 2018. *(Здобувачка провела дослідження, отримала нові дані та оформила документи на патент).*

11. Гунчак, А. В.; **Медвідь, С. М.**; Стефанишин, О. М.; Сірко, Я. М.; Кисців, В. О.; Пащенко, А. Г.; Борецька, Н. І. Цитрати мікроелементів нанотехнологічного походження у птахівництві: метаболічні процеси, продуктивність та якість продукції. Методичні рекомендації. (Затверджено Вченою радою ІБТ НААН 26.06.2018 р., прот. № 6), Львів, 2018. 32 с.

(Здобувачка провела дослідження, узагальнила отримані дані, взяла участь у підготовці методичних рекомендацій до друку).

12. Медвідь, С. М.; Мартинюк, У. А. Показники системи антиоксидантного захисту в грудних м'язах курчат-бройлерів за дії цитратів біоелементів. Матеріали 15-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини» (м. Львів, Грудень, 8-9, 2016 р.). *Біологія тварин* 2016, 18 (4), с 164. *(Дисертантка виконала експериментальну частину роботи, провела обробку та аналіз даних, підготувала тези до друку).*

13. Медвідь, С. М. Імунний статус курчат-бройлерів за впливу цитрату мікроелементів. Матеріали 6-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України» (с. Оброшино, Листопад, 9, 2017 р.), с 35-16.

14. Медвідь С. М. Продуктивність курчат-бройлерів за дії цитратів біоелементів. Матеріали 16-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини», присвяченої доктору біологічних наук, професору Головачу В. М. (м. Львів, Грудень, 8-9, 2017 р.). *Біологія тварин* 2017, 19 (4), с 130.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
ЗМІСТ.....	18
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ	20
ВСТУП.....	21
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	27
1.1. Мікроелементний гомеостаз птиці та чинники, які на нього впливають.....	27
1.2. Біологічна роль Купруму, Феруму, Кобальту, Цинку, Мангану і Йоду у живленні птиці.....	32
1.3. Особливості імунної системи та роль мікроелементів у забезпеченні резистентності птиці.....	40
1.4. Потреба і шляхи забезпечення птиці мікроелементами.....	44
1.5. Наноаквахелати біометалів і перспектива їх застосування у птахівництві.....	49
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	57
2.1. Загальна методика та схема проведення дослідів.....	57
2.2. Основні методи досліджень.....	66
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	75
3.1. Морфологічні показники та протеїновий профіль крові бройлерів за включення їм до раціонів цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження.....	75
3.2. Вплив аквацитрату мікроелементів на інтенсивність протеїнового обміну в тканинах курчат-бройлерів та продуктивність.....	80
3.3. Активність гідролітичних ензимів органів травного каналу курчат-бройлерів за впливу мікроелементів у формі аквацитратів.....	86

3.4. Стан мікробіоценозу кишечника курчат-бройлерів за дії аквацитратів мікроелементів.....	91
3.5. Показники неспецифічної резистентності та клітинного імунітету у бройлерів за дії аквацитратів мікроелементів.....	95
3.6. Вплив аквацитрату мікроелементів на масу та гістоструктуру імунокомпетентних органів у бройлерів.....	99
3.7. Продуктивні якості курей-бройлерів за введення до їх раціонів цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження.....	105
3.8. Активність гідролітичних ензимів та стан мікробіоценозу сліпих кишок перепелів за впливу аквацитратів мікроелементів.....	111
3.9. Інтенсивність протеїнового обміну в організмі перепілок за дії мікроелементних добавок.....	116
3.10. Рівень накопичення біоелементів в організмі перепілок за впоювання цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження	121
3.11. Продуктивна дія цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження на організм перепілок.....	126
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	134
ВИСНОВКИ.....	152
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	155
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ.....	156
ДОДАТКИ.....	186

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

ПРК – повнораціонний комбікорм

СП – стандартний мінеральний премікс

БАД – біологічно активні добавки

АлАТ – аланінамінотрансфераза

АсАТ – аспартатамінотрансфераза

БАСК – бактерицидна активність сироватки крові

ЛАСК – лізоцимна активність сироватки крові

ФА – фагоцитарна активність псевдоеозинофілів

ФЧ – фагоцитарне число

ФІ – фагоцитарний індекс

ЦІК – циркулюючі імунні комплекси

ІРІ – імунорегуляторний індекс

ЕВІ – європейський індекс ефективності

КФ – кисла фосфатаза

ЛФ – лужна фосфатаза

М – маса органу

ІМ – індекс маси

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні інтенсивні технології призводять до високого напруження обміну речовин у птиці і, як наслідок, зниження вмісту в організмі біологічно активних речовин. Тому важливою складовою технології виробництва продукції птахівництва є годівля, яка враховує біологічні особливості птиці, передбачає забезпечення її потреби в енергії, поживних і біологічно активних речовинах [1-7]. Серед основних чинників годівлі важливу роль відіграють мінеральні речовини, зокрема, мікроелементи, які беруть участь в усіх фізіологічних процесах і вважаються незамінними речовинами, хоча й не слугують джерелом енергії для організму птиці. За їх оптимального вмісту й співвідношення стабілізується перебіг багатьох метаболічних реакцій в організмі птиці, що забезпечує її нормальний стан здоров'я, збереженість і високу продуктивність [8-13].

Застосування мінерально-вітамінних добавок та преміксів у птахівництві не завжди приносить бажаний метаболічний і продуктивний ефект. Неорганічні форми мікроелементів, що найчастіше використовуються у складі стандартних мінеральних преміксів, мають низку недоліків. Вони вступають у хімічні реакції з органічними речовинами корму, порушуючи при цьому їх структуру та біологічну дію, мають здатність до окиснення й утворення важкодоступних і навіть токсичних сполук. Із огляду на це, цінними є хелатні сполуки мікроелементів, які мають кращу засвоюваність, біодоступність і ефективність біологічної та продуктивної дії на організм птиці [14-20].

Завдяки успіхам у галузях квантової фізики і хімії, в Україні створено багато нових високоефективних засобів на основі хімічних елементів, у формі карбоксилатів харчових кислот, що дозволяє ефективно розв'язувати проблему мікроелементного живлення птиці. На думку багатьох учених, біогенні

елементи у формі нанорозмірних частинок стимулюють метаболічні процеси в організмі птиці більш виражено, ніж їх відомі молекулярні форми [21-25].

Однак з'ясування механізмів впливу комплексу аквацитратів мікроелементів нанотехнологічного походження на метаболічні процеси в організмі птиці та оптимальної кількості його введення до раціонів, вимагають розширення і поглиблення наукових досліджень, що й визначає актуальність теми дисертаційної роботи в науковому та практичному контексті.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є складовою експериментальних досліджень, які були проведені у 2015–2018 роках відповідно до тематики лабораторії фізіології, біохімії та живлення птиці Інституту біології тварин НААН «Вивчити механізми регуляції метаболічних процесів в організмі птиці за дії наносполук мікроелементів» (№ ДР 0116U001399) і «Розробити способи ефективного використання наноаквацитратів біоелементів та дослідити біологічні закономірності метаболізму в організмі птиці за їх дії» (№ ДР 0117U002439).

Мета і завдання дослідження. З'ясувати вплив різної кількості комплексу мікроелементів *Мангану, Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту* і *Йоду* у формі цитратів нанотехнологічного походження в раціонах курчат-бройлерів та перепілок на метаболічні процеси, резистентність і продуктивність.

Для досягнення поставленої мети досліджували вплив різних кількостей аквацитратів мікроелементів на:

- морфологічні показники та протеїновий профіль крові курчат-бройлерів;
- стан неспецифічної резистентності, Т- і В-клітинної ланок імунітету і гістоструктуру імунокомпетентних органів курчат-бройлерів;
- інтенсивність протеїнового обміну у тканинах органів травного каналу птиці;
- активність гідролітичних ензимів у тканинах органів травного каналу птиці;
- стан мікробіоценозу кишок птиці;

- рівень накопичення біоелементів в організмі перепілок;
- продуктивні якості птиці та харчову цінність продукції птахівництва.

За результатами досліджень експериментально обґрунтувати оптимальну кількість уведення до раціонів курчат-бройлерів і перепілок цитратів досліджуваних мікроелементів.

Об'єкт дослідження – біохімічні та імунологічні процеси в організмі курчат-бройлерів і перепілок та їх продуктивність за використання у раціонах комплексу мікроелементів (Fe, Cu, Co, Mn, Zn, J) у формі аквацитратів.

Предмет дослідження – морфологічні показники крові, показники протеїнового обміну, активність гідролітичних ензимів та видовий і кількісний склад мікрофлори травного каналу, показники неспецифічної резистентності й специфічної ланки клітинного імунітету, гістоструктура імунокомпетентних органів, продуктивність і якість продукції курчат-бройлерів та перепілок за різного рівня цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження в раціонах.

Методи дослідження: морфологічні – кількість еритроцитів і лейкоцитів, лейкограма; гематологічні – вміст гемоглобіну, гематокритна величина; біохімічні – рівень загального протеїну і його фракційний склад, вміст амінного азоту, активність аланін- і аспартатамінотрансферази та лужної фосфатази в сироватці крові; вміст розчинних протеїнів, активність аланін- і аспартатамінотрансферази, лужної фосфатази, а також гідролітичних ензимів у тканинах печінки, підшлункової залози, слизової і хімусу дванадцятипалої кишки; вміст розчинних протеїнів, амінного азоту, загальних ліпідів, вільного холестеролу; хімічні – концентрація Ca, Co, Mn, Zn, Cu, Fe, J у яйцях перепілок, а також вміст Co, Mn, Zn, Fe і сухої речовини в стегновому і грудному м'язах птиці; мікробіологічні – якісний і кількісний склад мікрофлори сліпих кишок; імунологічні – бактерицидна та лізоцимна активність сироватки крові, фагоцитарна активність псевдоеозинофілів, кількість Т- і В-лімфоцитів; гістологічні – гістоструктура тимусу, клоакальної сумки і селезінки;

зоотехнічні – маса тіла, середньодобові прирости маси курчат-бройлерів, а також маса тіла перепілок, несучість, маса та морфометрія яєць; статистичні – обчислення середніх величин та вірогідності отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше проведено системні дослідження впливу комплексу мікроелементів *Мангану, Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту* і *Йоду* у формі аквацитратів, виготовлених на основі нанотехнологій, на метаболічні процеси, показники гуморальної і клітинної ланок імунітету, гістоморфоструктуру імунокомпетентних органів, мікробіоценоз кишок, продуктивність і якість продукції курчат-бройлерів та перепілок.

Уперше встановлено видову та дозозалежну специфічність дії комплексу аквацитратів біоелементів на інтенсивність метаболічних процесів в організмі птиці.

Уперше показано, що введення до раціонів оптимальної кількості мікроелементів у формі цитратів сприяє інтенсифікації гемопоетичних, протеїнсинтезувальних та імуностимулювальних процесів в організмі птиці, сповільненню процесів вікової інволюції морфоструктури клоакальної сумки і селезінки, синтезу гідролітичних ензимів в органах травного каналу (підшлункова залоза та дванадцятипала кишка), функції мікробіоценозу сліпої кишки (зменшення кількості кокових форм мікроорганізмів), а також забезпечує поліпшення якості м'яса та яєць за рахунок збільшення в них кількості макро- і мікроелементів.

Із позицій біохімії, фізіології та живлення птиці вперше теоретично обґрунтовано й експериментально доведено доцільність заміни мікроелементів у формі неорганічних солей у складі гарантованих мінеральних преміксів комплексною добавкою цих же біоелементів у формі аквацитрату. Показано високу біодоступність і біологічну активність біоелементів нанотехнологічного походження в кількості, що є значно меншою, ніж та, що вводиться в неорганічній формі до складу преміксів для цих видів птиці.

Наукова новизна проведених досліджень підтверджена деклараційним патентом України на корисну модель.

Практичне значення одержаних результатів. Визначено оптимальну кількість додавання цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження до раціонів курчат-бройлерів та перепілок, яка забезпечує підвищення продуктивності птиці, якості отриманої продукції, а також зменшення кількості мінеральних речовин, що екскретуються з організму.

Науково-практичні результати дисертаційного дослідження використовуються у навчальному процесі закладів вищої освіти України за вивчення таких дисциплін, як «Біохімія сільськогосподарських тварин» та «Годівля і технологія кормів» – Сумського національного аграрного університету, Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, Житомирського національного агроєкологічного університету.

Особистий внесок здобувача. Аналіз наукової літератури за темою дисертації, обґрунтування методів досліджень, організація та проведення власних досліджень, оформлення ілюстративно-наочного матеріалу, аналіз отриманих результатів, формування узагальнень і трактування висновків, оформлення документів для патенту здійснено здобувачем особисто. Складання плану роботи, постановка мети та завдань, обговорення результатів та підготовку статей проведено спільно з науковим керівником. Гістоморфологічні дослідження тимусу, клоакальної сумки і селезінки птиці проведено разом із завідувачем лабораторії клініко-біологічних досліджень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та кормових добавок д. вет. н. М. І. Жилою та доцентом кафедри нормальної та патологічної морфології і судової ветеринарії Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького к. вет. н. Є. П. Хмільом.

Апробація результатів дисертації. Результати експериментальних досліджень оприлюднені й отримали загальне схвалення на щорічних звітах Інституту біології тварин НААН, міжнародній науково-практичній конференції «Інновації у ветеринарній медицині та аграрному виробництві» (Львів, 3–4 листопада 2016 року), 7-й міжнародній науково-практичній конференції «Ветеринарні препарати: їх розробка, контроль якості та застосування» (Львів, 4–6 жовтня 2017 року), 16-й всеукраїнській науково-практичній конференції молодих науковців і спеціалістів «Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини», присвяченій пам'яті проф. В. М. Головача (Львів, 8–9 грудня 2017 року), 6-й всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України» (Львів–Оброшино, 9 листопада 2017 року).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи викладені у 14 наукових працях (5 – одноосібно): 9 – у фахових наукових виданнях України (в журналі – 2, у наукових вісниках – 6, збірниках – 1), у т.ч. 7 – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз; 1 – патент України на корисну модель; 3 – матеріали і тези конференцій; 1 – методичні рекомендації.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Мікроелементний гомеостаз птиці та чинники, які на нього впливають

Сучасні інтенсивні технології галузі птахівництва призводять до високого напруження обміну речовин у птиці і, як наслідок, зниження вмісту в організмі біологічно активних речовин. Тому, важливою складовою частиною технології виробництва продукції птахівництва є годівля, яка, враховує біологічні особливості птиці, передбачає забезпечення її потреби в енергії, поживних та біологічно активних речовинах [26, 27].

Водночас, серед основних чинників годівлі важливе значення належить мінеральним речовинам і, зокрема, мікроелементам, які беруть участь в усіх фізіологічних процесах і вважаються незамінними речовинами, хоча й не слугують джерелом енергії для організму птиці. За їх оптимального вмісту і співвідношення стабілізується перебіг багатьох метаболічних реакцій в організмі птиці, що забезпечує її нормальний стан здоров'я, збереженість та високу продуктивність [4, 6, 15, 28-30].

За нестачі, надлишку або порушення співвідношення мікроелементів в організмі розвиваються різноманітні захворювання, знижується продуктивність птиці та зменшується термін її експлуатації [31-35]. Особливо великі збитки приносить птахівництву часткова мінеральна недостатність, коли явні симптоми захворювання відсутні, але спостерігається зниження продуктивності птиці, погане використання корму, слабка резистентність до різних захворювань [36]. Тому, нестачу мікроелементів у кормах найчастіше компенсують за рахунок введення до раціонів птиці їх неорганічних

солей. При цьому, рівень засвоєння біоелементів в організмі тварин становить 30-40 % [9-12].

Мікроелементи належать до групи біологічно активних речовин, оскільки є важливими компонентами металоензимів, які беруть участь у підтриманні клітинних функцій. Їх поступлення в організм птиці повинно бути постійним.

Біологічна роль мікроелементів визначається їх участю практично у всіх видах обміну речовин організму [10, 37, 38]. При цьому, вони є кофакторами багатьох ензимів, вітамінів, гормонів, беруть участь в процесах кровотворення, росту, розмноження, диференціювання і стабілізації клітинних мембран, тканинному диханні, імунних реакціях і багатьох інших процесах, що забезпечують нормальну життєдіяльність організму [13, 39], прямо чи опосередковано впливають на функцію ендокринних залоз та симбіотичну мікрофлору травного каналу [40-42].

Мікроелементи входять до складу біологічно активних сполук і генетичного апарату клітини (М. А. Риш, 1976). Автор виділяє три основні їх функції: підтримання біологічно активного конформаційного стану макромолекул; утворення координаційних комплексів між ензимами, коензимами і субстратом; зміна електронної структури молекули субстрату. Дані функції не виключають одна іншу і можуть здійснюватися одночасно. При цьому вони тісно зв'язані зі здатністю мікроелементів утворювати комплекси з органічними молекулами [43].

На думку В.Н. Агеева (1982) порушення в організмі птиці відповідного мікроелементного гомеостазу характеризується змінами метаболічних процесів, і, в першу чергу, пригніченням протеїнсинтезувальної функції. При цьому, найбільш характерними є зміни у фракційному складі протеїнів. Основна маса протеїнів плазми крові синтезується в печінці, зокрема тут утворюються альбуміни і α -, та частково, β -глобуліни. Інші види глобулінів

(γ - і більша частина β -глобулінів) піддаються синтезу в клітинах імунної системи [44].

Роль мікроелементів цілком можна порівняти з регуляторною роллю гормонів, а наслідки їх хронічного дефіциту – з важкими гормональними порушеннями. Правда, якщо здоровий організм сам здатний синтезувати необхідну кількість гормонів, то більшість мікроелементів він може отримати виключно з кормом або у вигляді кормових добавок і ветеринарних препаратів.

У птахівництві є розроблені норми мікроелементів [45-48], які рекомендується вводити до раціонів. Зазвичай, такі нормативні кількості (гарантовані добавки мікроелементів) є усередненими. Тобто такими, які визначені на середню поживність раціону певного складу (мікроелементний склад основного раціону господарства відсутній), без врахування потреби у мінеральних речовинах птиці, яка фактично використовується на виробництві [49].

Застосування мікроелементів повинно базуватись на достовірній потребі птиці, на яку впливають вид, порода, напрям продуктивності, вік, стать, фізіологічний стан (ріст, статеві зрілість, репродуктивна діяльність), загальна поживна цінність раціону (вміст протеїну та енергії, співвідношення макро- та мікроелементів), зональні особливості (клімат, температура, забезпеченість мінеральними речовинами ґрунтів та кормів) [15, 45, 49].

Водночас, на особливу увагу заслуговує такий показник, як біологічна доступність або ступінь засвоюваності мікроелементів в організмі. Вона визначається інтенсивністю всмоктування елементів і залежить від багатьох причин, зокрема фізичної і хімічної форми біоелемента, розміру частинок корму, присутності хелатних агентів [50-53].

Використання мінеральних речовин в організмі тварин і птиці обумовлюється не лише їх споживанням з кормом, але й співвідношенням і взаємодією окремих елементів в процесі метаболізму [54, 55]. Вважається, що

через лабільність макро- і мікроелементів та здатність до утворення зв'язків, ймовірність взаємодії між собою (антагонізм або синергізм) у них значно вища, ніж між іншими поживними речовинами [56, 57].

Окремим прикладом синергічної безпосередньої взаємодії мікроелементів може бути Zn і Mo (коли рівень абсорбції визначається їх оптимальним співвідношенням в раціоні і хімусі), або опосередкованої – вплив P, Zn та Co на вивільнення та абсорбцію з корму інших елементів (через процеси фосфорилування в стінці кишечника та активність гідролітичних ензимів) [57, 58].

Елементи-антагоністи можуть гальмувати абсорбцію один одного в травному каналі або чинити протилежний вплив на будь-яку біохімічну реакцію в організмі [58]. Хоч, зниження рівня елемента та його виведення з організму не завжди є наслідком антагонізму. Іноді він виконує протекторну роль стосовно окремих біохімічних функцій [59].

У літературі є інформація про те, що за надлишку Кальцію в раціоні знижується інтенсивність засвоєння Мангану і Цинку; високий рівень Купруму в раціоні зумовлює зниження запасів Цинку в печінці; надмірна кількість Мангану погіршує доступність Феруму; фітинова кислота сприяє утворенню хелатних комплексів і впливає на засвоєння Цинку [60-62].

Кожен із мікроелементів відіграє певну роль у важливих життєвих функціях тварин та птиці [16]. Проте, інколи, окремі елементи можуть замінювати один одного при утворенні органічно-мінеральних сполук, що можна виявити у деяких ензимів [63].

Мікроелементи входять до складу розчинного ензимного комплексу, звідки вони можуть бути обернено вилучені в іонізованому стані. До ензимів такого типу відносяться: вугільна ангідраза (Манган), пептидази (Манган, Ферум, Магній), фосфатази (Магній), аргіназа (Манган) тощо. Такі ензими втрачають свою активність за вилучення мікроелементів та реактивуються у разі оберненої його фіксації. Роль металу в ензимній системі часто пов'язана з

утворенням комплексу між ензимом та його субстратом. Так, Магній необхідний для фіксації АТФ на ензимах, Цинк – для зв'язування НАД на алкогольдегідрогеназах, Манган зв'язує пептид з амінополіпептидазою [10].

За нормування раціонів птиці необхідно враховувати особливості дії окремих мікроелементів в організмі, оскільки межі коливання їх біотичної та токсичної доз дуже різняться. Наприклад, позитивний ефект від введення Цинку зростає зі збільшенням концентрації його застосування до певного оптимального рівня, а пізніше спостерігається зниження ефективності впливу [64].

Водночас, незважаючи на те, що рекомендована кількість Йоду для птиці становить всього 0,7 г/т корму, надходження його в організм у дозах, вищих за оптимальну, позитивний ефект впливу мікроелементу залишається [65-67]. Зокрема, показано, що лише за експериментально викликаного різкого надлишку Йоду в раціоні несучок, коли дози були вищими від оптимальних у 300–1000 разів, яйцекладка припиняється, або різко знижується, але швидко відновлюється після припинення підгодівлі птиці Йодом [68]. Тоді як, навіть незначне перевищення оптимальних кількостей Селену в раціоні, призводить до токсичного ефекту [69-70].

У складному процесі обміну речовин в організмі мікроелементи перебувають у тісному зв'язку і взаємодії не лише між собою, але й з органічними компонентами [71, 72].

На рівень засвоєння мінеральних речовин в організмі впливає і рівень забезпечення вітамінами. Наприклад спостерігається синергізм між вітаміном Е та Манганом і Цинком. Зміни вмісту в організмі вітаміну Е зумовлюють перерозподіл в організмі Cu, Co, Zn, Fe та Mn. Магній бере участь в обміні вітаміну D, а збагачення організму кальциферолом сприяє депонуванню Мангану [73, 74].

Ефективність використання мікроелементів визначається також ступенем їх депонування в організмі. Деякі органи та тканини утворюють

своєрідні «депо» мікроелементів за допомогою яких здійснюється необхідний розподіл елементів по організму [75] та компенсація нетривалого дефіциту певних елементів у раціонах птиці.

В основному, мінеральні речовини накопичуються у печінці, м'язах та ендокринних органах. Наприклад, Цинк – в гіпофізі, щитоподібній залозі і статевих органах; Кобальт – в підшлунковій та щитоподібній залозах; Флуор – у сім'яниках; Молібден – у підшлунковій залозі, Йод у щитоподібній залозі та фолікулах яєчника тощо [76, 77]. Однак, більшість мінеральних речовин кумулюються в печінці, через що її часто вважають основним тканинним депо, яке відіграє важливу роль в регуляції обміну біоелементів. У печінці вони зв'язуються з іншими біологічно активними речовинами, надходять в кров та окремі органи і тканини. Надлишок мінералів, в основному, виділяється із жовчю. Окремі з них входять до складу ензимів, є їх активаторами, можуть бути структурними компонентами молекул гормонів, вітамінів, пігментів, впливаючи при цьому на ріст, кровотворення і тканинне дихання, чим забезпечують фізіологічну функцію регулювання обміну речовин та продуктивності. За критично низького вмісту біогенних елементів у раціонах птиці виникають біохімічні та морфологічні зміни в організмі, порушення його фізіологічного стану та функціонування окремих органів і систем [78-80].

1.2. Біологічна роль Купруму, Феруму, Кобальту, Цинку, Мангану і Йоду у живленні птиці

Мікроелементи – це велика група хімічних речовин, які присутні в організмі тварин і птиці в низьких концентраціях. Вміст кожного з них становить тисячні і десятитисячні, або навіть стотисячні і мільйонні частки від маси тіла тварин, але діють вони як сильні стимулятори метаболічних процесів. Із числа 92 елементів, що зустрічаються в природі, 81 виявлений у тваринному організмі. При цьому 15 із них (Ферум, Йод, Купрум, Кобальт, Хром, Молібден,

Нікель, Ванадій, Селен, Манган, Арсен, Флюор, Сіліцій, Літій) визнані есенціальними або життєвонеобхідними.

Водночас, Ферум, Купрум, Цинк, Манган, Кобальт і Йод – біоелементи, що входять до складу «гарантованих» мінеральних добавок до раціонів птиці. Ці елементи оказують виражений взаємовплив за рахунок взаємодії на рівні абсорбції в шлунково-кишковому каналі, транспортних процесах та їх участі в метаболічних реакціях. Надлишок одного елемента може викликати дефіцит іншого. У зв'язку із цим особливе значення має балансування раціонів за мікроелементним складом, причому будь-яке відхилення від оптимальних співвідношень між окремими біоелементами може призводити до розвитку різноманітних патологічних зрушень в організмі [38, 43, 49].

Мікроелементи – Купрум, Ферум, Кобальт, Цинк, Манган і Йод знаходяться в організмі в невеликих кількостях, проте відіграють надзвичайно важливу роль. Основна функція цих мікроелементів полягає в підтриманні активності ензимів та забезпеченні дії вітамінів і гормонів. Вони підтримують необхідний гомеостаз міжклітинної рідини та фізико-хімічний стан протеїнів, забезпечують кислотно-лужну рівновагу та осмотичний тиск. Мікроелементи відіграють важливу роль в забезпеченні необхідної активності гормонів [76-78]. Цинк необхідний для прояву активності інсуліну, а Йод є складовою частиною тироксину. Існує тісний взаємозв'язок мікроелементів з вітамінами. Біологічна активність вітаміну В₁₂ проявляється за рахунок кобаламіну – кобальтвмісної частини вітаміну. За наявності Мангану синтезується вітамін С, а біологічну дію вітаміну Е забезпечує Селен. Мікроелементи забезпечують також обмін нуклеїнових кислот. Катіони Феруму, Купруму, Цинку та Кобальту беруть участь в синтезі нуклеопротейдів та нуклеотидів. Входячи до складу поліпептидного ланцюга, вони забезпечують необхідну просторову конфігурацію біополімерів, підтримують вторинні та третинні структури молекули пептидів. Без Феруму неможливе перетворення фенілаланіну в тирозин, а без Магнію не відбувається синтез серину з гліцину. Кожен

мікроелемент бере участь у відповідних біохімічних реакціях, а в багатьох з них – кілька елементів одночасно. Синтез гемоглобіну відбувається за участі Купруму та Кобальту. У метаболічних процесах мікроелементи можуть знаходитись в синергідних співвідношеннях (Ферум та Купрум, Кобальт та Цинк) або в антагоністичних (Купрум та Цинк, Кобальт та Йод). За високого рівня Купруму в тканинах організму знижуються запаси Цинку в печінці, а інтенсивність утилізації Феруму в процесах кровотворення залежить від рівня Купруму в крові. Якщо в кормах раціону та в питній воді багато Кальцію, послаблюється всмоктування Купруму в кишечнику. Наявність синергізму та антагонізму між окремими макро – та мікроелементами необхідно враховувати при застосуванні комплексних препаратів з метою лікування тварин за патологічних станів організму [12, 81, 82].

Ферум – життєво необхідний мікроелемент для організму птиці. Основна його біологічна роль полягає в участі в еритропоезі, оскільки використовується для синтезу гемоглобіну (одна молекула гему містить 4 атоми Феруму [83-85]. Він є носієм Оксигену, входячи до складу ензимів каталази, цитохромоксидази та пероксидази. При цьому проявляє властивості головного «організатора» транспорту кисню до всіх тканин організму. У крові та інших системних рідинах Ферум транспортується білками трансферинами та відіграє істотну роль в утворенні та важливих функціях залізо-сіркових ензимів, які беруть участь в анаеробному диханні та дихальному циклі скелетних м'язових клітин (міоглобін) [86-88].

Як повідомляється рядом вчених [83, 86, 87], у випадку нестачі Феруму в організмі птиці страждають всі ланки аеробного метаболізму, але в першу чергу – система тканинного дихання, що обумовлено високою швидкістю оновлення гемовмістимих ензимів, і зокрема цитохромів. Ця обставина дає підстави стверджувати, що порушення метаболізму, обумовлені дефіцитом Феруму, на рівні тканин може мати більш серйозні біохімічні і фізіологічні наслідки для росту та розвитку організму, ніж гематологічні [89, 90].

Підвищення потреби птиці у Ферумі, за інтенсивного її розвитку, не завжди вдається поповнити за рахунок корму. В таких ситуаціях єдиною можливістю забезпечення високого рівня функціонування ферумзалежних систем аеробного обміну є перерозподіл загального фону Феруму за рахунок резерву, а на пізніших етапах – тканинного біометалу інших ферумзалежних систем, зокрема імунної системи, системи колагенотворення, детоксикації ксенобіотиків, інактивації біологічно активних речовин, а також системи обміну ліпідів [60, 91].

Дефіцит Феруму найчастіше характерний для молодняка і дорослої птиці, зокрема несучок [92]. Головним клінічним проявом цього гіпоелементозу є анемія, яка може спостерігатися і за нормального вмісту Феруму в кормах, але на тлі дефіциту протеїну, Купруму, Кобальту і надлишку Молібдену та Цинку. Крім того, дефіцит Феруму у птиці клінічно проявляється в'ялістю, пригніченням, зниженням апетиту і темпів росту. Розвивається блідість шкіри і слизових оболонок [93].

Купруму теж належить важлива біологічна роль в гемоцитопоезі. Забезпечуючи перехід Феруму з мінеральної в органічну форму, Купрум прискорює всмоктування його в тонкому відділі кишечника і забезпечує надходження в кістковий мозок, де відбувається синтез гемоглобіну. Він бере безпосередню участь в окисно-відновних процесах, входить до складу цитохромоксидази, транспортує електрони в реакціях окиснення. Забезпечуючи газоенергетичний обмін, Купрум позитивно впливає на тканинне дихання за аноксичних станів, прискорює окиснення глюкози і затримує розклад глікогену, регулює обмін вуглеводів і підвищує дезінтоксикаційну функцію печінки. Активуючи синтез йодовмісних сполук щитоподібної залози, Купрум стимулює активність статевих гормонів і забезпечує функцію репродуктивного апарату самців та самок. Купруму також відводиться важлива роль в активації ензимів, які каталізують перетворення тирозину в меланін (пігмент волосся) і прокератину – в кератин. Завдяки такій дії цей біометал забезпечує пігментацію

волосяного покриву і кератинізацію шкіри, що посилює захисні функції покривного епітелію [94, 95].

Купрум бере участь у багатьох біохімічних процесах, як складова частина ензимоактивних протеїнів, що переносять електрони в реакціях окиснення і відновлення органічних субстратів [96]. Значна роль цього біоелемента пов'язана з його участю в регуляції процесів біологічного окиснення і генерації АТФ, в синтезі важливих сполучнотканинних протеїнів (колагену і еластину) і в метаболізмі Феруму [97]. Важливою є його присутність в якості компоненту дофамін- β -монооксигенази та Cu-Zn-супероксиддисмутази, які беруть участь в переносі електронів у дихальних ланцюгах, метаболізмі катехоламінів і антиоксидантних процесах. Сьогодні, на думку багатьох вчених [77, 92, 97] немає сумніву, що Купрум необхідний для забезпечення формування і розвитку серцево-судинної системи. Під контролем даного біометалу знаходиться рівень вмісту в крові цукру та сечової кислоти. До функцій, що регулюються Купрумом належить також підтримання функціонального стану імунної системи, мінерального обміну в кістках [97].

За нестачі Купруму в організмі порушується гемопоез з наступним виснаженням, що проявляється крововиливами, розривами аорти, коронарних та легеневих судин [98, 99].

Як відзначає Т. Околелова (2006) за дефіциту Купруму в кормових раціонах птиці (потреба коливається в межах 2,0-8,5 мг/кг корму) молодняк відстає в рості і розвитку, характерними є анемія слизових оболонок, депігментація пір'я, пероз, потовщується хрящова ділянка кісток тощо. У індиків зустрічаються численні підшкірні крововиливи. І навпаки, за надто високих кількостей біометалу в раціоні (понад 300 мг/кг) характерним є зелено-блакитне забарвлення зоба, гіперемія і ерозії слизової оболонки залозистого шлуночка [92].

Цинк разом із Купрумом виражено впливають на синтез кератинових протеїнів. Іонний радіус Цинку менший ніж у Купруму, через що він несе концентрованіший заряд, ніж Cu, що зумовлює його більшу спорідненість до

електронів, забезпечує кращу активність у процесах гідролізу, окиснення і відновлення [100]. Цинк входить до складу ряду ензимів, зокрема дегідрогенази, пептидази, естрази або є активатором лецитинази, аргінази, окремих пептидаз. В організмі птиці він виконує структурну і каталітичну функції, стабілізує структуру ряду макромолекул, відіграє важливу роль у функціонуванні клітинних мембран і підтримці їх цілісності [100, 101]. Як вказує О.І. Канюка (2008) за дефіциту Цинку в організмі гальмується синтез ДНК, знижується активність тимідинкінази і ДНК-полімерази, пригнічується клітинний імунітет. У курчат відзначаються порушення функції епітелію шлунково-кишкового каналу, низька опірність молодняка, депігментація пера, інколи можливий пероз. На тлі недостачі біоелемента в курей знижується несучість, витончується шкаралупа яєць, підвищується ембріональна смертність, низькою є виводимість курчат [83, 84].

Цинк, за повідомленням Г.Л. Антоняк (2011) характеризується ліпотропними властивостями. Він нормалізує ліпідний обмін шляхом підвищення інтенсивності розпаду жирів в організмі та запобігає ожирінню печінки. Крім того, є необхідним для забезпечення функціонального стану гіпофізу, підшлункової та статевих залоз [100].

Цинк є активатором пептидази, фосфатази, РНК-і ДНК-полімерази, карбоксиангідрази, альдолази, алкогольдегідрогенази, супероксидази і дисмутази. Крім того, він інгібує активність ацетилюючих ензимів [98, 99]. За дефіциту Цинку характерними є розвиток шкірних захворювань, наявні дерматити, екземи. Клінічно даний гіпоелементоз у птиці проявляється пригніченням стану центральної нервової системи, відсутністю апетиту, проносами, затримкою росту, погіршенням зору, дефектами кінцівок. Цей процес супроводжується пригніченням утворення антитіл, зниженням числа лімфоцитів, які циркулюють в крові. Цинк бере участь у вуглеводному, протеїновому і ліпідному обмінах, відповідає за повноцінний синтез нуклеїнових кислот [100]. Його нестача в організмі призводить до уповільнення

росту і загального розвитку, пізнього статевого дозрівання. За браку Цинку порушується нормальний процес регенерації [101]. Потреба птиці в Цинку зростає за надлишку в раціоні Кальцію і при інтенсивній несучості, а також залежить від співвідношення різних компонентів корму [18, 102, 103].

Кобальт теж необхідний для забезпечення ефективного еритропоезу. За його недостатності у курчат знижується апетит, розвивається анемія, порушується функція щитоподібної залози, виникає ламкість пера, знижується несучість. Важлива функція цього мікроелементу належить його участі в метаболізмі протеїнів – в ролі кофактора ензимних процесів він підвищує активність металозалежних ензимів, а саме каталази, гліцерофосфатази та аденозинтрифосфатази, які каталізують обмінні процеси. Іони Кобальту прискорюють метаболізм нітрогенумісних сполук і забезпечують синтез нуклеїнових кислот, які використовуються в процесах синтезу тканинних протеїнів. Додавання до кормів раціону мікродобавок солей Кобальту підвищує настриг вовни у овець, несучість курей та жирність молока в корів. Беручи участь в процесах гліколізу, іони Кобальту посилюють антитоксичну функцію печінки, послаблюють побічну дію високих доз Селену і прискорюють виведення його з організму. Кобальт активує захисну функцію епітеліальних тканин шкіри, кишечника та бронхів проти бактерій та їх токсинів [104, 105]. Він, через активацію функції рибонуклеозидфосфоредуктази, гліцеролдегідрогінази, стимулює гемопоетичну активність мозку, а також як і Йод підсилює функцію щитоподібної залози [84, 106, 107].

Роль Мангану особливо важлива для нормального росту птиці, підтримання її репродуктивної функції, процесів остеогенезу, нормального метаболізму сполучної тканини. Даний біоелемент бере участь також в регуляції вуглеводного і ліпідного обмінів, зокрема в біосинтезі холестеролу. Важливою функцією Мангану є його ліпотропні властивості – він попереджує ожиріння через сприяння загальній утилізації ліпідів в організмі. Найбільш характерними ознаками дефіциту цього біоелементу є гіпохолестеролемія

[108, 109]. Манган опосередковано впливає на синтез мукополісахаридів, розвиток хрящової тканини та входить до складу Mn-супероксиддисмутази [84, 110, 111].

Для нормального росту і розвитку птиці, забезпечення метаболічних процесів, що відбуваються в її організмі потреба в Мангані знаходиться на рівні 30 (дорослі кури) – 50 мг/кг корму (курчата). За недостатності цього біоелемента в раціонах птиці, особливо молодняка найбільш характерними ознаками є виснаження, атаксія, затримка розвитку, і в першу чергу скелета та хрящів, витончення трубчастих кісток, шкаралупи яєць. У дорослої птиці найбільшою ознакою дефіциту Мангану є зниження несучості і виводимості молодняка [16, 112-115].

Роль Йоду в організмі пов'язана насамперед із синтезом і обміном тиреоїдних гормонів, які здійснюють гуморальну регуляцію багатьох фізіологічних функцій та містять цей мікроелемент. Йод є стимулятором росту і розвитку ембріонів. Він необхідний для нормальної життєдіяльності багатьох мікрорганізмів травного каналу тварин [116, 117].

Кількість Йоду в організмі тварин не перевищує 0,6 мг/кг. Більша його частина (70-80 %) міститься у щитоподібній залозі у вигляді йодопротейну. Однак, особливістю накопичення біоелемента в організмі птиці є те, що хоч більшість спожитого Йоду акумулюється у щитоподібній залозі, понад 15 % цього елемента може також відкладатися в яєчнику птиці [117, 118]. На відміну від інших елементів, Йод до організму може надходити не лише з кормами і водою, а й з повітрям із навколишнього середовища.

Встановлено виражений вплив Йоду на активність цитохромоксидази, аргінази, оксидази, амінокислот а також його участь в утворенні білкових сполук пов'язують з його каталітичною роллю в синтезі гемоглобіну, гемоціаміну і кобаламіну. Мікроелемент помітно впливає на фагоцитарну активність лейкоцитів, плазмоцитарну реакцію в лімфовузлах. За його нестачі збільшується смертність птиці, знижується несучість, виводимість яєць, м'ясна

продуктивність та якість птахівничої продукції [119-122].

Брак Йоду в раціоні птиці призводить до гіпофункції щитоподібної залози, що супроводжується змінами на клітинному рівні. Зокрема, змінюється висота тиреоїдного епітелію і розмір ядер [123, 124], збільшується щитоподібна залоза, яка містить велику кількість фолікулів з малим колоїдним матеріалом, або без нього, що зумовлено компенсаторною гіпертрофією фолікулярних клітин, зменшенням кількості Йоду і порушенням співвідношення тиреоїдних гормонів у залозі. Такі зміни найчастіше виникають у молодняка, оскільки доросла птиця не особливо чутлива до незначного дефіциту Йоду в раціоні [125].

Через гормони щитоподібної залози Йод опосередковано бере участь у регуляції морфогенезу мозку в ембріональний період розвитку. У період статевого дозрівання між активністю щитоподібної залози і стероїдогенною активністю яєчників, зважаючи на зниження концентрації у плазмі тироксину та інгібуванню дії естрогенів екзогенним тироксином, встановлюється антагоністичний зв'язок [126].

Від забезпеченості організму птиці Йодом, і як наслідок, функціональної здатності щитоподібної залози, залежить ріст пір'я у птиці під час линьки. Це обумовлено інтенсифікацією окиснювальних процесів в тканинах та підвищенням концентрації в крові Нітрогену і Сульфуру, які є необхідними в процесах формування, розвитку та росту пера. [127, 128].

1.3. Особливості імунної системи та роль мікроелементів у забезпеченні резистентності птиці

Імунна система організму птиці має певні особливості і включає в себе центральні чи первинні (вилочкова залоза або тимус і сумка Фабриціуса або клоакальна сумка) і всі периферичні чи вторинні (лімфатичні вузли, селезінка, лімфоїдні органи, тканинні імунокомпетентні клітини кістково-сполучного походження) органи [129-130].

Тимус (вилочкова залоза) розміщена в птиці в грудній порожнині, позаду верхньої частини грудини. Ззовні цей орган покритий сполучнотканинною капсулою, в глибині якого від неї відходять тяжі і перегородки, що ділять залозу на маленькі дольки. У вилочковій залозі розрізняють більш темну коркову речовину, заповнену лімфоцитами, а центральна – світла мозкова речовина, представлена залозистими клітинами. Повне оновлення клітинного складу тимусу відбувається за 5-6 днів. Із тимусу в периферичні лімфоїдні тканини емігрує біля 5 % новоутворених лімфоцитів. Решта цих клітин, як правило, впродовж 3-4 днів руйнується [139, 140].

Сумка Фабриціуса (клоакальна сумка) – являється теж центральним і особливим органом імунної системи птиці. За своєю будовою він є подібним до сліпого відростка у людини і різниться своїм розміщенням. На відміну від апендикса, який знаходиться в середині кишечника, клоакальна сумка розміщена біля анального отвору в птиці. Основним структурним елементом сумки служить лімфоїдний вузлик з кірковою і мозковою зонами. Перша – насичена кількома плоскими шарами лімфоцитів, під якими розміщений базальний епітеліальний шар. В центральній частині серед ретикулоцитів знаходяться, як правило, малі лімфоцити, а на периферії мозкової зони превалюють менш зрілі базофільні клітини лімфоїдного ряду [141, 142].

Гемопоетична стівбуорва клітина може потрапити в сумку Фабриціуса в птиці, де перетворюється в В-лімфоцит. У кінці ранньої стадії диференціації В-лімфоцити уже можуть реагувати з антигеном. Як правило, такі лімфоцити концентруються у вторинних лімфоїдних органах і володіють здатністю до рециркуляції. Вони являються попередниками плазматичних клітин, які забезпечують гуморальний імунітет і накопичення в крові антитіл різних класів і субстратів [140].

У центральних органах імунної системи проходить перетворення клітин – попередників в зрілі імунокомпетентні клітини, а в її периферичних органах здійснюється розмноження і диференціація антиген-реактивних клітин.

Всі клітини імунної системи постійно взаємодіють між собою, вступаючи в безпосередній контакт або виділяють різноманітні поліпептидні молекули з регуляторною чи ефекторною активністю, по відношенню до чужерідних і власних клітин усіх систем організму. Такі молекули, залежно від того де вони виробляються, носять назву лімфокінів і монокінів [140-142].

Серед периферичних лімфоїдних органів в птиці важливу роль відіграє селезінка, що є для них не лише кровотворним органом, а й органом імунної системи. Це важливий фільтр для чужерідних білків, «мертвих» формених елементів крові і мікроорганізмів, що знаходяться в кровотоці. Селезінка є основним джерелом антитіл при внутрішньовенному введенні антигену. Саме тут розпочинається синтез імуноглобулінів класу М та продукуються фактори, які стимулюють фагоцитоз лейкоцитами і макрофагами [139].

Роль біологічних фільтрів в організмі птиці виконують також лімфовузли, розміщені на шляху лімфотоку по лімфатичних судинах від органів і тканин до лімфатичних протоків [140]. Постембріональне кровотворення в птиці суттєво відрізняється від гемопоезу в ссавців. Вважається, що процес утворення гемоглобіну, еритроцитів і лейкоцитів у дорослої птиці має багато спільного із ембріональним кровотворенням. Наявність у птиці рихлої неоформленої сполучної тканини, багатої клітинними елементами, обумовлює лімфоцитарний профіль їх крові [143, 144].

Лімфоїдні органи – це функціональні тканинні утворення, в яких утворюються клітини, що отримують імунну специфічність. Циркулюючі в крові лімфоцити, не розрізняючись морфологічно є досить гетерогенними за своїм походженням, функцією, набором антигенів і рецепторів та іншими властивостями. За походженням розрізняють тимус-залежні (Т-лімфоцити) і тимуснезалежні (В-лімфоцити) [143]. Т-лімфоцити виконують особливо важливу роль у формуванні імунної відповіді, оскільки разом з клітинами, що мають виражені ефекторні функції забезпечують клітинні реакції імунітету. Серед Т-лімфоцитів виявлені субпопуляції клітин, які регулюють активність

і навіть характер імунної відповіді (Т-хелпери, або помічники, Т-супресори і т.д.) [143, 144].

Неспецифічні клітинні і гуморальні механізми імунітету, взаємодіючи і доповнюючи один одного, забезпечують ранній і достатньо надійний захист організму від різноманітних мікроорганізмів. Головними речовинами, що мають безпосередній вплив на імунорезистентність у птиці є протеїни, незамінимі амінокислоти, вітаміни А, Е, С, В, фолієва кислота, біотин а також мікроелементи Цинк та Селен і ненасичені жирні кислоти [145].

Повноцінна годівля має вирішальне значення для формування природної резистентності і функціонування імунної системи в цілому [146, 147]. За рядом наукових повідомлень [148, 149] основні порушення в ній, за неповноцінної годівлі птиці, локалізуються в клітинно-опосередкованих імунних процесах, і в першу чергу в тих, що реалізуються Т-лімфоцитами. Відзначається, що за незбалансованості раціонів за протеїном, вітамінами та макро- і мікроелементами в птиці пригнічується імунна відповідь, причиною чого є як морфологічні так і функціональні зміни в діяльності імунокомпетентних органів. При цьому, в курчат знижується маса лімфоїдних органів (тимус, сумка Фабриціуса), порівняно з птицею, що отримувала з раціоном обґрунтовану кількість поживних речовин [150]. У дослідній групі курчат титр поствакцинальних антитіл до хвороби Ньюкасла був теж нижчим [148].

Дефіцит Цинку у курчат призводить до різних порушень імуногенезу за використання як активних, так і неактивних вакцин [101].

Від кількості і співвідношення окремих мікроелементів залежить імунобіологічна реактивність організму [151]. За недостачі Цинку пригнічується імунний захист, оскільки функція тимусу в птиці знижується як і пригнічується активність системи комплементу. На тлі дефіциту провітаміну і вітаміну А, а Цинк бере участь в підтримці оптимального його рівня в крові, імунний захист курей, особливо на стадії раннього постнатального розвитку різко знижується [152, 153].

Згодовування птиці багатокomпонентної біологічно активної добавки (Cr, Zn, J, Co, вітамін C) стимулює в них еритро- і лімфопоез, що зумовлює активацію специфічного імунітету. Стимулювальна система кровотворення в напрямку інтенсифікації процесів гемопоезу і резистентності є адаптаційною реакцією організму [154, 155].

За умови застосування «Гуміліду» у крові курчат-бройлерів підвищувався вміст гемоглобіну, зростала кількість еритроцитів та гематокритна величина без зміни загальних характеристик лейкоцитів. Спостерігалось вірогідне збільшення вмісту загального протеїну за тенденції зростання відсотка альбумінів та зниження вмісту глобулінів [156].

1.4. Потреба і шляхи забезпечення птиці мікроелементами

Технології вирощування птиці передбачають введення до їх раціонів різних за складом і біологічною цінністю преміксів, біодобавок та біологічно активних речовин [156, 157].

До складу засобів, що використовують в якості детоксикантів чи загальностимулювальних добавок найчастіше входять вітаміни, ферменти, амінокислоти та макро- і мікроелементи [159].

Відомо, що окремі регіони України, і в першу чергу західний, відносяться до біогеохімічних зон з низьким вмістом у ґрунті, воді, а відповідно і кормах рухомих форм Йоду, Цинку, Купруму, Кобальту і Мангану. Важливість природного геохімічного середовища для нормального росту і розвитку організму птиці визначається можливістю використання біогенних хімічних елементів та їх сумішей, за рахунок яких можливо досягти певної нормалізації основного і проміжного обміну речовин, поповнити раціон дефіцитними мікроелементами, профілактуючи виникнення мікроелементозів [160, 161]. Підвищення техногенного впливу на біосферу збільшило фонові концентрації токсичних речовин і різко зменшило ресурси природної системи саморегуляції

організму птиці, що зумовлює виникнення вторинних порушень метаболічно-функціонального характеру, зниження неспецифічної і специфічної їх резистентності. [161, 162]. За повідомленням Є.М. Колтуна і співавт. (2011) у біогеохімічних зонах, зокрема в західному регіоні причиною виникнення мікроелементозів у птиці, і на їхньому тлі порушень метаболічних процесів, найчастіше є незбалансовані раціони і техногенне навантаження, які пригнічують резистентність організму. Тому, на думку авторів важливим є щоденне коригування раціонів курчат-бройлерів сумішшю мікроелементів, що забезпечує в них нормальний процес гемопоезу і протеїнового обміну [17].

Потреба птиці в мікроелементах забезпечується за рахунок їх надходжень з кормами та з питною водою і залежить від виду, віку та продуктивності курчат-бройлерів і перепілок. У деяких геохімічних зонах України окремі хімічні елементи є лімітуючими і вміст їх в кормах не забезпечує добову потребу тварин. Порушення обміну мікроелементів може бути наслідком недостатнього надходження їх в організм [159, 163]. За використання кормів власного виробництва не завжди нормується в них вміст біоелементів, оскільки загальновідомо, що мінеральний склад кормів та сировини у значній мірі залежить від хімічного складу ґрунтів на яких вирощені зернові культури. Крім того, різні сорти злакових культур неоднакову здатність до акумуляції в зерні біометалів [117, 164].

Оптимальний перебіг біохімічних процесів в організмі тварин обумовлюється кількісним рівнем та якісним співвідношенням макро- та мікроелементів. Низький або високий рівень будь-якого хімічного елемента в організмі впливає на метаболізм інших мінеральних речовин [165-168].

Упродовж багатьох років дефіцит мікроелементів в раціонах птиці компенсується введенням до складу преміксів біоелементів в неорганічній формі (сульфати, хлориди, карбонати). Однак, неорганічні форми сполук мікроелементів характеризуються відносно низьким ступенем засвоюваності біологічно важливих металів, а збільшення дози комплексної сполуки з метою

повного забезпечення потреби організму в тому чи іншому елементі нерідко викликає токсикози [167, 168]. У формі хлоридів та сульфатів солі мікроелементів добре всмоктуються, володіють високою біологічною доступністю і не подразнюють слизової оболонки кишечника. Мікроелементи – Ферум, Йод, Кобальт та Селен в більшості випадків застосовують у формі комплексних солей [170]. При цьому, необхідно враховувати те, що засвоюваність мікроелементів в організмі залежить від їх взаємодії з іншими речовинами корму в шлунково-кишковому каналі, можливості утворення комплексних сполук, форми в якій вони знаходяться в кормосумішках, а також від стабільності і розчинності сполук мікроелементів [169].

Для забезпечення оптимальної метаболічної дії у птахівництві мікроелементи часто використовують у формі мінеральних полісолей. Це збалансовані у кількісному і якісному співвідношенні суміші мінеральних речовин для різних видів тварин та вікових груп залежно від продуктивності і пори року. До складу мінеральних преміксів включають також вітаміни та незамінимі амінокислоти, що значно підвищує їх біологічну цінність [170].

Для перорального введення часто застосовують неорганічні солі двохвалентного (закисного) і тривалентного (окисного) Феруму. Із таких сполук біометал всмоктується повільно (5-1 %). Крім того, за такої форми введення біоелемент подразнює слизову оболонку кишечника, зв'язує сірководень і сприяє сповільненню перистальтики. За даними літератури [90, 161, 171] краще і в більшій кількості всмоктуються інші сполуки Феруму – лактат і гліцерофосфат.

Порогові концентрації хімічних елементів (мінімальні, оптимальні і максимальні) в кормах, за поданням М.В. Косенка і співавт. (2004), становлять (в мг/кг сухої речовини): Кобальт до 0,1; 0,25; 0,25 і вище; Купрум – до 3-5, 3-12 і 20-40 та вище; Цинк – до 20-30, 20-60 і вище 60-100; Манган – до 20, 20-60 і вище 60-70; Ферум – до 25, 24-30 і вище [85].

Уведення Купруму у формі сульфату в дозі 200 мг/кг корму не викликало видимих клінічних ознак патології у курей-несучок, однак подвійна доза біометалу в такій неорганічній формі викликала зниження яйценосності та конверсії корму. При цьому, біохімічними дослідженнями крові птиці виявлено ознаки гіперферментемії і особливо печінковозалежних ензимів – АсАТ, ЛДГ. У курчат-бройлерів, за такої кількості Купруму у формі сульфату, на тлі зниження апетиту і засвоюваності корму спостерігались низькі середньодобові прирости та були характерними ураження ротової порожнини, язика і глотки [172, 173].

В експериментах на курчатах-бройлерах встановлено, що сульфат і ацетат цинку у дозі 1000 мг/кг корму не викликали суттєвих змін у метаболічних процесах птиці. Однак, за такої ж дози Цинку, але у формі хлориду вже через 7 діб його використання відзначено зниження маси тіла. Більш тривале по часу (21 доба) введення до раціонів бройлерів Цинку (400 мг/кг) характеризувалося зменшенням маси тіла і середньодобових приростів, за умови використання його сульфатної чи ацетатної форми.[32, 174].

Застосування оксиду Цинку для курей-несучок в дозі 25, 50, 100 і 200 мг/кг корму, впродовж 12 тижнів, сприяло зниженню в них функціонального стану щитоподібної залози, зокрема її гормоносинтезувальної функції [175].

Важлива роль у підвищенні біологічної доступності мінеральних речовин і забезпеченості птиці макро- і мікроелементами належить хелатним сполукам, оскільки відомо, що вони представляють оптимальну для організму форму сполук біогенних металів. Функціональна активність мікроелементів здійснюється за включення до їх складу металоорганічних сполук відповідної форми і структури [176]. У поєднанні з органічними сполуками активність мікроелементів зростає у сотні і тисячі разів, порівняно з іонним їх складом [177, 178].

У даний час розглядається декілька гіпотез щодо ролі хелатних сполук у всмоктуванні і транспорті мікроелементів. За однією з таких теорій в шлунково-

кишковому каналі катіони біометалу транспортуються до місця всмоктування, однак при цьому вони не мають біологічної активності і руйнуються в місцях активної абсорбції мікроелементів. Є ще одна теорія, згідно з якою хелатні сполуки активно всмоктуються в кишечнику і після утворення нових біологічно активних комплексів беруть участь в процесах обміну [179, 180].

Біологічна дія хелатних комплексонатів на організм птиці визначається їх стабільністю і властивостями лігандів, що входять до їх складу, а саме залежить від розмірів, конфігурації і сили зв'язку з іонами біометалу [181].

Високу ефективність примінення малих доз органічних хелатних сполук мікроелементів в годівлі птиці відзначають ряд дослідників [7, 181]. Встановлено, що введення до раціону курчат Цинку у формі ЕДТА, 3 % екстракту з печінки і 6 % дистилляту з рослин сприяє значному підвищенню маси тіла птиці до 4-ох тижневого віку [182].

За іншими повідомленням, органічний препарат селену – «Селедант» краще оптимізує обмін речовин, ніж селеніт натрію, що сприяє підвищенню приростів маси (на 8 %), зменшенню витрат корму (на 4 %), зростанню забійного виходу (на 1,2 %) та підвищенню калорійності мяса [183].

Н.А.Кочеткова (2012) у дослідях на птиці з'ясувала, що заміна в раціонах курчат-бройлерів мікроелементів у сольовій формі на цитратну і малатну характеризувалась позитивними змінами у гемопоетичній та метаболічній функції. У дослідної птиці підвищувався рівень еритроцитів, лейкоцитів і гемоглобіну, а також загального протеїну, за рахунок його глобулінової фракції [184].

За включення до раціону метіонатів та лізинатів Цинку і Мангану в дозах 270,0 і 125 г/т корму в гусей покращувався хімічний склад яйця – в них зростав вміст протеїну та сухої речовини і збільшувалась, порівняно з контролем, виводимість гусенят на 21 % [185, 186].

Позитивний ефект від використання препарату «Біотам» в птахівництві (композиція Zn^{+2} , Cu^{+2} , Co^{+2} , Cr^{+3} , Fe^{+3} , Mn^{+2} з мефенаміновою кислотою) відзначає також С.О. Шаповалов, (2010) [187].

1.5. Наноаквахелати біометалів і перспектива їх застосування у птахівництві

Область нанотехнології приносить велику різноманітність біологічних і терапевтичних досліджень, а також розглядає екологічні проблеми. Нанотехнологія передбачає розуміння і контроль перетворення великих молекул речовини в нанометричний розмір (приблизно від 1 до 100 нанометрів), що призводить до виникнення унікальних властивостей, які можуть мати величезний потенціал для революціонізації сільського господарства і тваринництва в усьому світі [188-190].

Процес перетворення великих молекул до крихітного розміру викликає зміни фізичної і хімічної природи основного матеріалу. Вони включають в себе зміну розчинності, абсорбції, механізм перенесення, екскрецію. Що стосується тварин, то основними «точками прикладання» є введення поживних речовин, добавок, пробіотиків і ліків, діагностика і лікування захворювань, реєстр індивідуальних тварин і використання гормональних імунних сенсорів в управлінні репродукцією [191].

При годівлі тварин і птиці застосування нанотехнологій в основному здійснюється у вигляді нано-мінералів. Ця область має важливе значення, оскільки вона збільшує поглинання мікроелементів шляхом зменшення антагоністичного ефекту серед бівалентних катіонів [192, 193].

Однією з основних переваг нанотехнологічних прийомів у тваринництві і птахівництві є можливість включення меншого рівня мінералів, доданих в органічній наноформі, що може зменшити екскрецію цих мінеральних речовин з організму [194, 195].

Успіхи квантової хімії дозволили створити багато нових високоефективних засобів на основі хімічних елементів у формі карбоксилатів харчових кислот [25, 196, 197]. Заборона використання у годівлі тварин і птиці біологічних стимуляторів, антибіотиків, гормональних препаратів та інших

субстанцій, що пригнічують або надмірно стимулюють функцію залоз внутрішньої секреції, зокрема мають тиреостатичну, естрогенну, андрогенну, бета-агоністичну та гестагенну дію передбачає пошуки альтернативної їх заміни [198, 199].

В Україні розроблені й застосовуються кормові добавки, які можуть замінити антибіотичні стимулятори росту. Надзвичайно перспективним в цьому плані є використання наноаквахелатів біогенних і біоцидних металів, здатних не тільки протидіяти кишковій мікрофлорі, але й стимулювати асиміляційні процеси у тваринному організмі [201-203].

Наноаквахелати металів представляють собою розчин гідратованих і/або карбоксилованих наночастинок металів у деіонізованій воді із вмістом металів від 10 до 100 мг/л та слабо кислою реакцією (рН 6,0 – 6,5). Отриманий фізичним методом такий розчин за ефективністю і токсикологічними параметрами значно відрізняється від біометалів, отриманих хімічним або електролізним способом, у яких іони металів діють токсично, через що їхнє використання не завжди є виправданим [204-206].

Особливість дії органічної форми комплексу мікроелементів, виготовленої на основі нанотехнологій полягає в тому, що різноманітні біометали, які знаходяться в розчині чи суспензії у вигляді атомів, електронів, а можливо і інших, ще менших за розміром частинок, проявляють ті ж самі властивості, які характерні електронам у класичному фізичному аспекті. Необхідно врахувати і те, що за рахунок високої проникності зникає потреба у наявності специфічних переносників (ліганд), які при використанні мікроелементів в неорганічній формі часто лімітують мікроелементний гомеостаз [207-209].

Позитивна дія мікроелементів у формі наноаквачастинок проявляється внаслідок синергічного поєднання неспецифічної біофізичної активації зі специфічним стимулюванням перебігу біохімічних реакцій, тобто, на думку авторів характерним є комплексний стимулювально-біологічний ефект

Борисевича-Каплуnenка-Косінова [210].

Метало-лігандні комплекси, виготовлені на основі нанотехнологій, краще засвоюються організмом на відміну від мікроелементів у формі солей неорганічних кислот, а також безпосередньо виступають в якості активаторів або інгібіторів метаболічних процесів. При цьому, біологічна цінність таких нанопродуктів збільшується при зниженні їх концентрації в кормі [211].

Позитивний вплив наночасток металів відзначають багато авторів [212, 2013]. Останнім часом у гуманній і ветеринарній медицині впроваджують наноматеріали, які є аквахелатами біоелементів. Наночасточки на основі молекул води забезпечують аквахелатам легку проникність через мембрани клітин і створюють, при цьому, умови легкої взаємодії наночастинок з клітинними органелами та високу біологічну дію [214].

Застосування речовин в нанорозмірному стані має особливі характеристики, а саме: збільшується хімічний потенціал дії речовин; зростає питома поверхня наноматеріалу, що сприяє збільшенню його абсорбційної здатності і каталітичних властивостей; малі розміри частинок та різноманітні форми наноаквахелатів зумовлюють здатність зв'язуватись із нуклеїновими кислотами, білками, вбудовуватись в мембрани, проникати в органели, і таким чином змінювати функції біоструктур; висока абсорбційна можливість і здатність до матеріальної кумуляції, що сприяє передачі по харчовому ланцюгу та інтенсивному надходженню їх в організм людини і тварин [215].

Серед нанобіоматеріалів особливе значення мають висококоординаційні аніоноподібні аквахелати біоелементів, що являють собою новий клас комплексних хелатних сполук [216, 217], в яких у ролі комплексоутворювача виступають наночастинки мікроелементів з поверхневим електричним зарядом, а в ролі лігандів – молекули води. За своєю структурною будовою такий хелатний комплекс наночастинок є подібним до аніонного. У той же час, відсутність аніона, як такого, виключає токсичні прояви з боку наночастинок. Крім води, у ролі ліганда можуть використовуватись карбонові кислоти.

Існує ряд способів отримання наноаквахелатів. Серед них одним із найбільш ефективних і безпечних є метод ерозійно-вибухових нанотехнологій. Утворені за цією методикою аквахелати відзначаються відповідною електризацією наночастинок. При цьому, сферична форма мікрочасток дозволяє отримувати рівномірний електричний заряд на її поверхні, що створює умови для щільного і рівномірного оточення наночастинок полярними молекулами води. Утворений такий хелатний комплекс є стійким і не залежить від величини самих частинок, оскільки поверхневий електричний заряд є пропорційним розміру наночастинок – комплексоутворювачу [205].

Перспективними для біологічних цілей є гідратовані та карботировані наночастинок, що містять у якості лігандів молекули води і молекули біологічно сумісних карбонових кислот, насамперед лимонної, що бере участь у пентозо-фосфатному циклі обміну вуглеводів. Такі функціональні продукти отримуються шляхом електроімпульсної або вибухово-ерозійної нанотехнологій. У водний розчин, що містить гідратовані наночастинок, додають лимонну (цитратну) кислоту. У результаті змінюється рН середовища із нейтрального до кислого. При цьому, позитивно заряджені іони водню H^+ , утворені при дисоціації цитратної кислоти, стають дуже рухомими в розчині і активно притягуються негативно зарядженими наночастинками, забезпечуючи при цьому високу біологічну активність. Карбоксиловані (у разі застосування лимонної кислоти – цитратовані) наночастинок набувають додаткових антиоксидантних властивостей [204, 218, 219].

Задавання макро- і мікроелементів тваринам і птиці у формі нанорозмірних частинок має ряд переваг: наноаквахелати мікроелементів володіють високою біологічною дією, завдяки своїм нанорозмірам вони більш повно засвоюються організмом і активно використовуються у процесах обміну речовин. При цьому, перспективу у використанні вони матимуть за умови біосумісності із відповідним біооб'єктом і прогнозованої позитивної дії на нього [217, 218].

У механізмі дії біоелементів, у формі наноматеріалів, необхідно враховувати, що для них захисні системи організму (шлунковий, плацентарний, гепато-енцефалічний бар'єр) не є характерними. Мікроелементи в такій формі легко проникають через шкіру, дихальні шляхи, розповсюджуються через нервові клітини та систему кровоносних і лімфатичних судин [217].

На думку багатьох вчених наноаквахелати біогенних металів проявляють стимулювальний ефект більш виражено, ніж їх відомі молекулярні форми. Висока метаболічна активність гідратованих і карботированих (цитратованих) частинок Йоду, Феруму, Мангану, Цинку, Кобальту, Купруму і Селену зумовлена наявністю в наноаквахелатів корпускулярного, хвильового і квантового ефектів, які впливають на перебіг біохімічних реакцій, посилюючи їх асиміляційну здатність [187,а 211, 218, 220].

Поряд з цим, є наукові повідомлення про те, що використання біометалів у формі нанорозмірних частинок характеризується у птиці зростанням темпів росту і кращою збереженістю. Яйценосність у курчат починається на 5-7 днів раніше, покращуються біохімічні показники (зростає вміст каротину в крові і жовтках, *Кальцію* – в шкаралупі й кістках. Збереженість поголів'я птиці була на рівні 94 % (у контролі 72 %), несучість була на 10-15 % була вищою [217, 221].

Уведення гусям до раціонів наногерманію в дозах 0,15-0,25 мг/кг корму, як відзначає О.В. Гуньчак (2015), сприяло зменшенню затрат корму на одиницю приросту маси тіла цього виду птиці, але ефективність їх була різною. Найкращі продуктивні якості мали гуси, яким згодовували комбікорм збагачений Германієм із розрахунку 0,2 мг/кг [222].

Необхідно враховувати, що доза мікроелементів у наноформі не завжди буде відповідати дозі цього препарату у неорганічній формі. Так, встановлено, що аквахелат Германію проявляє позитивний ефект у період передінкубаційної обробки перепелиних яєць у дозі 5 мкг/кг. Збільшення дози до 7,5 мкг має негативний вплив на ембріональний розвиток перепілок [214].

Аквахелат Селену відзначається стимулювальним впливом на протеїнсинтезувальну функцію у перепелів. Оптимальною дозою наноформи цього есенціального елементу є 0,05 мкг/кг, що забезпечує зростання рівня загального протеїну в сироватці крові однодобових курчат на 2,8, а п'ятидобових – на 20 %. На інтенсивний протеїновий обмін в їх організмі вказує також збільшення концентрації β - і γ -глобулінів, відповідно на 2,48 і 10,06 % [223].

Застосування курям композиційної наноформи мікроелементів, в період з добового до 250-ти добового віку, забезпечує підвищення інтенсивності росту і кращу збереженість поголів'я. Несучість, за цих умов, починалась на 5-7 днів раніше і кращою була адаптація до стресових факторів. Відзначається зростання вмісту каротину в крові і жовтках, Кальцію – в шкаралупі й кістках, яйценосність була на 10-15 % вищою, ніж в контролі [141].

За динамікою зміни маси тіла курчат-бройлерів встановлено, що задавання наномікроелементної кормової добавки «Мікростимулін» призводить до збільшення живої маси та підвищення середньодобових приростів. Кращі результати зафіксовано за умови впоювання курчатам наноформи металів (Купрум, Кобальт, Магній, Цинк, Аргентум і Германій) у дозі 1 мл/дм³ води. Десяти- і двадцятикратне збільшення дози сприяло покращенню метаболічних процесів у курчат, однак у цифровому вираженні не було таким характерним [224, 225].

На позитивну дію від застосування бройлерам наноаквахелатів Ag, Cu, Zn, Mg і Co вказує В.Б. Борисевич (2010). Введення до складу раціону вищеперерахованих мікроелементів в нанодисперсній формі, із розрахунку 30 мл препарату на 1 кг комбікорму, характеризувалося стимулюванням розвитку сапрофітної мікрофлори та пригніченням активності умовно-патогенної і патогенної мікрофлори та сприяло зростанню в крові еритроцитів і зменшенню числа лейкоцитів [213]. За аналогічної дози (30 мл/т корму) іншої композиції біометалів (Cu, Zn, Mg і Co) у курчат-бройлерів відзначено

зростання в крові вмісту лізоциму, бета-лізину і сумарної бактерицидності крові. При цьому у молодняка яєчних курей та несучок, у відповідь на введення до складу раціонів подібної композиції наноаквахелатів біогенних металів, в сироватці крові збільшувався вміст загального протеїну із вірогідним зростанням в ньому фракції γ -глобулінів, а в знесених яйцях – вмісту каротиноїдів і вітаміну А [226].

Крім того, на думку В.Б. Борисевича і співавт. (2010), мікроелементи (Cu, Zn, Mg і Co) в наноформі, за рахунок кращої біодоступності та активності сприяють зростанню несучості курей-несучок на 7,14 %, зменшенню бою яєць у 1,7 разів, що забезпечується збільшенням товщини шкаралупи, її міцністю, щільністю і деформацією, а загальний показник вад яєць був нижчим у 7,4 рази [213].

За введення до раціонів курчат-бройлерів фосфату кальцію у наноформах, на заміну 50 % потреби в дикальційфосфаті, встановлено кращий коефіцієнт конверсії корму ($1,39 \pm 0,02$), порівняно з показниками у птиці контрольних груп ($p < 0,05$) [237]. Позитивні результати отримані за використання бройлерам наноаквахелатів металів, є наслідком підвищення абсорбції поживних речовин у травному каналі птиці та інтенсифікації процесів травлення і засвоєння спожитого корму [228].

Висновок до розділу. У технологічних схемах отримання продукції птахівництва неабияку роль відіграє оптимізація годівлі птиці. Проте, в більшості господарств годівля птахів не завжди відповідає оптимальним нормам, що утруднює об'єктивне визначення корисності застосування тих чи інших домішок до раціону, що нерідко рекомендується виробництву.

Однією з важливих умов раціональної годівлі є її забезпечення необхідними макро- і мікроелементами у певних кількостях і співвідношеннях. Біологічна ефективність використання біоелементів в організмі визначається рівнем збалансованості раціонів за поживними і біологічно активними речовинами; ступенем засвоєння і депонування макро- і мікроелементів;

взаємодією їх між собою і іншими поживними речовинами в процесі всмоктування; транспортом і екскрецією; станом регуляторних систем; віком; видом; породою (кросом) і фізіологічним станом.

Традиційно прийнято компенсувати дефіцит біоелементів в раціонах шляхом введення до складу преміксів в неорганічній формі (в складі сульфатів, карбонатів, хлоридів). Однак, останні порівняно важко засвоюються, а збільшення дози для досягнення оптимального рівня асиміляції в організмі птиці викликає в останніх токсикози. У зв'язку з цим значне практичне значення має пошук можливості введення до раціонів птиці біогенних елементів у легкозасвоюваній формі.

В останні роки широко вивчається можливість вирішення питання вирішення питання мікроелементного забезпечення тварин і птиці за рахунок нанодисперсних форм біоелементів. Застосування мікроелементів у формі наноаквахелатів зумовлює більш виражений вплив на обмін речовин за рахунок особливих біофізичних властивостей наноаквахелатів, і як наслідок, більш виражених біохімічних ефектів. Застосування мікроелементів в наноформі для тварин і птиці слід вважати новим етапом у розвитку нутрієлогії. Однак, окремі механізми впливу наноконпозицій і наноматеріалів на обмінні процеси, продуктивність птиці, як і кількості, що можуть бути внесені до складу преміксів для різних видових, вікових і продуктивних птахів залишаються не вивченими і потребують додаткових експериментальних досліджень.

Результати опрацювання літератури за темою дисертаційної роботи опубліковані в оглядовій статті:

Медвідь, С.М.; Гунчак, А.В.; Гутий, Б.В.; Ратич, І.Б. Перспективи раціонального забезпечення курчат-бройлерів мінеральними речовинами. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького* 2017, 19, с 127-135 [229].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальна методика та схема проведення дослідів

Для реалізації поставлених завдань, впродовж 2016-2018 років проведено дослідження щодо з'ясування впливу аквацитратів мікроелементів (Fe, Cu, Co, Mn, Zn, I), виготовлених з використанням нанотехнологій, на організм птиці (курчата-бройлери, перепілки).

Експериментальна частина роботи виконана в умовах віварію лабораторії фізіології, біохімії та живлення птиці Інституту біології тварин НААН. Окремі дослідження також проведено в лабораторії клініко-біологічних досліджень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів і кормових добавок та кафедри фармакології і токсикології Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Дослідження проведено на курчатах-бройлерах та перепелах із дотриманням всіх біоетичних вимог Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних і наукових цілей (Страсбург, 1986), Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (Київ, Відомості ВР, 2010 р.) [230].

Проведено дві серії дослідів – на курчатах-бройлерах і перепілках.

Схема проведення дослідів на курчатах-бройлерах. У першій серії досліджень з метою визначення найбільш толерантної кількості цитратів мікроелементів Феруму, Купруму, Кобальту, Мангану, Цинку і Йоду нанотехнологічного походження в раціонах птиці досліди проведено на шести групах (по 15 голів в кожній) курчат-бройлерів кросу РОСС-308, починаючи з

10-ти добового віку. Утримання і годівля птиці відповідали технологічним вимогам. Вся птиця одержувала повнораціонний комбікорм (ПРК), збалансований за поживними і біологічно активними речовинами (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Склад повнораціонного комбікорму для курчат-бройлерів

Інгредієнти	Вміст, %		
	0-14 діб	14-28 діб	від 28 діб
Кукурудза	36,50	37,00	35,00
Пшениця	22,30	20,00	22,50
Шрот соняшниковий	–	9,00	15,00
Шрот соєвий, 44	34,50	26,50	18,50
Олія	2,00	3,30	4,10
Крейда	1,60	1,60	1,60
Сіль	0,30	0,30	0,30
Монокальційфосфат	1,30	1,30	1,30
Премікс	1,50	1,50	1,50
Разом	100	100	100
У 100 грамах комбікорму міститься, %:			
Обмінної енергії, ккал	290,00	300,00	305,00
Сирого протеїну	22,09	21,38	20,02
Сирого жиру	4,34	5,64	6,41
Сирої клітковини	3,82	4,44	4,80
Кальцію	0,90	0,90	0,88
Фосфору	0,68	0,71	0,71
Натрію	0,15	0,15	0,15
Лізину	1,31	1,20	1,05
Метіоніну+цистину	0,96	0,87	0,82

Бройлерам контрольної групи додавали премікс, в якому мінеральні елементи містились у формі неорганічних солей (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

**Нормування мікроелементів
у стандартному мінеральному преміксі, г/т корму [33]**

Манган	Цинк	Купрум	Ферум	Кобальт	Йод
100	60	2,5	10	1,0	0,7

Птиці дослідних груп – впоювали з водою мінеральний комплекс із цих же біогенних елементів у формі цитратів, отриманих шляхом застосування ерозійно-вибухової нанотехнології, що базується на новому фізичному ефекті в галузі концентрації високих енергій [177].

Схема досліду представлена на таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Схема досліду

Групи	Характер живлення
контрольна (К)	ПРК+СП (стандартний премікс)
1 дослідна (Д ₁)	ПРК+впоювання комплексу мінеральних речовин у формі аквацитратів (кількість біоелементів аналогічна кількості у СП)
2 дослідна (Д ₂)	ПРК+впоювання комплексу мінеральних речовин у формі аквацитратів (кількість біоелементів – 75 % від кількості у СП)
3 дослідна (Д ₃)	ПРК+впоювання комплексу мінеральних речовин у формі аквацитратів (кількість біоелементів – 50 % від кількості у СП)
4 дослідна (Д ₄)	ПРК+впоювання комплексу мінеральних речовин у формі аквацитратів (кількість біоелементів – 25 % від кількості у СП)
5 дослідна (Д ₅)	ПРК+впоювання комплексу мінеральних речовин у формі аквацитратів (кількість біоелементів – 10 % від кількості у СП)

Тобто, бройлерам першої дослідної групи впоювали мікроелементи в кількості, що була еквівалентною їх вмісту у стандартному преміксі (СП).

Відповідно птиця другої-п'ятої дослідних груп (Д₁, Д₂, Д₃, Д₄, і Д₅) одержувала з водою біоеlementи в формі наноцитратів в кількостях, що становила 75, 50, 25 і 10 % від їх рівня в СП (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Добавка мікроелементів до раціонів бройлерів (г/т корму)

Група	Елемент					
	Mn	Zn	Fe	Cu	Co	I
контрольна (К)	100,0	60,0	10,0	2,5	1,0	0,7
дослідна I (Д ₁)	100,0	60,0	10,0	2,5	1,0	0,7
дослідна II (Д ₂)	75,0	45,0	7,5	1,88	0,75	0,53
дослідна III (Д ₃)	50,0	30,0	5,0	1,25	0,5	0,35
дослідна IV (Д ₄)	25,0	15,0	2,5	0,63	0,25	0,18
дослідна V (Д ₅)	10,0	6,0	1,0	0,25	0,1	0,07

Функціональний стан організму курчат-бройлерів, задіяних в експериментальному дослідженні оцінювали за показниками їх клінічного стану, поведінкою, а також за морфологічними, біохімічними та імунологічними показниками крові, які визначали згідно загальноприйнятих методів [231].

У кінці досліду, що співпадав із закінченням періоду вирощування птиці, було проведено зважування та забій курчат-бройлерів і відібрано біологічний матеріал для досліджень, а саме:

- а) для мікробіологічних досліджень – хімус сліпих кишок;
- б) для гематологічних – кров;
- в) для біохімічних – кров та тканини: печінки, підшлункової залози, слизової, а також хімус дванадцятипалої кишки;
- г) для імунологічних – кров, а також зразки тканин тимусу, клоакальної сумки і селезінки;

д) для визначення хімічного складу м'яса – зразки тканин стегнового і грудного м'яза бройлерів.

У біологічному матеріалі визначали:

- у зразках вмістимого кишечника досліджували кількісний і якісний склад мікрофлори методом розведень та висіванням мікроорганізмів на селективні середовища (Ендо, Плоскирева, Сабуро, вісмут-сульфітне, Байр-Паркера, Блаурока, кров'яний агар). Ідентифікацію мікроорганізмів проводили за морфологічними, культуральними, фізіологічними та біохімічними властивостями (середовища Олькеницького та Сімонса) [232];

- у цільній стабілізованій крові: кількість еритроцитів – фотоколориметрично за методом Є.С. Гаврилець і співавт. (1966); число лейкоцитів – шляхом підрахунку в камері Горяєва (В.Е Чумаченко, 1991); лейкограму – мікроскопією мазків крові, зафарбованих за Романовським-Гімзою (1904); вміст гемоглобіну – гемоглобінціанідним методом за Г.В. Дервіз і А.Г. Воробйовим (1959); гематокритну величину – методом центрифугування за Г.П. Кондрахіним (1983); відсотковий вміст Т і В-лімфоцитів та окремих їх популяцій – у реакції спонтанного розеткоутворення з еритроцитами барана (за Митюшниковим (1985); фагоцитарну активність псевдоеозинофілів (ФА), фагоцитарний індекс (ФІ) і фагоцитарне число (ФЧ) – за методикою описаною В.Е. Чумаченком (1991); [233].

- у сироватці крові: вміст загального протеїну за біуретовою пробою а окремих його фракцій – турбідиметричним способом (Дилекторська Л.М., 1971); амінний азот – фотоколориметрично з нінгідриним реактивом за Мітінгом Кайзером (1954); активність аланін- і аспартатамінотрансферази (АлАТ, АсАТ) – методом Райтмана-Френкеля в модифікації Капетанакі (1957); лужної фосфатази (ЛФ) – за методом Боданськи (1964); вміст циркулюючих імунних комплексів (ЦІК) – методом преципітації поліетиленгліколем (Е.Ф. Чернушенко, 1981); бактерицидну (БАСК) і лізоцимну активність

сироватки крові (ЛАСК) – нефелометрично за методами, описаними Ю.М. Марковим (1968) і В.Г. Дорофейчуком (1986) [233].

- у тканинах печінки, підшлункової залози, слизової та хімусі дванадцятипалої кишки – вміст загального протеїну за методом Лоурі (1951) та амінного азоту – нінгідриновим методом за Мітінгом та Кайзером (1954) [233];

- у тканинах стегнового і грудного м'яза – кислотність, за методикою, описаною Криловою Н.М. (1957); вологість – шляхом витримування м'яса в сушильній шафі (при температурі 110⁰ С) до отримання постійної маси; вміст жиру – за Сосклетом, рівень протеїну – за К'ельдалем; вміст золи – шляхом спалювання в муфельній печі при температурі 600⁰ С та вміст мікроелементів (Fe, Cu, Co, Mn, Zn) в грудному і стегновому м'язах – методом атомно-адсорбційної спектрофотометрії [233];

- після розтину від бройлерів відбирали органи імунної системи (тимус, клоакальну сумку або сумку Фабриціуса і селезінку), зважували та вираховували коефіцієнти їх маси, порівняно з птицею контрольної групи. Крім того, відбирали шматочки імунокомпетентних органів для гістологічних досліджень. Розтин курей та відбір внутрішніх органів, їх фіксацію та виготовлення гістозрізів проводили за загальновизнаними методиками. Відібрані шматочки досліджуваних органів фіксували в 10 % нейтральному формаліні. Зневоднювали спиртом із подальшим застосуванням хлороформу та парафіну. З отриманих блоків виготовляли гісторозрізи за допомогою мікротома МПС-2, товщиною 8±2 мм і фарбували їх гематоксиліном та еозином (Меркулов Г.А., 1969). Світлову мікроскопію і мікрофотографування гістопрепаратів тимусу, клоакальної сумки і селезінки проводили за допомогою мікроскопа OLIMPUS CXY1 і фотокамери OLIMPUS C5050 [234-236];

- продуктивні показники вирощування бройлерів оцінювали за середньодобовими приростами, збереженістю, конверсією корму та забійним виходом;

- Європейський індекс продуктивності (ЕВІ) вираховували за формулою:

$$EVI = \frac{Зб \times Мт \times 100}{Ккр \times Пвр}$$

де:

Зб – збереженість поголів'я птиці по групі;

Мт – маса тіла по завершенню відгодівлі;

Ккр – конверсія корму;

Пвр – період вирощування

Схема проведення дослідів на перепілках. На другому етапі експериментальних досліджень вивчали вплив цитрату мікроелементів (Fe, Cu, Co, Mn, Zn, I) в раціонах перепілок на перебіг метаболічних процесів в їх організмі та продуктивні якості.

Для реалізації поставлених завдань в умовах віварію Інституту біології тварин НААН проведено дослід на п'яти групах (по 15 голів у кожній) перепілок, починаючи з 14-добового віку. Утримання і годівля цього виду птиці відповідали технологічним вимогам. Вся птиця одержувала повнораціонні комбікорми (ПРК), рецептура яких представлена у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Склад повнораціонного комбікорму для перепілок

Інгредієнти корму	Вік перепелів		
	Старт 0–3 тижні	Відгодівля 4–6 тижні	Несучка від 6 тижнів
1	2	3	4
Кукурудза	38,80	43,00	45,00
Пшениця	12,00	12,50	7,50
Шрот соняшниковий	6,00	10,00	15,00

Продовження таблиці 2.5.

1	2	3	4
Макуха соєва	30,20	20,50	14,00
М'ясо-кісткове борошно	5,00	5,00	5,00
Олія соєва	3,00	4,00	3,00
Вапняк	–	–	8,00
Поживна цінність комбікорму, %			
Обмінна енергія, ккал	310	318	290
Сирий протеїн	22,00	20,00	19,00
Сира клітковина	3,50	4,10	5,00
Сирий жир	8,10	8,40	7,20
Кальцій	1,05	1,00	3,00
Фосфор	0,69	0,70	0,71
Натрій	0,16	0,16	0,18
Лізін	1,34	1,26	1,08
Метіонін	0,69	0,65	0,48
Метіонін+цистин	1,05	1,00	0,81
Треонін	0,86	0,84	0,75
Триптофан	0,25	0,22	0,20
Вітамін А, М.О.	16000	16000	13000
Вітамін Д3, М.О.	3000	3000	2700
Вітамін Е, мг/кг	40	40	35

Птиця контрольної групи, відповідно до норм годівлі [39], одержувала мінеральний премікс, який містив (*грам на тонну комбікорму*): Mn – 80; Zn – 75; Fe – 10,0; Cu – 5,0; Co – 1,0; I – 0,3 – у формі неорганічних солей.

Перепілкам дослідних груп вполювали (за схемою, представленою на таблиці 2.6) мінеральний комплекс із цих же мікроелементів, але у формі цитратів нанотехнологічного походження, виготовлених на основі

нанотехнологій у ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології» (м. Київ),

Співвідношення вмісту елементів в обидвох (контрольній і дослідних групах цього виду птиці) мінеральних добавках було однаковим, а їх кількість – відмінною. При цьому, в перерахунку на мікроелементи, перепілки дослідних груп одержували меншу їх кількість, відповідно на 50, 75, 90 та 95 %, порівняно з птицею контрольної групи

Таблиця 2.6

Схема досліду

Група	Характер живлення
Контроль	ПК+СП (стандартний премікс)
1 дослідна	ПК+ комплекс мінеральних речовин у формі аквацитрату (кількість біоелементів становить 50 % від кількості у СП)
2 дослідна	ПК+ комплекс мінеральних речовин у формі аквацитрату (кількість біоелементів становить 25 % від кількості у СП)
3 дослідна	ПК+ комплекс мінеральних речовин у формі аквацитрату (кількість біоелементів становить 10 % від кількості у СП)
4 дослідна	ПК+ комплекс мінеральних речовин у формі аквацитрату (кількість біоелементів становить 5 % від кількості у СП)

Упродовж досліду, який тривав чотири місяці, спостерігали за фізіологічним станом перепілок, їх продуктивністю (несучість, початок та пік яйцекладки) та якістю яєць. У кінці досліду було проведено зважування та забій птиці і для досліджень відібрано вмістиме сліпих кишок, а також тканини печінки, підшлункової залози і хімус дванадцятипалої кишки, а також яйця.

У біоматеріалі визначали:

- у тканинах підшлункової залози і хімусі дванадцятипалої кишки – концентрацію розчинного білка за методом Лоурі [237], активність протеаз – за Кунітцем [238], амілази – за методом Каравея [239], ліпази – за методом Тітца [240];
- у вмістимому сліпих кишок перепілок – склад мікрофлори за методом описаним вище [232];

- яйця – морфометричні та біохімічні показники за загальноприйнятими методами [233];
- вміст мікроелементів (Fe, Cu, Co, Mn, Zn) в грудному і стегновому м'язах, печінці та жовтках яєць – методом атомно-адсорбційної спектрофотометрії [233];
- вміст Йоду в жовтках яєць нітратно-роданідним методом [241].

Обробку і аналіз експериментального матеріалу проводили за допомогою пакету прикладних програм «Excel-98». Оцінкою вірогідності різниці між досліджуваними показниками слугував критерій Стьюденса (Лапач С.Н., 2000) [242].

Результати середніх значень вважали статистично вірогідними за:
* – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

2.2. Основні методи досліджень

Визначення кількості еритроцитів. Число червоних кров'яних тілець визначали фотонейфелометрично за методикою Є.С. Гаврилець і співавт. Принцип методу базується на фотометричній реєстрації густини розчину залежно від кількості еритроцитів у крові [233].

Визначення кількості лейкоцитів. Підрахунок числа лейкоцитів здійснювали у визначеному об'ємі камери Горяєва з відомим розведенням крові. Лейкограму оцінювали за морфологічними показниками кількості клітин білої крові з диференційованим підрахунком різних форм лейкоцитів [233].

Визначення вмісту Т- і В-лімфоцитів. Визначення кількості Т- і В-лімфоцитів та їх субпопуляцій у крові визначали методом розеткоутворення (Е-РУЛ і ЕАС-РУЛ). Наявність різних маркерів і рецепторів на поверхні лімфоцитів дозволяє диференціювати їх один від одного. Однією з характерних ознак Т-лімфоцитів тварин є присутність на їх поверхні рецепторів для гетерогенних еритроцитів. В-лімфоцити на клітинній мембрані окрім власних

імуноглобулінів містять рецептори для фрагменту Fe-фрагменту і третього компоненту комплементу (C_3). Визначення цих функціональних структур покладено в основу методів визначення кількості Т- і В-клітин крові.

У крові птиці визначали кількість Т- і В-лімфоцитів та їх субпопуляцій методом розеткоутворення з еритроцитами барана [224], вираховували імунорегуляторний індекс – співвідношення кількості Т-лімфоцитів-хелперів до Т-лімфоцитів-супресорів.

Суспензію лімфоцитів для визначення Т- і В-лімфоцитів і їхніх субпопуляцій (Т-хелперів та Т-супресорів) отримували із стабілізованої гепарином крові [518], додаючи до неї суміш із 9 %-ного водного розчину фіколу (“Pharmacia”, Швеція) і 38 % водного розчину верографіну (“Спофа”, Чехія) у співвідношенні 16:7. Кількість лімфоцитів підраховували в камері Горяєва, доводячи їх кількість до 1,5-2,5 млн./мл. Еритроцити 3-4 рази відмивали забуференим фізрозчином (ЗФР), шляхом центрифугування впродовж 10 хв. при 1500 об/хв., з них готували 0,5 % розчин еритроцитів. Для В-лімфоцитів готували ЕАС-систему (еритроцити сенсibiliзовані антитілами і комплементом). Цю систему готували таким чином: до 2 мл 2,5 % еритроцитів додавали 2 мл розведеної гемолітичної сироватки та інкубували 30 хвилин при $t=37^{\circ}\text{C}$. Потім суміш центрифугували 10 хв. при 1500 об/хв. Відбирали надосад, а до осаду додавали 4 мл ЗФР і знову центрифугували 10 хв. при 1500 об/хв. До цієї суміші додавали 2 мл розведеного комплементу, і знову інкубували та центрифугували у попередньому режимі. Осад відливали і доводили вміст пробірки до 10 мл ЗФР. Пробірки позначали літерами В, Е, Т; у пробірки В вносили 0,1 мл лімфоцитів та 0,1 мл системи ЕАС, у пробірки Е — 0,1 мл лімфоцитів та 0,1 мл 0,5 % ЕБ, у пробірки Т — 0,1 мл лімфоцитів та 0,1 мл 0,09 % розчину теофіліну. Після інкубації та центрифугування проводили фіксацію клітин за допомогою 0,3 % глютарового альдегіду, а потім у всі пробірки додавали 0,4 мл H_2O і центрифугували впродовж п'яти хвилин при 1000 об/хв. Осад ресуспензували та робили мазок. Мазок фіксували метанолом й обробляли фарбою Романовського-Гімза. Розетки підраховували

під мікроскопом. За „розетку“ вважали лімфоцит, на поверхні якого рецепторами було приєднано три і більше еритроцитів барана. Число Т-клітин з переважно супресорною активністю (ТФЧ) вираховували шляхом віднімання числа теофілінрезистентних Т-клітин (ТФР) від загального числа Т-лімфоцитів. Імунорегуляторний індекс (ІРІ) розраховували, як співвідношення теофілінрезистентних Т-клітин до теофілінчутливих [243, 244].

Визначення концентрації гемоглобіну в крові. Суть методу полягає у здатності гемоглобіну при взаємодії з заліzosинеродистим калієм окиснюватися до метгемоглобіну, утворюючи з ацетонангідридом гемоглобінціанід, оптична густина якого при 540 нм прямо пропорційна концентрації гемоглобіну в зразку крові [233].

Визначення гематокритної величини. Принцип методу І.П. Кондрахіна оснований на центрифугуванні цільної крові, впродовж певного часу, з постійним повертанням центрифуги. Результат отримують за використання відповідної шкали [233].

Визначення фагоцитарної активності нейтрофілів (псевдоеозинофілів). Принцип методу оснований на здатності нейтрофільних гранулоцитів (у птиці псевдоеозинофілів) фагоцитувати мікробні клітини. В якості тест-культури (за Чумаченко В.Е.) використовується культура *Staphylococcus aureus* або *Escherichia Coli* (штам №078). Серед показників фагоцитозу визначали фагоцитарну активність (ФА) – за кількістю активних лейкоцитів із 100 підрахованих (%); фагоцитарний індекс (ФІ) – за кількістю фагоцитованих мікробних тіл, яка припадає на один активний нейтрофіл і характеризує поглинаючу здатність фагоцитів та фагоцитарне число (ФЧ), що являє собою кількість мікробних тіл на 100 підрахованих псевдоеозинофілів [233].

Вираховують фагоцитарний індекс і фагоцитарне число за формулами:

ФІ = кількість фагоцитованих мікроорганізмів : ФА;

ФЧ = кількість фагоцитованих мікроорганізмів : 100.

Визначення вмісту загального протеїну і його фракцій. Рівень загального протеїну визначали за біуретовою пробою, а вміст окремих його фракцій – турбідиметричним способом за Л.М. Дилекторською [233]. Принцип методу оснований на здатності розчину протеїну у присутності лужного розчину *Купруму* давати фіолетове забарвлення, інтенсивність якого пропорційна концентрації білка в досліджуваній пробі.

Визначення амінного азоту в плазмі крові. Визначення вмісту амінного азоту проводили нінгідриним методом. Принцип методу полягає в тому, що розчин вільних амінокислот при нагріванні з розчином нінгідрину забарвлюється у фіолетово-синій колір. Реакція зумовлена взаємодією аміногруп з нінгідрином. При цьому амінокислоти окиснюються і розкладаються з утворенням аміаку, альдегіду і вуглекислоти. Нінгідрин відновлюється і конденсується з іншою окисненою молекулою нінгідрину і аміаку, утворюючи барвник фіолетово-синього кольору [245].

Визначення активності амінотрансфераз. Активність аспаратамінотрансферази (АсАТ) (К.Ф.2.6.1.1.) і аланінамінотрансферази (АлАТ) (К.Ф.2.6.1.2.) визначали за уніфікованим динітрофенілгідразиним методом Райтмана-Френкеля. Принцип методу полягає у тому, що внаслідок переамінування, яке проходить за дії аспаратамінотрансферази, утворюється глютамінова і піровиноградна кислоти, а при дії аланінамінотрансферази – щавлева і піровиноградна кислоти. При додаванні 2,4-динітрофенілгідразину в лужному середовищі утворюється забарвлений гідразон піровиноградної кислоти, інтенсивність забарвлення (визначали за допомогою приладу «Spectol» при довжині хвилі 530 нм) якого прямопропорційна активності ензиму [233]. Активність ензимів виражали у мікромолях (мкмоль) піровиноградної кислоти на грам тканини за годину інкубації.

Визначення активності лужної фосфатази. Активність вказаного ензиму визначали за методом Боданського. Принцип методу полягає у тому, що під впливом фосфатази натрій β-гліцерофосфат піддається гідролізу з

вивільненням неорганічного фосфату, кількість якого визначається фотоколориметрично за кольоровою реакцією з молібденовокислим амонієм і аскорбіною кислотою. Активність лужної фосфатази досліджували за рН 8,6 [233]. Екстинції проб вимірювали на ФЕКу-56, при довжині хвилі 630–690 нм. Активність фосфатази виражали мкмоль×хв. г тканини.

Визначення вмісту глікогену. Принцип методу полягає в тому, що при гідролізі тканини розчином КОН з наступним промиванням осаду етанолом, глікоген випадає в осад [233]. Після цього його гідролізують сірчаною кислотою до глюкози.

Підрахунок проводять за формулою:

$$X=m \times V \times 0,927 \times 100 / V_1 \times P$$

де:

m – кількість глюкози в гідролізаті, мг;

V – загальний об'єм гідролізату (25 мг);

V₁ – об'єм гідролізату, взятого для визначення, мл;

P – наважка тканини, г;

0,927 – коефіцієнт переведення глюкози в глікоген.

Вміст глікогену виражали у %.

Визначення активності циркулюючих імунних комплексів (ЦІК).

Принцип методу визначення ЦІК в сироватці крові птиці ґрунтується на вибірковій преципітації імунних комплексів, що знаходяться в крові, високомолекулярним поліетиленгліколем з наступним обліком результатів прямим спектрофотометруванням при довжині хвилі 315 нм [246, 247].

Визначення лізоцимної активності сироватки крові (ЛАСК).

Визначення активності лізоциму полягає у вимірюванні на ФЕК-М56 зміни оптичної густини мікробної зависі *Ms. lisodecticus* під впливом лізоциму досліджуваного розчину [233].

Визначення бактерицидної активності сироватки крові (БАСК).

Встановлюють фотонелометрично з використанням добової культури

кишкової палички (*Esherichia coli*) за оптичною густиною мікробної зависі і досліджуваного розчину[233].

Визначення протеолітичної активності. Активність ферментів визначали за методом Кунітца [238].

Принцип методу. Продукти гідролізу казеїну протеїназою – ТХО розчинні пептиди – визначають у фільтраті з використанням реактиву Фоліна-Чекальтеу. Концентрація пептидів у середовищі за умов реакції прямо пропорційна активності протеїназ.

Активність визначали шляхом дослідження ступеня гідролізу казеїну ензимами гомогенату тканин. Активність протеїназ у тканинах визначали шляхом інкубації гомогенату тканин з казеїном протягом 60 хвилин при рН-7,0 з наступним визначенням кількості звільненого тирозину.

Визначення амілолітичної активності. Суть методу полягає в оцінці кольорової реакції з 3,5-динітросаліциловою кислотою, яка в лужному середовищі, в присутності редукуючих цукрів перетворюються в 3-аміно-5нітросаліцилову кислоту. Про амілолітичну активність судили за зменшенням інтенсивності забарвлення на ФЕКу, при довжині хвилі 640 нм. Амілолітичну активність виражали у од. акт./хв.×г білка [239].

Визначення ліполітичної активності. (К.Ф.3.1.1.3.) Аналіз активності ліпази ґрунтується на визначенні продуктів ферментолізу – гліцерилу вільних жирних кислот. В якості субстрату за цього методу використовують жирову емульсію Ліпофундину С-20. У процесі ферментативного гідролізу вивільняються жирні кислоти, які титруються лугом. Ліполітичну активність виражали у од. акт./г білка [240].

Визначення видового та кількісного складу мікрофлори кишечника. Пробу вмісту кишки (1 г) вилучають в стерильних умовах і розчиняють у фізрозчині (1:10) для визначення кількісного та якісного складу мікрофлори [232]. Після розчинення, 100 мкл кожної проби переносять у наступні

середовища: Ендо-агар (DDPBZ, Ukraine) для *E.coli*, жовтково-сольовий агар (ІВТ, Ukraine) для стафілококів, МПА для стрептококів (ІВТ, Ukraine), вісмут-сульфітний агар (Mikrogen, Ukraine) і агар Плоскірева (Mikrogen, Ukraine) для *Salmonella* і *Shigella* spp, агар Саборо (Albatim, Ukraine) для грибів, середовище Блаурока (ІВТ, Ukraine) для біфідобактерій та лактобактерій. Ці культуральні середовища інкубують при 37°C протягом 24-72 год. Після інкубації окремі колонії на селективних середовищах підраховують і перераховують на 1 г проби. Ідентифікацію колоній проводять за морфологічними, культуральними, фізіологічними та біохімічними властивостями.

Гістологічне дослідження органів та тканин. Метод ґрунтується на специфічному зафарбуванні структурних елементів клітин. Гематоксилін фарбує ядра клітин, хромосоми і деякі інші утворення у синій та синьо-чорний колір, а еозин фарбує мікроструктури тканин, що містять основні білки в яскраво червоний колір [234, 248].

Визначення вмісту мікроелементів у тканинах та жовтках яєць. Вміст мікроелементів у біологічному матеріалі визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 ПК [233].

Для проведення аналізу відібрані взірці жовтків яєць висушували у сушильній шафі (за температури 100–105°C) до сталої маси і спалювали у муфельній печі за температури 450–500°C до повного озолення. Отриману золу охолоджували і розчиняли в 10 % розчині НСІ. Отримані розчини золи спектрофотометрували при строго визначеній довжині хвилі на С-115 ПК з комп'ютерною програмою, яка з урахуванням ступеня розведення забезпечувала одержання цифрових даних вмісту досліджуваного елемента.

Визначення вмісту Йоду. Вміст Йоду, зв'язаного з білками визначали нітритно-роданідним методом [241]. Суть методу полягає у каталітичній дії йодид-йону в реакції окиснення роданід-йону Ферумом.

Попередньо у пробі осаджують сульфатом Цинку фракцію Йоду зв'язаного з білками, промивають осадок, висушують і спалюють в муфельній

печі при $t=480^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$. З одержаної золи, йодид калію вилужують 10 мл бідистильованої води. У пробірку з притертим корком вносять 4 мл цього розчину, прибавляють 0,4 мл розчину роданіду калію, 1 мл нітриту натрію і 1,6 мл залізоамонійних галунів, добре збовтують і через 30 хвилин визначають оптичну густину на спектрофотометрі при довжині хвилі $\lambda=420$ нм в кюветах на 10 мл проти бідистильованої води. Вміст Йоду визначають за калібрувальною кривою, яку будують, використовуючи розчин йодиду калію, що містить 0,01 мкг Йоду.

Визначення вмісту загальних ліпідів (метод Фолча). Принцип методу полягає у тому, що ліпопротеїдні комплекси руйнуються полярним розчинником (метанолом), сприяючи їх екстракції неполярним розчинником (хлороформом) [233]. Метод дозволяє звільнити ліпідний екстракт від неліпідних речовин шляхом промивання.

У колбочки з притертими корками вносили 1 частину подрібненої тканини і додавали двадцять частин суміші хлороформ-метанолу у співвідношенні 2:1. Утворену суспензію старанно і ретельно струшували та залишали на 12 годин при кімнатній температурі для екстракції. Потім суміш профільтровували через обезжирений фільтр, осад двічі промивали екстрагуючою сумішшю (по 5 мл), а екстракти об'єднували. Для видалення водорозчинних неліпідних сумішей до екстракту додавали 0,74 % розчин KCl, у кількості рівній $1/5$ об'єму ліпідного екстракту. Суміш знову струшували і залишали на 12 годин для відстоювання. Після 12-ти годинного відстоювання утворилась двофазна система. Верхній шар водно-метаноловий, відсмоктували за допомогою водоструменевої помпи, а нижній – концентрували на роторному випарювачі. Кількість ліпідів у тканині визначали гравіметричним методом після концентрування на роторному випарювачі.

Цей метод найбільше придатний для визначення сумарної кількості ліпідів шляхом зважування сухого залишку.

Екстракт ліпідів, який отримали за методом Фолча, висушували шляхом відгонки випарювача, а відтак доводили до постійної маси у вакуум-ексикаторі. Для цього, проби поміщали в ексикатор, заповнений вологовловлювачем (фосфорний ангідрид, концентрована H_2SO_4 , сухий NaOH або $CaCl_2$). Через дві години проби зважували на аналітичній вазі і визначали кількість ліпідів за формулою:

$$(A - B) * 100 / C = \text{мг\%}$$

де:

A – маса бюкса з ліпідом

B – маса бюкса без ліпиду

C – маса тканини, мг.

Для визначення загальних ліпідів у плазмі крові, брали 2 мл плазми крові та 40 мл екстрагуючої суміші Фолча, а подальший хід визначення проводили за вищевказаним способом.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Морфологічні показники та протеїновий профіль крові бройлерів за включення їм до раціонів цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження

Клітинний та протеїновий склад крові курчат-бройлерів є одним з важливих показників функціонального стану організму, що визначають продуктивні якості. Отримані нами результати досліджень морфологічного складу крові свідчать про те, що вміст еритроцитів був дозозалежним від кількості поступлених в організм птиці мікроелементів у формі аквацитрату (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Морфологічні показники крові курей-бройлерів при застосуванні аквацитратів мікроелементів, ($M \pm m$, $n=15$)

Група	Показник			
	еритроцити, Т/л	гемоглобін, г/л	гематокрит, %	лейкоцити, Г/л
К	3,24±0,15	107,6±2,11	30,3±0,96	35,7±1,76
Д ₁	3,08±0,18	100,4±3,06	30,5±0,67	44,3±2,01*
Д ₂	3,22±0,12	104,2±2,88	30,1±0,62	38,5±2,20
Д ₃	3,36±0,16	110,4±2,28	32,7±0,38	33,4±1,78
Д ₄	3,80±0,24*	116,8±2,16*	31,6±0,82	34,0±1,67
Д ₅	2,92±0,13	95,8±2,04**	28,8±0,43	45,3±1,89**

Вірогідні зміни кількості еритроцитів у крові курей було виявлено лише у курей четвертої дослідної групи ($P < 0,05$). Однак, відзначена тенденція до зниження числа червоних кров'яних тілець у курчат першої і п'ятої дослідних груп, які отримували з водою аквацитрати біометалів у максимальній (1:1) і мінімальній (0,1:1) досліджуваних дозах, порівняно із рекомендованим вмістом мікроелементів у складі стандартного мінерального преміксу в неорганічній формі.

При цьому, характерною була закономірність щодо тенденційного зростання кількості еритроцитів із зменшенням мікроелементів у формі аквацитрату в складі корму. Так, у бройлерів четвертої дослідної групи кількість червоних кров'яних тілець була на 17,3 % ($P < 0,05$) вищою, ніж в контролі, і на 23,2 % ($P < 0,01$) вищою, ніж у птиці п'ятої дослідної групи, які отримували нийнижчу кількість досліджуваних біометалів у формі цитрату.

Рівень гемоглобіну в крові бройлерів четвертої дослідної групи перевищував показники курчат контрольної групи на 8,6 ($P < 0,05$), тоді як вживання цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження за мінімально досліджуваної дози (група Д₅) сприяло вірогідному його зниженню на 12,3% ($P < 0,01$). У цій же групі найнижчою, у порівнянні з контролем, була також гематокритна величина.

Очевидно, що вживання птиці наноцитратів мікроелементів у кількості, що є рівною їх вмісту в складі стандартного преміксу, є теж не резонним, оскільки характеризувалося пригніченням гемопоезу. У птиці групи Д₁ вміст гемоглобіну в крові був на рівні 93,3 %, по відношенню до курчат-бройлерів контрольної групи.

Виявлені тенденції щодо забезпечення ефективного еритропоезу в птиці, яка отримувала мікроелементи в кількості, що становила 50 та 25 % від їх рівня у неорганічному мінеральному преміксі, знайшли своє відображення й при аналізі числа лейкоцитів в їх крові. Так, кількість білих кров'яних тілець у

бройлерів цих груп дещо знижувалася. Випоювання курчатам впродовж досліду біометалів у формі аквацитратів у вищих дозах (група Д₁ і Д₂) характеризувалось незначним зростанням у крові числа лейкоцитів. Однак, найбільш характерні зміни даного показника відзначені за ймовірного дефіциту лімітуючих мікроелементів. Кількість лейкоцитів в крові птиці групи Д₅ вірогідно перевищувала аналогічний показник контролю на 26,9 % (P<0,01).

За оцінкою лейкограми крові (табл. 3.2) встановлено, що випоювання бройлерам мікроелементів у формі аквацитрату сприяло зростанню в крові лімфоцитів та зниженню відсотка псевдоеозинофілів у птиці другої, третьої та четвертої дослідних груп. Найбільш вагоме збільшення лімфоцитів (на 24,5 %, P<0,05) нами відзначено у птиці третьої дослідної групи, що отримувала аквацитрати мікроелементів в четвертинній, по відношенню до контролю, кількості. Крім того, у курчат цієї групи вірогідно знижувався відсоток псевдоеозинофілів (на 29,0 %, P<0,01).

Таблиця 3.2

**Лейкограма крові курчат-бройлерів за різного рівня цитратів
мікроелементів, % (M±m, n=15)**

Показник	Група					
	К	Д ₁	Д ₂	Д ₃	Д ₄	Д ₅
Базофіли	0,8±0,1	0,7±0,5	0,6±0,4	0,6±0,1	0,6±0,2	0,9±0,2
Еозинофіли	5,8±0,8	5,9±0,2	5,5±0,2	5,6±0,3	5,5±0,2	6,1 ±0,3
Псевдо- еозинофіли	39,7±0,9	40,4±1,6	36,6±0,8	28,2±0,9*	36,5±1,4	43,8±1,3
Лімфоцити	46,9±1,2	46,2±1,2	50,2±1,7	58,4±1,3*	50,6±2,4	42,4±2,8
Моноцити	6,8±0,4	6,8±0,8	7,1±0,5	7,2±0,3	6,8±0,1	6,8±0,3

Отримані нами результати біохімічних досліджень (табл. 3.3) свідчать про вірогідне зростання вмісту загального протеїну в сироватці крові птиці четвертої дослідної групи. Ознаки пригнічення протеїнсинтезувальної функції,

виявлені у курчат п'ятої дослідної групи, є, по всій імовірності, результатом недостатньої кофакторної активності аквацитратів мікроелементів через їх надто малу кількість.

Фракційний склад протеїнів (табл. 3.3) відображає адаптаційну здатність і резистентність організму. Нами виявлено позитивну тенденцію щодо зростання в сироватці крові курчат третьої і четвертої дослідних груп протеїнів альбумінової та γ -глобулінової фракцій ($P < 0,05$), що свідчить про інтенсифікацію в їх організмі протеїнового обміну.

Таблиця 3.3

**Біохімічні показники крові курей за дії різних доз аквацитратів
мікроелементів ($M \pm m$, $n=15$)**

Показник	Група					
	К	Д ₁	Д ₂	Д ₃	Д ₄	Д ₅
Протеїн загальний, г/л	28,90±1,82	28,06±2,20	30,20±1,82	32,12±2,0	34,64±1,32*	26,18±1,84
Альбуміни, %	40,20±1,1	38,1±3,3	39,8±2,7	42,2±1,4*	40,1±3,7	36,8±1,9
α -глобуліни, %	20,4±1,80	23,3±1,9	21,2±2,7	17,3±1,6	21,5±2,0	25,6±1,8
β -глобуліни, %	19,6±1,20	19,8±1,7	18,8±2,0	18,2±1,9	18,4±1,2	20,8±1,7
γ -глобуліни, %	19,8±1,30	18,8±2,0	20,2±1,8	22,3±1,8*	20,0±1,5	16,8±1,9
АЛАТ, мкмоль/год×л	0,43±0,02	0,46±0,04	0,45±0,04	0,39±0,06	0,40±0,02	0,50±0,02*
АсАТ, мкмоль/год×л	0,76±0,04	0,86±0,01	0,80±0,02	0,72±0,02	0,74±0,02	0,96±0,05*
ЛФ, мкмоль/год×л	0,88±0,03	0,92±0,01	0,90±0,04	0,86±0,02	0,86±0,04	0,92±0,03
Амінний азот, ммоль/л	8,6±0,43	7,91±0,5	7,8±0,61	8,9±0,22	8,8±0,54	7,10±0,41**

Деяке зниження концентрації загального протеїну в сироватці крові курчат п'ятої дослідної групи характеризувалось зниженням відсотка альбумінів, γ -глобулінів та зростанням β -глобулінів.

Стосовно бройлерів першої дослідної групи, які отримували мікроелементи в органічній формі у кількості, що відповідала їх вмісту у неорганічній формі в стандартному преміксі, то суттєвих відхилень у показниках протеїнового обміну, порівняно з птицею контрольної групи, не відзначено.

Про інтенсивність обміну протеїнів у різних тканинах можна судити також за результатами дослідження активності амінотрансфераз (табл. 3.3), які переносять аміногрупи від аміно- до кетокислоти, а також лужної фосфатази, неспецифічного ензиму, що каталізує гідроліз багатьох фосфорних ефірів та присутній в плазмі у формі ізоферментів. Вважають, що активність амінотрансфераз є одним з індикаторів стану організму.

Нами, в експерименті на курах-бройлерах встановлено, що аквацитрати біоелементів забезпечують функціональну активність печінки у значно менших дозах (0,25-0,5:1), порівняно із рекомендованими кількостями мікроелементів в неорганічній формі. У курчат третьої і четвертої дослідних груп активність аланінамінотрансферази (АлАТ) і аспаратамінотрансферази (АсАТ), у цифрових вимірах, була близькою до показників курчат контрольної групи. Збільшення дози (групи Д₁ і Д₂) і максимальне її зниження (група Д₅), характеризувалось зростанням активності АлАТ, відповідно, на 7,0; 6,6 і 16,35 % (P<0,01) та АсАТ – на 13,2; 15,3 і 26,3 % (P<0,001). Наявне підвищення в крові курчат цих груп активності трансаміназ, очевидно, пов'язано із пригніченням в їх організмі протеїнсинтезувальної функції печінки, що часто корелює із зниженням у крові вмісту загального протеїну. Підтвердженням цьому, до певної міри, є отримані нами результати щодо зміни активності лужної фосфатази (ЛФ). Зниження вмісту амінного азоту в крові курчат п'ятої дослідної групи на 17,44 % (P < 0,01) є своєрідним

маркером катаболічних реакцій і засвідчує зниження інтенсивності обмінних процесів, які відбуваються на тлі критично малої дози лімітуючих мікроелементів, що поступають в організм птиці.

Таким чином, позитивний вплив на протеїновий обмін і клітинний склад крові у курчат-бройлерів проявляється за вполювання їм біоелементів у формі аквацитрату у кількостях, що еквівалентні 0,25 і 0,5 кількості мікроелементів у неорганічній формі.

Результати досліджень опубліковані у праці:

Медвідь, С. М. Клітинний і білковий профілі крові курчат-бройлерів за введення їм до раціону цитратів мікроелементів. *НТБ ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок та ІБТ НААН* 2017, 18 (2), с 28-33 [250].

3.2. Вплив аквацитрату мікроелементів на інтенсивність протеїнового обміну в тканинах курчат-бройлерів та продуктивність

Синтез тканинних протеїнів організму знаходився у прямій залежності від кількості і якості протеїну, що поступає з кормом. Адже протеїни корму є основним джерелом амінокислот, які використовуються для утворення протеїнів тканин і яєць. Їх вміст у раціонах має вирішальне значення у забезпеченні організму птиці пластичним матеріалом, необхідним для нормального метаболізму.

Результати проведених досліджень свідать про те, що форма і кількість введення мінеральних речовин, введених до раціону курчат-бройлерів впливали на інтенсивність протеїнового обміну в їх організмі. Так, встановлено, що вміст розчинних протеїнів у тканинах печінки та підшлункової залози збільшувався (табл. 3.4) у птиці всіх дослідних груп ($P < 0,01-0,001$), порівняно з контролем.

При цьому рівень протеїну досягав максимального значення у печінці бройлерів, які споживали мікроелементи у формі аквацитрату в кількості, що становила 25 % їх вмісту в стандартному мінеральному преміксі,

а в підшлунковій залозі – 50 % кількості біоелементів і неорганічній формі. Водночас, у слизовій оболонці та вмісті дванадцятипалої кишки їхній рівень суттєво не змінювався.

Важливим показником, який свідчить про інтенсивність розщеплення і засвоєння протеїнів корму є сумарний вміст вільних амінокислот у тканинах. Проведеними нами дослідженнями не виявлено вірогідних відмінностей між показниками птиці контрольної і дослідних груп.

Таблиця 3.4

Вміст розчинних протеїнів в тканинах курчат-бройлерів, г/л, $M \pm m$, n=15

Група	Тканина	
	печінки	підшлункової залози
Контрольна	27,65±0,84	33,043±0,39
1 дослідна	36,17±0,44***	40,17±0,51***
2 дослідна	36,87±0,59***	44,52±0,33***
3 дослідна	51,3±0,40***	49,39±0,33***
4 дослідна	53,21±0,69***	44,35±0,61***
5 дослідна	44,69±0,70***	37,49±0,82**

Про інтенсивність обміну протеїнів у різних тканинах можна судити також за результатами дослідження активності трансаміназ, які переносять аміногрупи від аміно- до кетокислоти. Вважають, що активність амінотрансфераз є одним з індикаторів стану організму.

Встановлено (табл. 3.5), що активність аланінамінотрансферази (АлАТ) у тканинах печінки курчат вірогідно зростала на 36,0, 26,6 та 21,3 % ($P < 0,01 - 0,001$) у птиці першої, другої та третьої дослідних груп, які з водою отримували біоелементи у формі аквацитрату в кількостях, що становили 100 %; 75 % та 10 % від рівня в стандартному преміксі.

У тканинах слизової оболонки дванадцятипалої кишки зміни були аналогічними. Тобто, активність АЛАТ зростає у птиці цих же дослідних груп, відповідно, на 11,9; 14,5 та 13,3 % ($P < 0,05-0,01$), порівняно з аналогами контрольної групи. Проте в тканинах підшлункової залози активність аланінамінотрансферази вірогідно зростає лише у птиці 5-ї дослідної групи (на 9,1 %, $P < 0,05$), а 1-ї – навпаки, знижувалась (на 15,2 %, $P < 0,5$), порівняно з показниками у птиці контрольної групи.

Таблиця 3.5

**Активність аланінамінотрансферази в тканинах курчат-бройлерів, од/л,
M±m, n=5**

Група	Підшлункова залоза	Слизова 12-палої кишки	Хімус 12-палої кишки	Печінка
Контрольна	0,330±0,018	0,427±0,013	0,373±0,013	0,375±0,011
1 дослідна	0,280±0,009*	0,478±0,010*	0,391±0,017	0,510±0,013***
2 дослідна	0,290±0,013	0,489±0,015**	0,396±0,012	0,475±0,011***
3 дослідна	0,315±0,013	0,449±0,016	0,388±0,011	0,384±0,014
4 дослідна	0,330±0,009	0,436±0,011	0,318±0,008	0,370±0,009
5 дослідна	0,360±0,010*	0,484±0,008**	0,384±0,01	0,455±0,017**

Щодо зміни активності АЛАТ у хімусі дванадцятипалої кишки, то вірогідних міжгрупових різниць нами не встановлено, як і не виявлено змін активності аспаратамінотрансферази у цій тканині (табл. 3.6).

Показано, що заміна в складі стандартного преміксу, який містив біоеlementи в неорганічній формі на мінеральну добавку з мікроелементів у формі наноаквацитрату призводила до змін активності АсАТ у тканинах печінки та підшлункової залози подібних до динаміки активності АЛАТ у цих тканинах.

Зокрема, активність аспаратамінотрансферази зростає у підшлунковій

залозі курчат першої дослідної групи на 8,0 % ($P < 0,001$) та знижувалась у бройлерів п'ятої дослідної групи на 18,1 % ($P < 0,001$), порівняно з контролем.

Разом з цим, порівняно з показниками в аналогів контрольної групи, у печінці активність АсАТ зростала у птиці 2-ї, 4-ї і 5-ї дослідних груп (відповідно на 6,7; 2,7 та 8,8 % ($P < 0,5-0,001$)), а першої дослідної групи, навпаки, знижувалась на 17,7 % ($P < 0,001$).

Щодо активності АсАТ у слизовій оболонці дванадцятипалої кишки, то вона зростала у птиці всіх дослідних груп, порівняно з контролем відповідно на 23,2; 6,9; 2,5; 5,2 та 7,7 %. При цьому, зміни активності у бройлерів, які споживали комплекс мікроелементів у формі аквацитрату в кількості, що становила 100, 75, 25 та 10 % їх вмісту в неорганічному преміксі, були вірогідними ($P < 0,05-0,001$).

Таблиця 3.6

**Активність аспартатамінотрансферази в тканинах курчат-бройлерів, од/л,
M±m, n=5**

Група	Підшлункова залоза	Слизова 12-палої кишки	Хімус 12-палої кишки	Печінка
Контрольна	1,458±0,016	0,714±0,012	0,542±0,016	1,47±0,012
1 дослідна	1,575±0,012***	0,880±0,016***	0,573±0,012	1,21±0,016***
2 дослідна	1,469±0,015	0,763±0,012**	0,562±0,011	1,57±0,014***
3 дослідна	1,471±0,012	0,732±0,012	0,560±0,012	1,43±0,016
4 дослідна	1,262±0,022	0,751±0,021*	0,548±0,008	1,51±0,02*
5 дослідна	1,194±0,012***	0,769±0,017**	0,576±0,009	1,60±0,012*

Однак, не зважаючи на певні зміни в динаміці активності амінотрансфераз, їх співвідношення (коефіцієнт де-Рітиса) було у фізіологічних межах для кожної з досліджуваних груп бройлерів.

Лужна фосфатаза (ЛФ) є ензимом із групи гідролаз, який впливає на процес відкладення Кальцію в кістковій тканині, а також на транспорт і обмін ліпідів. У наших дослідженнях вірогідне підвищення активності лужної фосфатази у 2,5 раза в тканинах печінки (рис.1) встановлено лише у курей 5-ї дослідної групи ($P < 0,001$), хоч тенденцію до збільшення відзначено й у бройлерів першої дослідної групи.

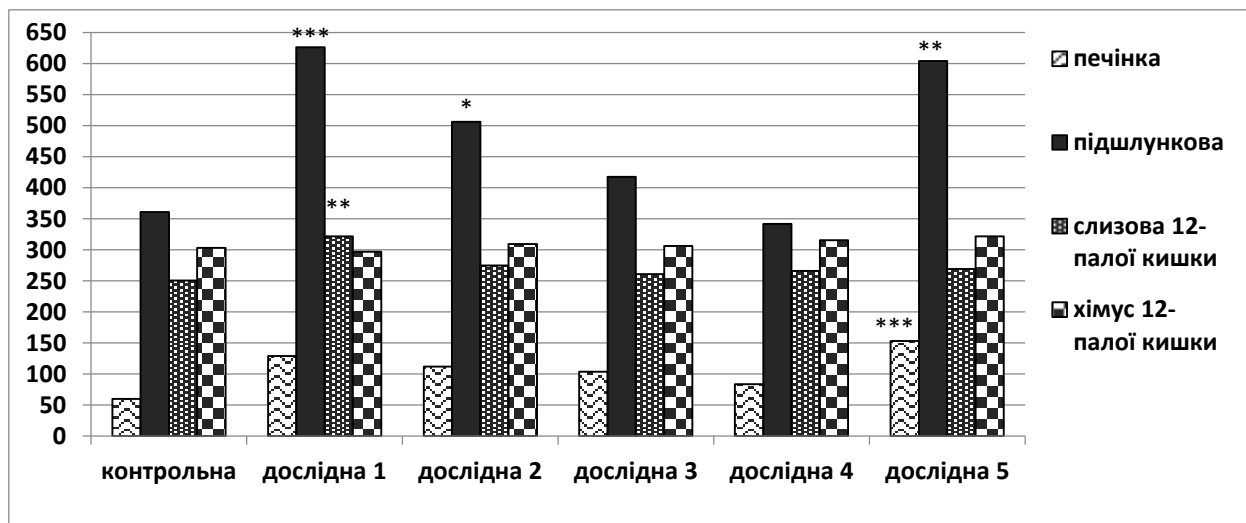


Рис. 1. Активність лужної фосфатази в тканинах курчат-бройлерів (Од/л).

Зважаючи на те, що лужну фосфатазу вважають маркерним ензимом за патології печінки, можна зробити висновок, що кількість мікроелементів (100 і 10 % від рівня в СП) у формі наноцитрату, яку отримували курчата 1-ї та 5-ї дослідних груп не відповідає потребам організму. Це підтверджується результатами наших попередніх досліджень у крові, адже, як відомо, активність ЛФ у сироватці крові становить загальну активність її ізоферментів, що містяться в печінці, кістках, нирках, слизовій оболонці кишечника та плаценті. Показано, що за таких же умов активність ЛФ в крові бройлерів саме цих двох груп була вищою на 4,5 %, порівняно з аналогами контрольної групи.

Водночас, у тканинах підшлункової залози птиці 1-ї, 2-ї та 5-ї груп, активність ЛФ зростала ($P < 0,05-0,001$), відповідно на 74,5 %; 40,4 % та 67,8 %.

Тоді як у хімусі дванадцятипалої кишки – не зазнавала змін і була в межах 297,09–321,84 Од/л. У тканинах слизової оболонки дванадцятипалої кишки активність ензиму вірогідно ($P < 0,01$) зростала в курчат першої дослідної групи і становила $321,84 \pm 14,89$ Од/л проти $250,67 \pm 14,05$ Од/л у птиці контрольної групи.

Про метаболічні порушення в організмі може свідчити й підвищення активності кислої фосфатази. У наших дослідженнях встановлено, що активність кислої фосфатази в сироватці крові була у фізіологічних межах (7,12-9,54 Од/л) у курчат всіх груп (контрольної і п'яти дослідних) і вірогідно не змінювалась.

Отже, за отриманими результатами можна зробити висновок про те, що заміна неорганічної форми Fe, Co, Mn, Cu, Zn та I у складі мінерального преміксу на їх органічну форму (наноаквацитрат) спричиняє зміни інтенсивності процесів протеїнового обміну в організмі курчат-бройлерів, які свідчать про стимулювальний вплив на протеїнсинтезувальну функцію печінки та продуктивність курчат бройлерів (маса тіла та середньодобові прирости). Показано, що характер змін був дозозалежним і оптимальною була кількість цитратованих мікроелементів, що становила 25 % від їх рівня в стандартному преміксі. При цьому, за впоювання птиці мінерального комплексу цитратованих біоелементів у кількості, що становила 50 % від їх рівня в стандартному преміксі, спостерігався подібний, але менш виражений ефект.

Результати досліджень опубліковані у праці:

Медвідь, С. М.; Гунчак, А. В.; Стефанишин, О. М.; Пащенко, А. Г. Вплив наноцитрату мікроелементів на інтенсивність протеїнового обміну в тканинах курчат-бройлерів та продуктивність. *Біологія тварин* 2018, 20 (2), с 58-64. [250].

3.3. Активність гідролітичних ензимів органів травного каналу курчат-бройлерів за впливу мікроелементів у формі аквацитратів

Результати проведених досліджень свідчать про те, що форма і кількість уведених мінеральних речовин у раціон курчат-бройлерів впливали на активність гідролітичних ензимів в організмі птиці. Зокрема, встановлено (рис.1), що ліполітична активність дуоденального вмісту дванадцятипалої кишки вірогідно зростала ($P < 0,001$) у птиці всіх дослідних груп, порівняно з показниками в контролі.

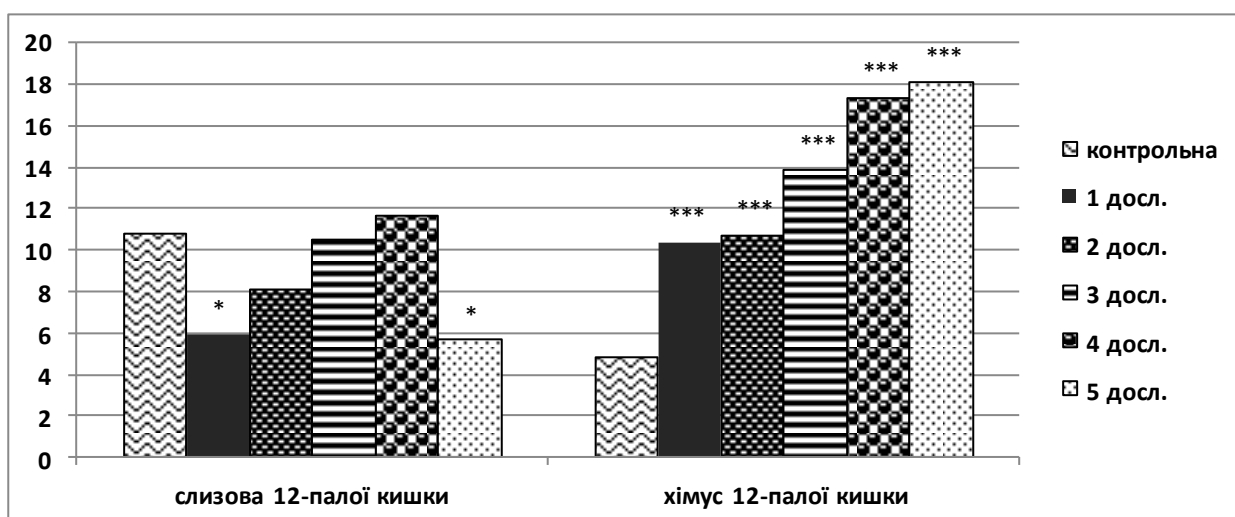


Рис. 2. Ліполітична активність, од.акт./хв.*г білка

При цьому, зміни ліполітичної активності в тканинах слизової оболонки дванадцятипалої кишки курчат були іншими. А саме – за введення в раціон наночастинок мінеральних речовин у формі цитрату в кількості що відповідала їх вмісту в СП (перша дослідна група), а також 1/10 від вмісту в СП (п'ята дослідна група) активність ліпаз була майже вдвічі нижчою ($P < 0,05$), порівняно з аналогами в контрольній групі. Лише за умови вживання аквацитрату наночастинок біоелементів у 50 % та 25 % від вмісту в СП ліполітична активність була на рівні контролю відповідно з числовим виразом $10,76 \pm 1,89$; $10,54 \pm 0,96$ та $11,67 \pm 1,19$ од.акт./хв.*г білка.

Щодо ліполітичної активності, то в тканинах печінки характер її змін був подібним до таких у тканинах слизової оболонки дванадцятипалої кишки (табл. 3.7), а в тканинах крові та підшлункової залози – вірогідних відмінностей між показниками у бройлерів контрольної та дослідних груп нами не зафіксовано.

Активність процесів травлення є результатом добре скоординованих і взаємозв'язаних реакцій різних органів, зокрема тонкої кишки і підшлункової залози. Так, тонка кишка, що представляє собою орган мембранного травлення і всмоктування, який реалізує кінцеве розщеплення субстратів корму за рахунок ензимів власної слизової оболонки, а також адсорбованих на поверхні слизової оболонки кишки панкреатичних ензимів, а підшлункова залоза, завдяки синтезу основної маси панкреатичних ензимів, які потрапляють у просвіт дванадцятипалої кишки, забезпечує її участь у порожнинному травленні.

Таблиця 3.7

Ліполітична активність в тканинах курчат-бройлерів за впливу аквацитрату мікроелементів, од.акт./г білка

Група	Тканина		
	сироватка крові	печінки	підшлункової залози
Контрольна	4,567±0,42	65,09±4,69	671,85±48,61
Дослідна 1	4,170±0,47	48,86±2,88*	591,20±31,80
Дослідна 2	3,560±0,38	63,57±7,29	660,35±43,48
Дослідна 3	4,847±0,58	69,81±2,52	662,94±27,91
Дослідна 4	4,929±0,49	78,18±4,09	741,77±32,83
Дослідна 5	4,137±0,62	44,41±1,07**	530,88±19,96

Додавання до води наночастинок біоелементів у формі цитрату сприяло вірогідному підвищенню ($P < 0,001$) амілолітичної активності в хімусі дванадцятипалої кишки курчат-бройлерів усіх дослідних груп (рис. 3)

відповідно в 1,37; 1,30; 1,20; 1,49; 1,38 раз, порівняно з контролем.

Спостерігалось підвищення амілолітичної активності й у тканинах слизової оболонки 12-палої кишки другої, третьої, четвертої та п'ятої дослідних груп, відповідно у 1,19; 1,66; 1,19; 1,33 раз, порівняно з контролем. При цьому, за випоювання курчатам наночастинок біоелементів у формі цитрату в кількості, що відповідала їх вмісту в СП, активність амілаз залишалась на рівні показників птиці контрольної групи.

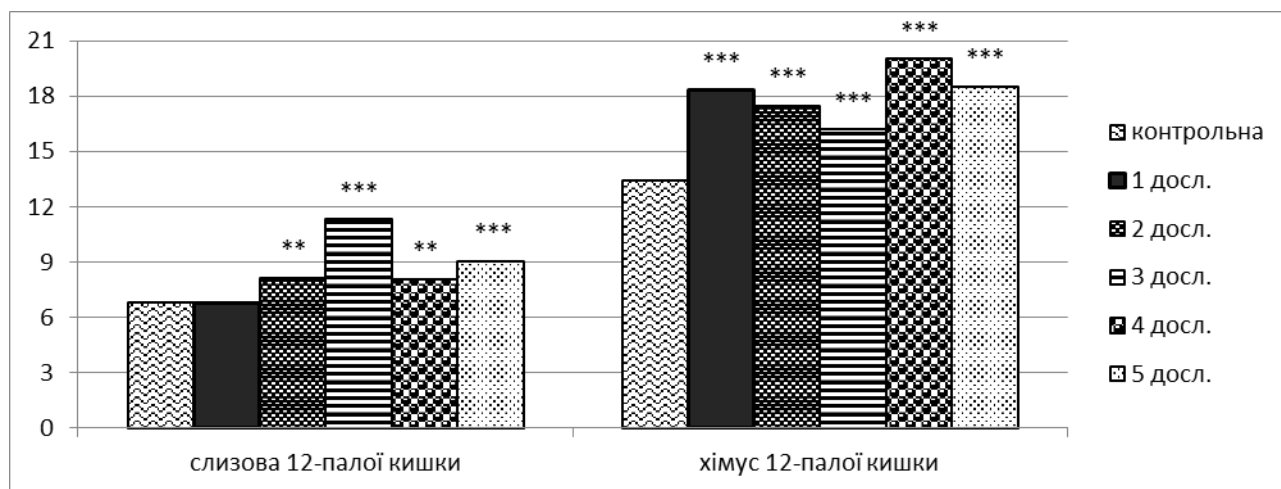


Рис. 3. Амілолітична активність, од.акт./хв.×г білка

Результати визначення показників амілолітичної активності у сироватці крові, тканинах печінки та підшлункової залози, за використання наноматеріалів у формі цитрату як мінеральної добавки до раціонів курчат-бройлерів, представлені у таблиці 3.8.

Показано, що амілолітична активність у сироватці крові птиці дослідних груп вірогідно не змінювалась, однак можна звернути увагу на певне її підвищення, хоч і невірогідне, у курчат четвертої дослідної групи, які одержували з водою цитрат біоелементів у кількості 0,25 % від вмісту в СП. У тканинах печінки активність амілаз зменшувалась у бройлерів усіх дослідних груп ($P < 0,01-0,001$), і, особливо, в п'ятій дослідній – в 6,1 раз ($P < 0,001$).

**Амілолітична активність в тканинах курчат-бройлерів за впливу
аквацитрату мікроелементів, од.акт./хв×г білка**

Група	Тканина		
	сироватка крові	печінки	підшлункової залози
Контрольна	5,45±0,56	3,24±0,29	2,19±0,08
Дослідна 1	4,65±0,37	1,94±0,14**	1,61±0,07***
Дослідна 2	4,91±0,24	1,60±0,08***	1,73±0,09**
Дослідна 3	4,33±0,71	2,01±0,07**	2,25±0,13
Дослідна 4	7,15±0,79	2,94±0,11*	1,76±0,11**
Дослідна 5	5,34±0,44	0,53±0,04***	2,29±0,12

У тканинах підшлункової залози амілолітична активність знижувалась лише у птиці 1-ї, 2-ї та 4-ї дослідних груп, порівняно з показниками птиці, що споживала СП, а в 3-ї і 5-ї – залишалась на рівні контролю.

Важливим етапом розщеплювання поживних речовин корму є порожнинне травлення, яке відбувається за дії ензимів підшлункової залози, печінки та кишок, що гідролізують високомолекулярні речовини у порожнині кишки. Водночас, основним джерелом найважливіших травних ензимів є секрет підшлункової залози, який продукується безперервно і разом із жовчю виділяється у просвіт дванадцятипалої кишки, оскільки секрет кишкових залоз у птиці має менше значення, ніж у ссавців.

Проте, необхідно відзначити, що у птиці розщеплювання поживних речовин відбувається, також, за рахунок ензимів, пов'язаних безпосередньо з апікальною мембраною ентероцитів. Поєднання порожнинного і пристінкового травлення відбувається в усіх відділах травного тракту, а співвідношення цих процесів залежить від виду корму, його консистенції, фізіологічного стану організму птиці та активності ензимів у травних секретах.

Протеолітична активність (рис. 4) у тканинах слизової оболонки вірогідно

($P < 0,001$) зменшувалась у птиці 1–3-ї дослідних груп, а 4-ї дослідної — збільшувалась ($P < 0,05$) на 16,2 %.

Водночас встановлено підвищення (протеолітичної активності ($P < 0,01-0,001$)) в хімусі дванадцятипалої кишки курей всіх дослідних груп порівняно з аналогами в контрольній групі. При цьому найбільше вона зросла у птиці третьої та четвертої дослідних групах (відповідно у 2,1 та 2,5 раза), а найменше – п'ятої дослідної групи (в 1,4 раза), тобто тієї, якій випоювали цитрати біоелементів у кількості, що становила лише 10 % їх вмісту в СП.

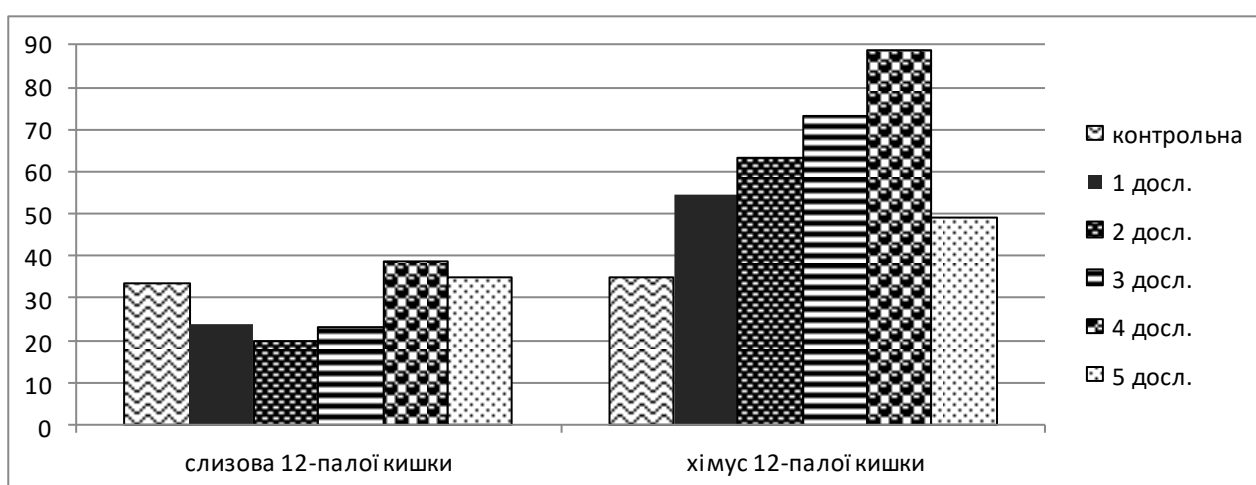


Рис. 4. Протеолітична активність в тканинах курчат-бройлерів за впливу аквацитрату мікроелементів, мккат/г білка

У тканинах печінки курчат-бройлерів дослідних груп протеолітична активність не зазнавала суттєвих змін (табл. 3.9), а деяке її підвищення у птиці дослідної групи було невірогідним.

Однак, варто відзначити, що в тканинах підшлункової залози протеолітична активність знижувалась у птиці 2-; 3-; 4- та 5-ї дослідних груп, відповідно на 56,8; 38,9; 13,1; 51,8 % ($P < 0,05-0,001$), тоді як у 4-й дослідній групі не тільки не зменшувалась, але й навіть дещо зростала, порівняно з показниками у контролі.

Протеолітична активність в тканинах курчат-бройлерів за впливу аквацитрату мікроелементів, мккат/г білка

Група	Тканина	
	печінки	підшлункової залози
Контрольна	1,60±0,28	101,56±1,73
Дослідна 1	0,96±0,05	54,074±1,12***
Дослідна 2	1,01±0,18	61,96±4,18**
Дослідна 3	1,30±0,12	88,23±3,20*
Дослідна 4	1,54±0,19	116,67±2,70
Дослідна 5	2,77±0,18	48,91±2,44***

При цьому зауважимо, що у птахів діяльність підшлункової залози зростає більшою мірою за рахунок активності наявних гідролітичних ензимів, ніж за рахунок збільшення об'єму секрету.

Медвідь, С. М.; Гунчак, А. В.; Стефанишин, О. М.; Ратич, І. Б.; Сірко, Я. М.; Кисців, В. О.; Активність гідролітичних ензимів та стан мікробіоценозу сліпих кишок перепелів за впливу аквацитратів мікроелементів. *Тваринництво України* 2018, 6, с 24-30. [252].

3.4. Стан мікробіоценозу кишечника курчат-бройлерів за дії аквацитратів мікроелементів

З моменту вилуплення пташенят їх шлунково-кишковий тракт стерильний і заселяється в перші години життя мікроорганізмами навколишнього середовища, переважно біфідо- та лактобактеріями, кишковою паличкою та ентерококами. У цей період у кишечнику переважають аеробні мікроорганізми, здатні до оксидантного метаболізму. Це призводить до

перевитрат Оксигену та зниження окисно-відновного потенціалу в просвіті кишок, що в свою чергу стимулює розмноження анаеробних бактерій та витіснення ними аеробної флори. Молоді птахи більш чутливі до колонізації патогенами саме через несформований мікробіоценоз кишечника. Тому, однією із важливих проблем отримання здорового поголів'я сільськогосподарської птиці є забезпечення швидкого і повноцінного формування складу мікрофлори травного тракту молодняку [251, 252]. Нормальна мікрофлора, з її специфічними функціями визначає мікробну екологію шлунково-кишкового тракту і бере участь у підтриманні гомеостазу макроорганізму. Кожна група мікроорганізмів у ньому виконує певну функцію.

У результаті наших досліджень показано (табл. 3.10), що у вмісті сліпих кишок бройлерів першої дослідної групи було відзначено вірогідне зменшення загальної кількості кишкової палички на 2,82 КУО/г ($p < 0,001$), порівняно з відповідним показником у контрольній групі.

Так, співвідношення окремих штамів з різною ферментативною активністю змінилося, приблизно, як 80 до 20. Зазнали зміни біфідо- та лактобактерії, кількість яких була на порядок нижчою, ніж у контрольній групі.

Також були вірогідні зміни кількості кокових форм мікроорганізмів. У бройлерів першої дослідної групи нами відзначено повне зникнення патогенних паличок протею. Усі інші показники не перевищували загально допустимі норми. Лактозонегативні ентеробактерії та гемолізуючі штами кишкової палички не перевищували 25 % від загальної кількості мікроорганізмів.

Щодо показників у птиці другої дослідної групи, то співвідношення штамів *E. coli* з нормальною ферментативною активністю до слабоферментуючих штамів було як 87 до 13. Вміст біфідо- та лактобактерій був на порядок нижчим, ніж у бройлерів контрольної групи. Всі інші види мікроорганізмів зазнавали тенденції до зниження, в порівнянні з аналогами контролю, але ці значення не були вірогідними.

Вміст сліпої кишки бройлерів третьої дослідної групи характеризувався співвідношенням штамів *E. coli* з нормальною ферментативною активністю до

Склад мікрофлори сліпих кишок бройлерів, (M±m, n=5)

Показники	Група птиці					
	контрольна	Д ₁	Д ₂	Д ₃	Д ₄	Д ₅
Загальна к-ть <i>E. coli</i> , КУО/г	(3,01±0,35) ×10 ⁹	(1,93±0,51) ×10 ^{8***}	(3,36±0,32) ×10 ^{8***}	(1,83±0,12) ×10 ^{9*}	(2,78±0,23) ×10 ^{9*}	(3,03±0,17) ×10 ⁹
Нормальноферментуючі (1ас±), %	91,33±3,60	79,70±2,17*	87,33±2,92	89,96±0,03	90,06±1,14	88,93±2,15
Слабоферментуючі (1ас±), %	8,67±3,60	20,30±2,17*	12,67±2,92	10,04±0,03	9,44±1,14	11,07±2,15
Ентеробактерії (1ас-), КУО/г	(2,6-3,4) × 10 ³	(0-1,5) × 10 ²	(0-1) × 10 ²	(8-23) × 10 ²	(0-5) × 10 ²	(6-7) × 10 ²
Гемолізуючі штами, КУО/г	(0-4) × 10 ⁴	0	0	(0-1) × 10 ²	(0-1) × 10 ²	(1-2) × 10 ²
Кокові форми, %	11,69±1,36	3,32±1,15**	10,14±1,45	9,50±1,25	3,75±1,20	10,64±1,32
Біфідобактерії, КУО/г	10 ¹⁰	10 ⁸ -10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ⁸
log ₁₀ КУО/г	10,00	9,33±0,67	10,00	10,00	10,00	8,00
Лактобактерії, КУО/г	10 ¹²	10 ⁸ -10 ¹⁰	10 ⁸ -10 ¹⁰	10 ¹⁰ -10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²
log ₁₀ КУО/г	12	8,67±0,67	9,33±0,67	9,33±0,67	12	11
Грибки <i>Candida</i> , log ₁₀ КУО/г	5,4	0	5,25±0,19	5,02±0,18	3,02±0,17**	5,90±0,22*
Протей, log ₁₀ КУО/г	2,8	0	2,05±0,05	2,39±0,09	1,39±0,06***	3,46*

Примітка: у цій і наступних таблицях * - P<0,05, ** - P<0,01, *** - P<0,001

слабоферментуючих штамів, як 90 до 10, на тлі тенденції до зростання загальної кількості кишкової палички. Вміст кокових форм у загальній кількості мікроорганізмів у вмістимому сліпої кишки бройлерів цієї дослідної групи був на 2,19 % нижчим, ніж у бройлерів контрольної групи. Водночас, кількість біфідо- та лактобактерій становила 10^{10} - 10^{12} КУО/г.

Видовий склад облігатної мікрофлори вмісту сліпих кишок курчат четвертої дослідної групи був, переважно, представлений, кишковою паличкою, біфідобактеріями, лактобактеріями та ентерококами.

Співвідношення окремих штамів *E.coli* з різною ферментативною активністю становило приблизно, як 90 до 10. Кількість грибків роду *Candida* знижувалась в 1,8 раза ($P < 0,01$), а протею – вдвічі ($P < 0,001$).

Серед факультативної мікрофлори було виявлено одиничні колонії непатогенного стафілококу, протею та грибків роду *Candida*. Практично повна відсутність патогенної мікрофлори (*Salmonella*, *Shigella*, гемолізуючі стрепто- та стафілококи) у вмісті сліпих кишок курчат-бройлерів пов'язана із дією комплексу аквацитратів біоелементів у кількості, що відповідає 1/4 їх вмісту в стандартному преміксі.

У складі мікробіоценозу вмісту сліпих кишок бройлерів контрольної та п'ятої дослідної груп вірогідних відмінностей встановлено не було, за виключенням грибків роду *Candida* та протею, кількість яких збільшувалась ($P < 0,05$). Усі показники не перевищували загально допустимі норми. Лактозонегативні ентеробактерії та гемолізуючі штами кишкової палички виявлені у слідовій кількості. При цьому, присутність лактобактерій була високою, а біфідобактерій знижувалась до 10^8 КУО/г, порівняно з 10^{10} КУО/г у контролі.

Результати досліджень кількісного і якісного складу мікрофлори сліпих кишок курчат-бройлерів кросу РОСС-308 свідчать про те, що оптимальною дозою аквацитратів біоелементів у раціоні птиці є 1/4 від їх кількості у стандартному мінеральному преміксі.

Результати досліджень опубліковані у праці:

Медвідь, С. М.; Гунчак, А. В.; Стефанишин, О. М.; Пащенко А. Г. Стан мікробіоценозу кишечника курчат-бройлерів за дії цитратів біоелементів. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького* 2017, 19(74), с 224-228. [253].

3.5. Показники неспецифічної резистентності та клітинного імунітету у бройлерів за дії аквацитратів мікроелементів

У результаті проведених досліджень нами встановлено, що випоювання курчатам-бройлерам наноаквацитратів мікроелементів має позитивний вплив на стан гуморальної ланки неспецифічної резистентності в птиці і є дозозалежним від кількості поступлених мікроелементів в організм.

За оцінкою сироватки крові курчат дослідних груп (табл. 3.11) з'ясовано, що бактерицидна (БАСК) і лізоцимна активність сироватки крові (ЛАСК) були найвищими у бройлерів 3-ї і 4-ї дослідних груп, тобто у птиці, що отримувала 50 та 25 % від кількості мікроелементів у стандартному преміксі (СП). Порівняно із показниками курчат-бройлерів контрольної групи досліджувані величини були на 5,3 і 5,7 % вищими.

Циркулюючі імунні комплекси (ЦІК) складаються з молекул антигену і антитіл, пов'язаних з їх антигенними детермінантами. є постійними компонентами сироватки крові тварин і птиці, забезпечуючи нормальний перебіг імунологічних процесів в здоровому організмі. Нормальний низький рівень первинних малоафінних імунних комплексів частково формується природними антитілами, що характеризують стан гуморальної ланки імунної системи здорового організму. Рівень імунних комплексів може підвищуватися за надходження ззовні, або активізації вже наявних в організмі чужорідних антигенів. Їх утворення є фізіологічним механізмом захисту організму, що призводить до швидкого видалення ендогенних і екзогенних антигенів з організму шляхом фагоцитозу і через ретикуло-ендотеліальну систему.

**Вплив аквацитрату мікроелементів на показники неспецифічної
резистентності у курчат-бройлерів, $M \pm m$, $n=5$**

Група	Показники					
	БАСК, %	ЛАСК, %	ЦІК, од/100 мл	ФА, %	ФІ, %	ФЧ, мк/кл.
К	49,32±1,82	22,90±0,86	15,40±0,62	33,16±1,90	8,64±0,32	2,18±0,14
Д ₁	44,88±0,88*	20,77±0,66*	14,30±0,82	32,18±2,66	7,02±0,40	1,92±0,28
Д ₂	48,84±1,64	23,12±2,06	15,48±1,12	33,88±1,12	8,42±0,28	2,16±0,16
Д ₃	51,13±2,16	24,10±1,35	15,82±1,26	34,60±0,90	8,80±0,44	2,20±0,28
Д ₄	52,90±1,08*	25,80±0,82*	15,66±1,08	34,16±1,74	8,80±0,38	2,16±0,24
Д ₅	47,68±3,14	22,64±2,14	15,18±1,70	33,44±1,02	8,32±0,52	2,14±0,34

За введення до раціонів птиці комплексу мікроелементів (Fe, Zn, Co, Cu, Mn, I) у формі цитратів нанотехнологічного походження, вміст ЦІК знаходився на відносно стабільному рівні і, в межах величин, характерних для птиці на завершальному етапі відгодівлі.

Заслуговують також на увагу наукові повідомлення, що зростання гуморальних факторів неспецифічної резистентності птиці, на тлі застосування нових форм мікроелементів, є результатом відповіді організму на стимулювання росту кишкової мікрофлори і супроводжується напруженням гострофазних білків бактерицидних систем. При цьому не виключається, що досліджувані біометали сприяють метаболічній активності грампозитивної анаеробної кишкової мікрофлори, стимулюючи її ріст. Фізіологічна транзиторна бактеріємія, що виникає за таких умов, викликає підвищення імунологічної напруженості організму птиці.

Підтвердженням даного припущення є отримані нами результати щодо зниження фагоцитарної активності псевдоеозинофілів (ФА) у крові курчат

першої дослідної групи (табл. 3.11). За випоювання птиці половинної і навіть четвертинної кількості аквацитратів мікроелементів (група Д₃ і Д₄), порівняно з курчатами, що отримували біометали в неорганічній формі (К), характерною була тенденція до підвищення фагоцитозу. На тлі незначного зростання ФА, у курчат цих груп також були вищими фагоцитарне число (ФЧ) і фагоцитарний індекс (ФІ).

У формуванні та регуляції імунної відповіді в організмі тварин і птиці важливе значення надається лімфоцитам та їх популяціям, як головним клітинам імунної системи (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

**Відносний вміст Т- і В-лімфоцитів у крові курчат-бройлерів
за введення до їх раціонів різної кількості цитратів мікроелементів, %, (M±m, n=5)**

Група	Лімфоцити				ІРІ	В-лімфоцити ЕАС-РУЛ
	Т-загальні ТЕ-РУЛ	Т-активні ТА-РУЛ	Т-теофілін-резистентні Th-РУЛ	Т-теофілін-чутливі Ts-РУЛ		
К	72,10±2,01	49,30±1,12	44,30±0,54	27,80±0,68	1,59	21,16±1,16
Д ₁	71,70±1,15	48,70±1,08	42,10±0,68*	29,60±0,36*	1,42	20,06±1,88
Д ₂	71,90±1,18	49,80±1,16	43,00±0,51	28,90±0,90	1,45	20,90±2,06
Д ₃	73,90±1,56	50,60±1,24	47,60±0,92*	26,30±0,32	1,81	22,80±1,65
Д ₄	74,20±2,05	51,30±1,08	48,50±1,05*	25,70±0,48*	1,89	22,40±1,40
Д ₅	71,80±3,50	48,50±1,78	42,40±0,97	29,40±0,76	1,44	20,60±1,20

Проведені дослідження показали, що кількість загальних (ТЕ-РУЛ) та активних (ТА-РУЛ) Т-лімфоцитів у крові курчат-бройлерів дослідних груп була близькою до аналогічних показників птиці контрольної групи, хоч і простежувалась деяка тенденція до зростання їх числа у бройлерів третьої і четвертої дослідних груп, які отримували з водою мікроелементи у цитратованій формі в кількості 50 і 25 % вмісту в СП. Субпопуляції

Т-лімфоцитів диференціювали за різною чутливістю процесу формування розеток з еритроцитами барана до обробки теофіліном. При цьому здатність до розеткоутворення втрачають теофілінчутливі (Т-супресори, T_s -РУЛ) та зберігають теофілінрезистентні (Т-хелпери, Т-h) клітини.

За аналізом показників клітинної ланки імунітету курчат-бройлерів першої дослідної групи з'ясовано, що відносна кількість у крові Т-хелперів знижувалась на 2,2 % ($P < 0,05$), порівняно з контролем, на тлі незначного зростання Т-супресорів ($P < 0,05$).

За впоювання курчатам-бройлерам мікроелементів в органічній формі в кількості 50 і 25 % їх вмісту в СП (третья і четверта дослідні групи) відбувається зміцнення рецепторного апарату теофілінрезистентних лімфоцитів (Т-хелперів), кількість яких вірогідно ($P < 0,05$) збільшується на 3,3 та 4,2 % відповідно. Очевидно, що навіть зменшена кількість введених до раціону птиці біоелементів, за рахунок використання високодоступної нової нанотехнологічної їх форми є достатньою для формування і становлення клітинної ланки імунітету.

Як відомо, Т-хелпери відносяться до категорії регуляторних, допоміжних клітин, що стимулюють В-лімфоцити до проліферації і диференціації в антитілоутворюючі клітини. Відповідь В-лімфоцитів на більшість білкових антигенів повністю залежить від допомоги Т-лімфоцитів. Тому, одержані нами результати досліджень щодо кількості Т-теофілінрезистентних, Т-теофілінчутливих, В-лімфоцитів, а також підвищення імунорегуляторного індексу у курчат третьої та четвертої дослідних груп, порівняно до контролю, свідчать про імуномодельовальний ефект мікроелементів у формі цитратів нанотехнологічного походження в раціонах курчат-бройлерів.

Отже, мікроелементи у наноцитратній формі, за рахунок кращої біодоступності проявляють свій позитивний вплив на формування і становлення факторів неспецифічної резистентності та клітинний імунітет у курчат-бройлерів у дозі, що відповідає 25 і 50 % від кількості біоелементів у стандартному преміксі.

Результати досліджень опубліковані у праці:

Медвідь, С.М. Вплив аквацитрату мікроелементів на показники

неспецифічної резистентності та клітинного імунітету в курей-бройлерів
Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького 2018, 20(84), с 33-38 [254].

3.6. Вплив аквацитрату мікроелементів на масу та гістоструктуру імунокомпетентних органів у бройлерів

Зважаючи на те, що в сучасних умовах вирощування, промислова птиця піддається впливу різноманітних стресових чинників, важливе значення має дослідження оцінки морфофункціонального стану органів, які безпосередньо відповідають за імунологічну реактивність організму птахів [254, 255].

У результаті проведених досліджень встановлено, що маса тимусу, клоакальної сумки і селезінки та індекси їх маси в курчат-бройлерів дослідних груп, за виключенням групи Д₁, були близькими, або мали тенденцію до незначного зростання, порівняно із контролем (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

Маса та індекс маси лімфодних органів у бройлерів за дії аквацитратів мікроелементів, $M \pm m$, $n=5$

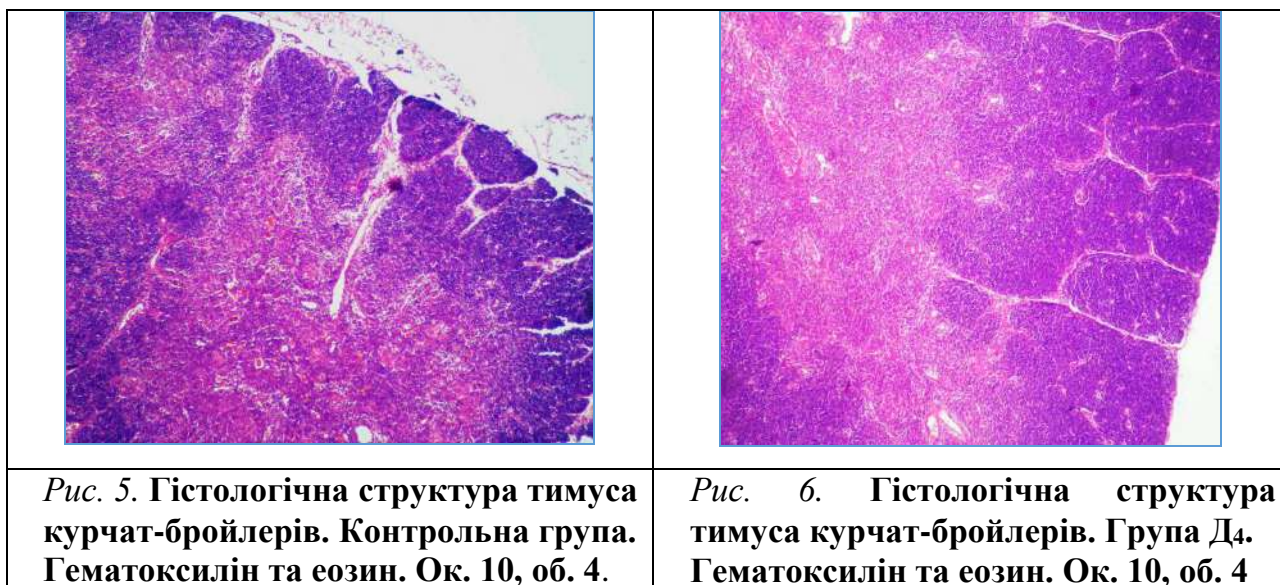
Група	Тимус		Клоакальна сумка		Селезінка	
	М, г	ІМ	М, г	ІМ	М, г	ІМ
К	7,22±0,27	0,30±0,03	1,86±0,24	0,08±0,003	3,36±0,16	0,14±0,008
Д ₁	5,76±0,30	0,25±0,04	1,80±0,22	0,08±0,003	3,20±0,26	0,13±0,06
Д ₂	7,10±0,24	0,29±0,07	1,90±0,40	0,07±0,002	3,30±0,20	0,13±0,06
Д ₃	8,16±0,32	0,32±0,03	1,94±0,18	0,08±0,003	3,50±0,16	0,14±0,08
Д ₄	8,30±0,18	0,33±0,03	2,02±0,11	0,08±0,003	3,44±0,16	0,14±0,06
Д ₅	8,02±0,36	0,32±0,03	1,90±0,25	0,08±0,003	3,32±0,28	0,30±0,08

Кращий результат відзначено у курчат третьої і четвертої дослідних груп, що отримували з раціоном наноконпозицію мікроелементів у кількості, яка відповідала 1/2 і 1/4 дози в складі мінерального преміксу. Маса тимусу в

курчат цих груп була на 13,0 і 14,9 %, клоакальної сумки – на 4,3 і 8,6 % та селезінки – на 4,1 і 2,4 %, відповідно, більшою, за масу цих органів у птиці контрольної групи, хоч за показником відносної маси цих органів до маси тіла (ІМ) відхилення були менш відчутні. Маса досліджуваних імунокомпетентних органів у птиці, що отримувала навіть найнижчу досліджувану дозу мікроелементів (група Д₅) суттєво не відрізнялася від аналогічних показників в птахів контрольної групи.

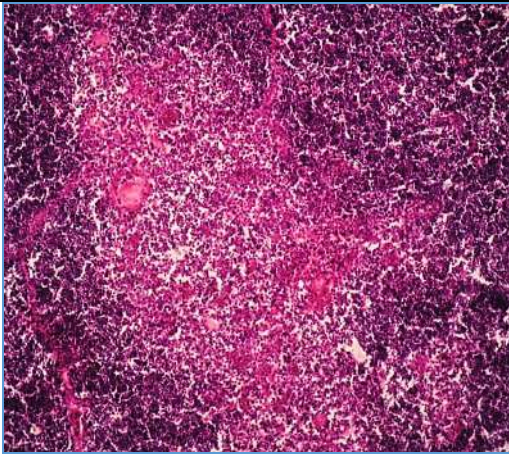
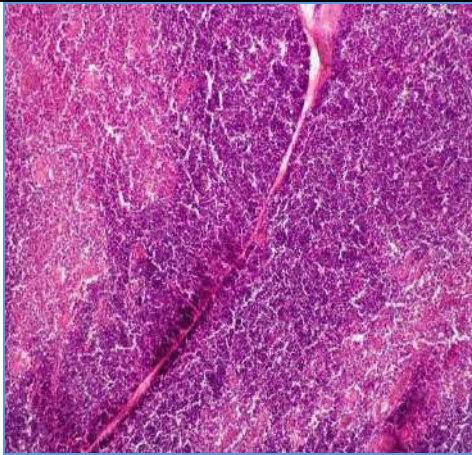
Однак, нами встановлено, що через високу біодоступність та біоактивність мікроелементів у нанодисперсній формі доза аквацитрату, яка рівна кількості біометалів в молекулярній формі є, необґрунтованою, оскільки викликає певні морфологічні і очевидно, функціональні зміни в структурі імунокомпетентних органів. Так, індекси маси тимусу і селезінки в птиці цієї групи були, у порівнянні з контролем, на, відповідно, 16,7 і 7,1 % нижчими, що ймовірно, у функціональному плані може характеризуватися пригніченням реакції імунної системи.

Мікроскопічна структура тимусних часточок також була збережена в усіх групах курчат (рис. 5, 6). Часточки мали чітку межу між кірковою і мозковою речовинами.

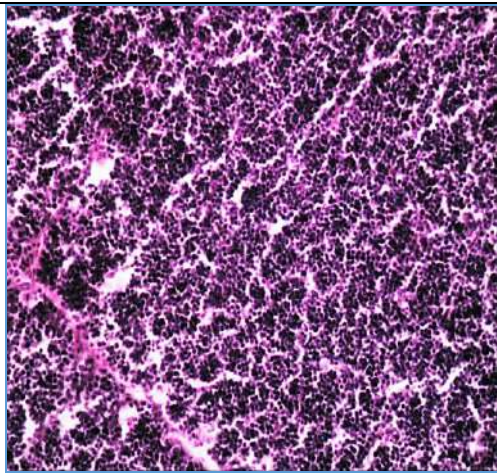
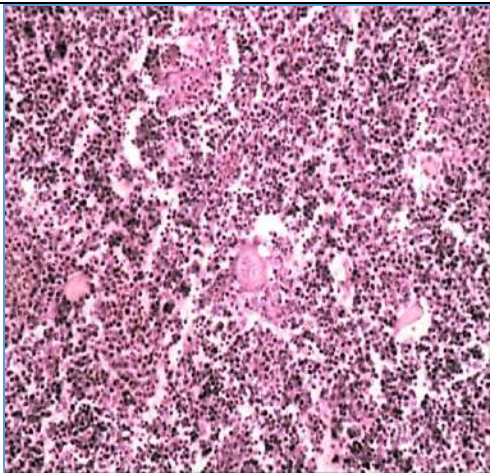


Міжчасточкові перегородки були вузькими. Кіркова речовина займала більшу площу часточок тимуса, була щільно заселена тимоцитами різних

розмірів, особливо в курчат 3 та 4 дослідних груп (Д₃ і Д₄), порівняно з птицею контрольної групи (рис. 7-10).

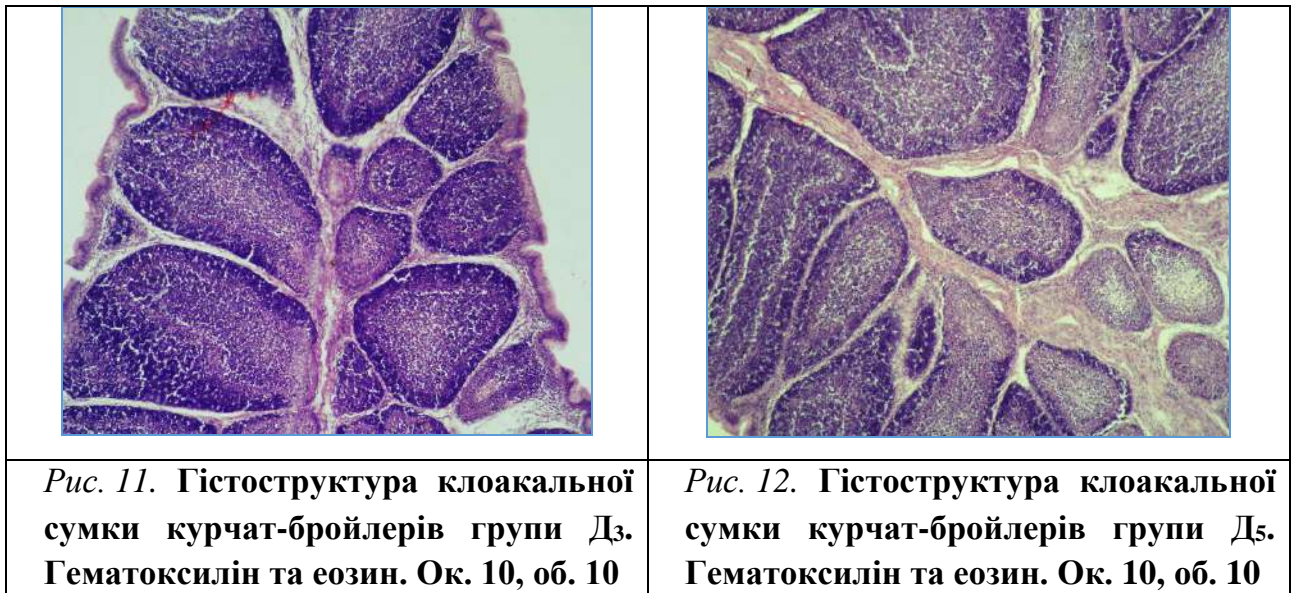
	
<p><i>Рис. 7.</i> Часточка тимуса курчат-бройлерів групи Д₄. Поділ на кіркову та мозкову речовини збережений. Гематоксилін та еозин. Ок. 10, об. 10</p>	<p><i>Рис. 8.</i> Тимус бройлерів групи Д₃. Кіркова речовина розвинена, міжчасточкова сполучноткан. перегородка вузька. Гематоксилін та еозин. Ок. 10, об. 10</p>

Мозкова речовина була представлена значно меншою кількістю клітин, переважно лімфоцитами, макрофагами та епітеліоретикулоцитами. Тільця Гассалья мали невеликі розміри, округлу форму, локалізувались у мозковій речовині (рис. 9).

	
<p><i>Рис. 9.</i> Висока щільність заселення тимоцитами кіркової речовини тимуса курчат-бройлерів групи Д₄. Гематоксилін та еозин. Ок. 10, об. 20</p>	<p><i>Рис. 10.</i> Сформовані Тільця Гассалья в мозковій речовині тимусної часточки курчат-бройлерів групи Д₄. Гематоксилін та еозин. Ок. 10, об. 20</p>

Варто відзначити, що макроскопічно тимус у контрольній і всіх дослідних групах курчат-бройлерів мав характерну анатомічну будову. Складався з двох (право-і лівосторонніх) долей, розташовувався в області шиї під поверхневою фасцією уздовж яремних вен. Часточки тимуса мали світло-рожевий колір, пружну консистенцію, розмішувалися в підшкірній клітковині шийної ділянки в два ряди по 4-6 штук.

Клоакальна сумка (фабрицієва бурса) курчат у всіх досліджуваних групах мала округлу форму, була невеликих розмірів, світло-рожевого кольору, порожнистої структури, без вмістимого. При мікроскопічному дослідженні – гістологічна структура органу була збережена у курчат всіх груп (рис. 11, 12).



Часточки (фолікули) в більшості мали видовжену або заокруглену форму, поділ на кіркову та мозкову речовини був збережений, в окремих – слабо збережений або відсутній. Клітинний склад фолікулів представлений переважно лімфоцитами різного розміру та лімфобластами. Епітелій слизової оболонки рівномірно розвинутий, ядра епітеліальних клітин були розміщені біля базального краю, сполучнотканинні прошарки рельєфно відділяли фолікули (рис. 13, 14).

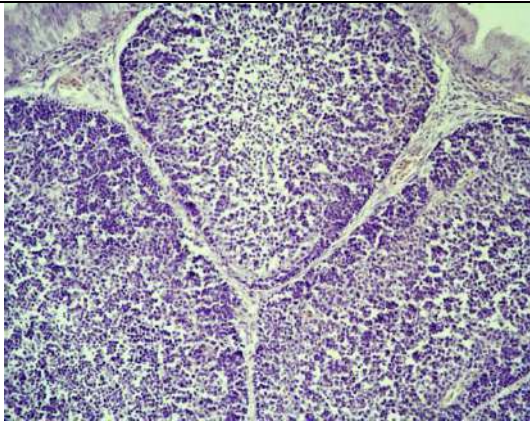


Рис. 13. Клоакальна сумка курчат-бройлерів групи Д₄. Часточки заокруглені, поділ на кіркову та мозкову речовини слабо виражений. Гематоксилін та еозин. Ок. 10, об. 20

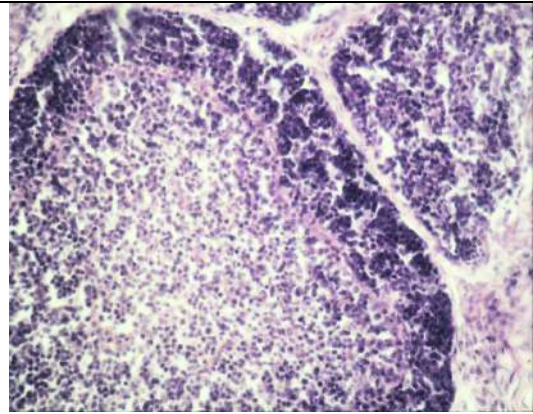


Рис. 14. Клоакальна сумка курчат-бройлерів групи Д₃. Границя між кірковою та мозковою речовинами добре виражена. Гематоксилін та еозин. Ок. 10, об. 40

Слід відзначити, що у курчат першої та п'ятої дослідних груп спостерігали характерне зменшення розмірів і кількості часточок (рис. 15, 16).

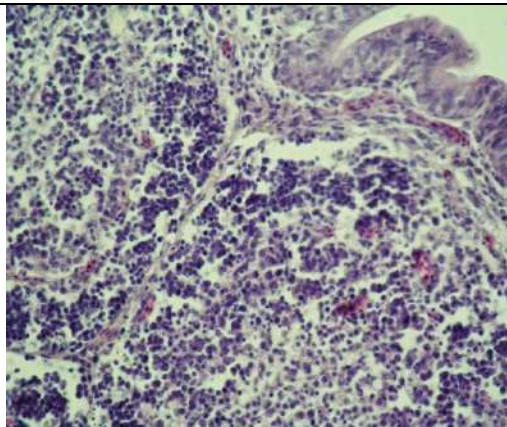


Рис. 15. Клітинне спустошення паренхіми клоакальної сумки курчат груп Д₅. Гематоксилін та еозин. Ок. 10, об. 40

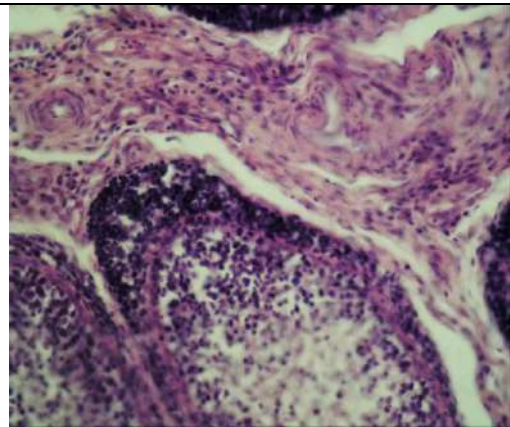
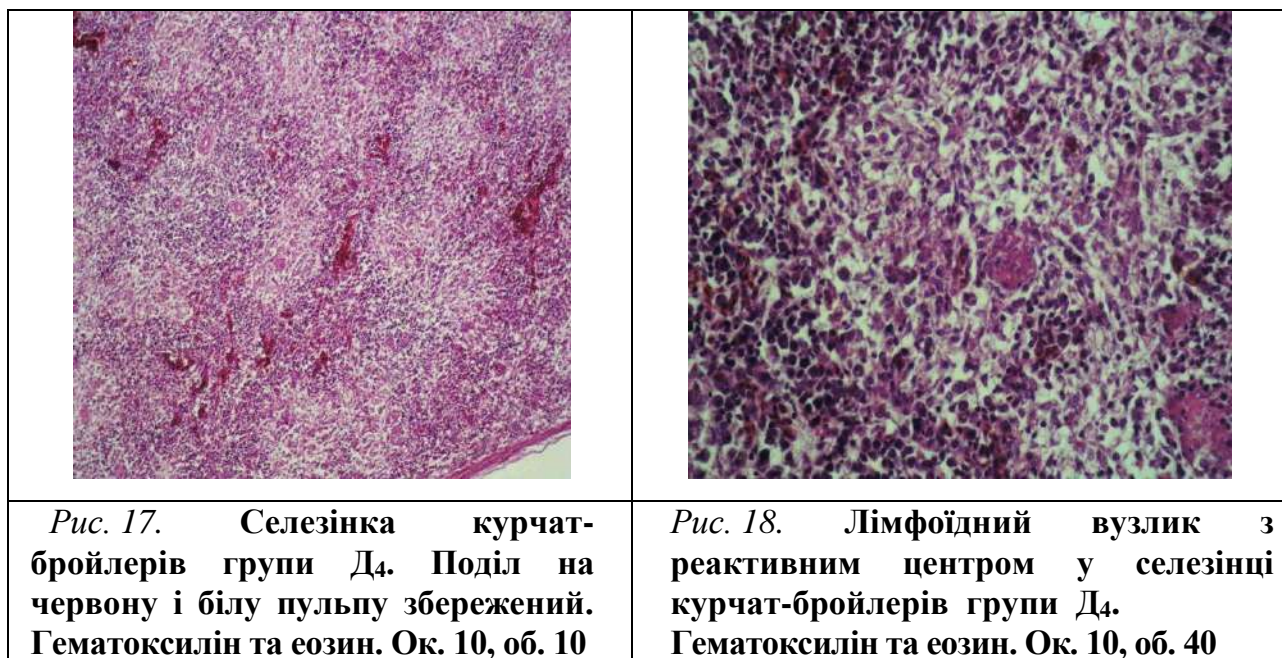


Рис. 16. Розростання міжчасточкової сполучної тканини в клоакальній сумці курчат групи Д₁. Гематоксилін та еозин. Ок. 10, об. 40

А також клітинне спустошення паренхіми, потовщення сполучнотканинних прошарків їх розволокнення та інфільтрацію клітинами різного гістіоцитарного ряду, що свідчило про більш виражений розвиток деструктивних змін та процесів вікової інволюції органу, порівняно із іншими досліджуваними групами курчат-бройлерів.

Макроскопічно селезінка курчат-бройлерів дослідних груп мала округлу форму, темно-червоний колір, структура органа на розрізі збережена, краї розрізу сходяться, зіскоб пульпи був незначним. За мікроскопічного дослідження встановлено, що структура селезінки була збережена у курчат-бройлерів усіх досліджуваних груп. Поділ на червону і білу пульпу був характерним (рис. 17).

Лімфоїдні вузлики (фолікули) мали середні розміри, чітку контурованість, локалізувались біля центральних артерій, в окремих характеризувались реактивними (світлими) центрами. Клітинний склад вузликів був представлений малими та середніми лімфоцитами, лімфобластами та плазмоцитами (рис. 18).



Отже, макроскопічна та мікроскопічна структура досліджуваних органів імунної системи була збережена у всіх (контрольна і дослідні) групах курчат-бройлерів і вказувала на їх активний морфофункціональний стан. За гістологічного дослідження імунокомпетентних органів курчат-бройлерів, що отримували мікроелементи у наночитратній формі (25 і 50% від їх кількості в молекулярній формі) встановлено сповільнення процесів вікової інволюції

імунокомпетентних органів, порівняно з контролем, що може слугувати чинником застосування біоелементів в такій формі в якості ефективної мінеральної підгодівлі.

З урахуванням інших проведених нами досліджень, в тому числі із вивчення впливу наноконпозиції мікроелементів на метаболічні процеси, можна стверджувати, що найвища досліджувана доза мікроелементів (співвідношення біометалів в нано- і неорганічній формі 1:1) і найнижча (0,1:1) є не обґрунтованими для застосування птиці з метою стимулювання імунорезистентності їх організму. Відповідний морфофункціональний стан імунокомпетентних органів досягається шляхом введення до раціонів курчат-бройлерів мікроелементів, у формі аквацитрату, в половинній і четвертинній кількості, по відношенню до дози біометалів в неорганічній формі, що робить наноконпозицію цитратів мікроелементів ефективною як в економічному, так і в екологічному сенсі.

Результати досліджень опубліковані у праці:

Медвідь, С. М.; Гунчак, А. В.; Хміль, Є. П. Гістоструктура імунокомпетентних органів у курчат-бройлерів за дії аквацитрату мікроелементів. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького* 2018, 20 (83), с 44-50. [256]

3.7. Продуктивні якості курей-бройлерів за введення до їх раціонів цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження

Упродовж дослідів було проведено зважування птиці 15-, 24-, 42- та 56-добового віку. Встановлено (рис. 19), що на кінець дослідів (56-добові бройлери), який співпав із завершальним періодом вирощування, найбільшою була середня жива маса курчат 4-ї дослідної групи, тобто птиці, яка з водою отримувала біоеlementи у формі наноаквацитрату в кількості, що відповідав 25 % від їх вмісту в складі мінерального преміксу. Зокрема, середня маса тіла бройлерів цієї групи становила 3076 г проти контролю – 2775 г або на 10,85 % була більшою.

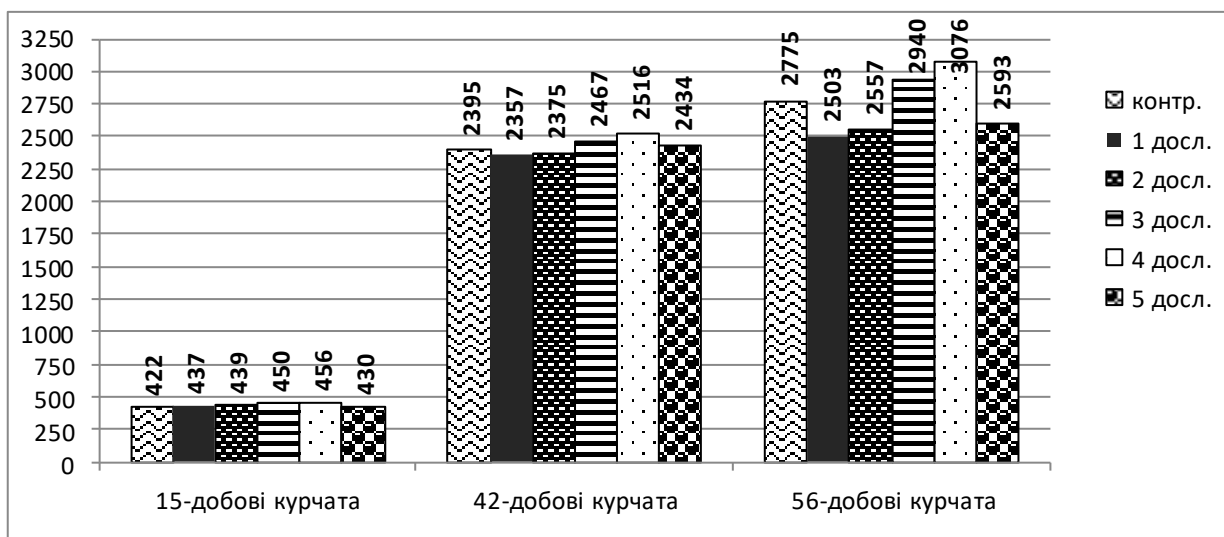


Рис.19. Маса тіла курчат-бройлерів, г

Вищою від показників маси тіла 56-добових бройлерів контрольної групи була також маса птиці 3-ї дослідної групи, яка отримувала біоеlementи у формі аквацитрату, в кількості, що відповідав 50 % від їх вмісту в мінеральному преміксі. Різниця становила 5,95 %. Водночас, у цей віковий період маса тіла курчат 1-ї, 2-ї і 5-ї дослідних груп була нижчою від аналогічного показника контролю відповідно на 272, 218 та 182 г, або приблизно, на 6,6-9,8 %.

При цьому варто зауважити, що, порівняно з контролем, маса тіла курчат 42-добового віку дослідних груп була: 1-ї дослідної – меншою на 38 г і 2-ї дослідної — на 20 г, тоді як 3-ї дослідної – більшою на 72 г, 4-ї дослідної – на 121 г і 5-ї дослідної – на 39 г. Водночас, добові прирости маси тіла птиці дослідних груп за період з 15- до 42-добового (тобто за 27 діб досліду) віку не значно відрізнялись від контролю і були в межах $\pm 1,69-3,22$ г (рис. 20).

За останні два тижні (42-56 доба) різниця була більш суттєвою, хоч і характер змін був подібним. Зокрема, у цей період, добові прирости курчат першої, другої та п'ятої груп були нижчими від показників аналогів контрольної групи, відповідно, в 2,6; 2,1 та 3,4 раза, а третьої і четвертої – вищими – в 1,25 та 1,5 раза (24,5 та 47,0 %).

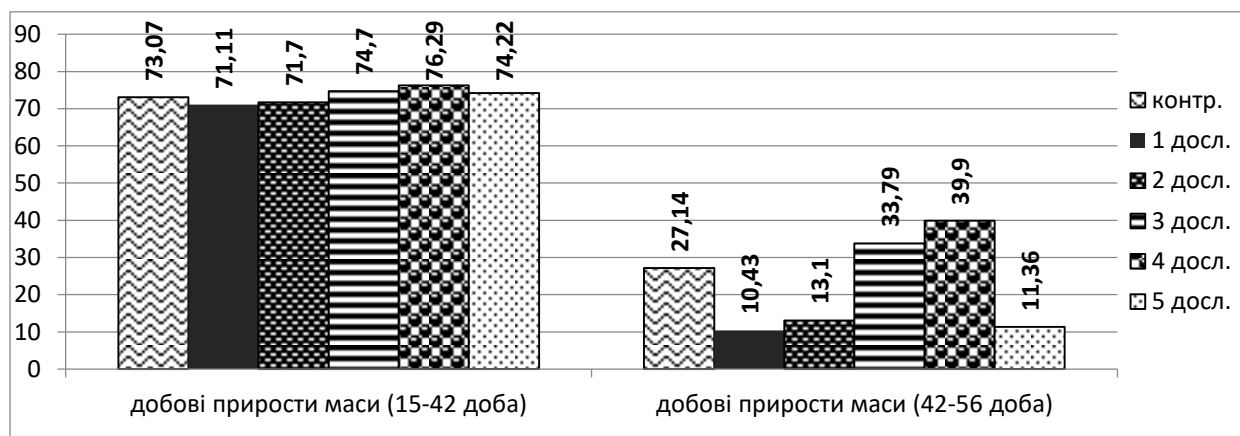


Рис. 20. Добові прирости маси тіла курчат-бройлерів, г

Отже, найбільшими були прирости маси тіла у курчат-бройлерів четвертої дослідної групи, яким випоювали біоелементи в органічній формі в кількості, що становила 25 % їх рівня у формі неорганічних солей в складі мінерального преміксу.

З метою порівняння продуктивних якостей птиці, окремо для кожної групи, визначали Європейський Показник Ефективності Виробництва (ЕВІ) (табл. 3.14).

Таблиця 3.14

**Ефективність застосування аквацитрату мікроелементів
у годівлі курчат-бройлерів ($M \pm m$, $n=15$)**

Показник	Група птиці					
	К	Д ₁	Д ₂	Д ₃	Д ₄	Д ₅
42-добові курчата						
Збереженість, %	100	100	93,3	100	100	100
Маса тіла, кг	2,39±0,02	2,36±0,02	2,38±0,02	2,47±0,02*	2,52±0,03**	2,43±0,03
Абсолютний приріст маси, кг	1,97±0,03	1,92±0,02	1,94±0,01	2,017±0,02	2,06±0,02*	2,00±0,03
Середньодобові прирости, г	73,07±1,14	71,11±1,47	71,70±1,06	74,70±0,93	76,29±1,12	74,22±1,77
Витрати корму на голову, кг	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Затрати корму на кг приросту, кг	1,16	1,19	1,18	1,13	1,11	1,14
ЕВІ	490,6	472,2	448,04	520,4	540,5	507,5

Встановлено кращий результат за умови випоювання птиці комплексу аквацитратів мікроелементів, в кількості, що відповідала 25 % вмісту в складі мінерального преміксу, тобто курчат четвертої дослідної групи. Однак, навіть у курчат п'ятої дослідної групи, що отримували найнижчу досліджувану кількість біоелементів в наноорганічній формі (10 %) був вищим за аналогічний у курчат контрольної групи, на 7,5 %.

За отриманими результатами можна припускати, що випоювання курчатам комплексу мікроелементів у формі аквацитрату в кількості, що становила 100 та 75 % від їх вмісту в складі мінерального преміксу є, очевидно, не виправданим, оскільки характеризувалося зменшенням середньодобових приростів і маси тіла в цілому. Зростання затрат корму на одиницю приросту та зниження ЕВІ, порівняно до аналогів контрольної групи, є підставою припускати, що доза мікроелементів в формі наноаквацитрату не повинна бути більшою, ніж 50 % порівняно із вмістом досліджуваних біоелементів у складі СП.

Нами з'ясовано (табл. 3.15), що за введення до раціону птиці аквацитрату мікроелементів в кількості 1/2, 1/4 і навіть 1/10 (групи птиці Д₃, Д₄, Д₅) частки від їх вмісту в складі СП, у гомогенаті грудного м'яза зростав відсоток сухої речовини (P<0,05).

Таблиця 3.15.

Хімічний склад м'яса курчат-бройлерів за різного рівня аквацитрату мікроелементів в раціоні, % (M±m, n=5)

Показник	Група птиці					
	К	Д ₁	Д ₂	Д ₃	Д ₄	Д ₅
Суша речовина	26,3±0,37	26,1±0,22	26,9±0,44	27,5±0,28*	27,8±0,19*	27,5±0,48*
Протеїн	20,1±0,20	19,6±0,32	20,3±0,18	20,9±0,42	20,9±0,50	20,8±0,34
Жир	3,5±0,18	3,7±0,16	3,5±0,34	3,3±0,40	3,3±0,62	3,4±0,17
Глікоген	1,2±0,07	1,1±0,09	1,3±0,03	1,5±0,06**	1,6±0,04**	1,4±0,04*
Зола	1,7±0,07	1,7±0,06	1,8±0,05	1,8±0,05	1,8±0,04	1,9±0,07*

Вміст протеїну в досліджуваних тканинах майже на 4 % перевищував показники в м'ясі курчат контрольної групи. На тлі незначного зниження в тканині грудного м'яза жиру, відповідно, на 5,7, 5,7 і 2,9 % відзначена тенденція до зростання відсотка глікогену ($P < 0,05$) і золи.

Дослідження вмісту мікроелементів у тканинах курчат бройлерів показали, що характер динаміки вмісту Мангану і Кобальту був подібним (рис. 21, 22).

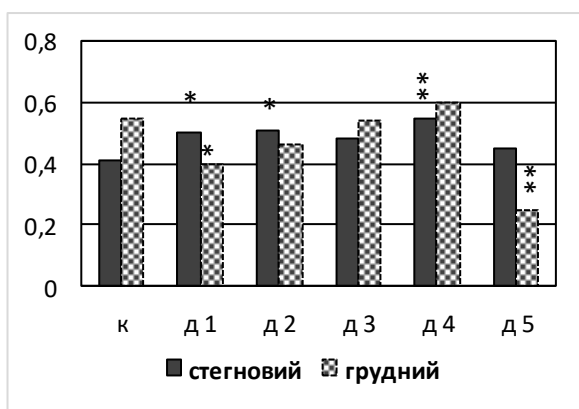


Рис. 21. Вміст Mn в м'язах курчат-бройлерів, мг/кг

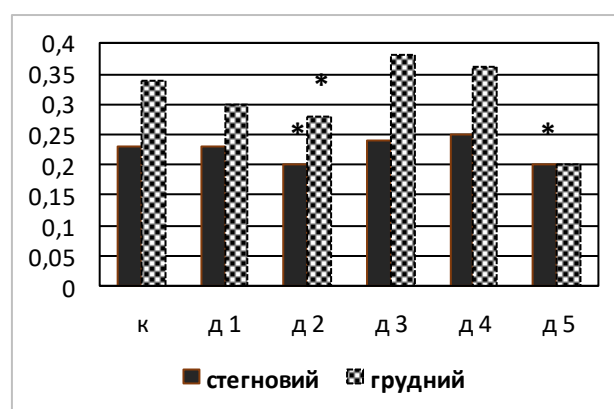


Рис. 22. Вміст Co в м'язах курчат-бройлерів, мг/кг

Зокрема, максимальний їх вміст у грудних та стегнових м'язах був у курчат третьої і четвертої дослідної груп, тобто тієї птиці, якій випоювали комплекс аквацитратів мікроелементів, що (в перерахунку на елемент) відповідно становило 50 та 25 % від їх рівня в складі стандартного преміксу.

Характер накопичення Феруму в тканинах був дещо іншим (рис. 23). Так, його рівень у стегнових м'язах птиці першої дослідної групи був на 19 % вищим, ніж у контролі, а другої і третьої дослідних груп – нижчим, відповідно, на 12 та 26 %. Водночас, у грудних м'язах вміст біоеlementу, навпаки, у птиці першої та другої дослідних груп був нижчим, порівняно з показниками контролю, третьої дослідної групи – вищим, майже на 24 %, а четвертої – фактично відповідав рівню контролю.

Щодо Цинку (рис. 24), то його вміст був значно вищим у стегнових м'язах, порівняно з показниками у грудних. При цьому, кількість елементу не

мала особливої залежності від кількості і форми його поступлення в організм птиці. Виключенням було хіба що зниження рівня Цинку в стегнових м'язах курчат четвертої дослідної групи, яким випоювали мікроелементи, в кількості, що становила 10 % від їх вмісту в складі стандартного преміксу.

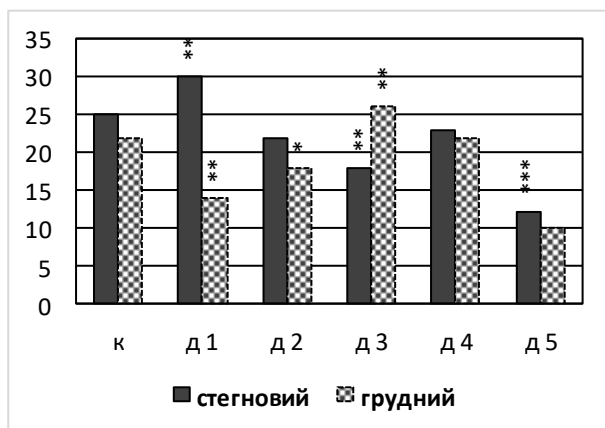


Рис. 23. Вміст Fe в м'язах курчат-бройлерів, мг/кг

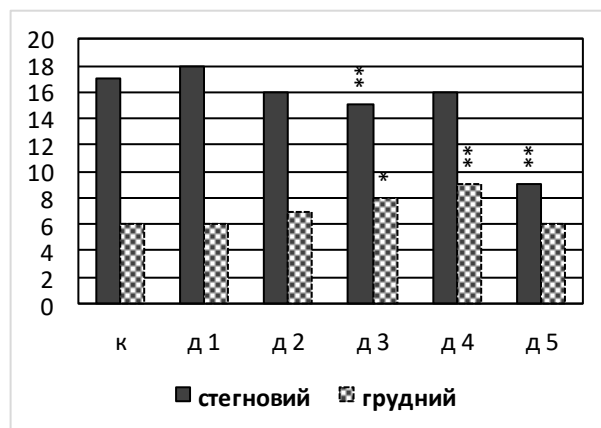


Рис. 24. Вміст Zn в м'язах курчат-бройлерів, мг/кг

Вміст Мангану та Кобальту був найвищим у м'язах птиці, якій випоювали мікроелементи в органічній наноформі в кількості, що становила 1/2 та 1/4 частки від їх рівня в преміксі у формі неорганічних солей. Водночас, за випоювання аквацитратів мікроелементів нанотехнологічного походження відбувається перерозподіл мікроелементів в організмі, зокрема, Мангану, Цинку та Феруму. Тобто, за умови збільшення вмісту біоелементу в грудних м'язах, одночасно зменшується його вміст у стегнових м'язах, і навпаки, що обумовлено специфічністю накопичення елементів у біологічних тканинах. Виключення становила лише птиця четвертої дослідної групи.

Таким чином, застосування мікроелементів в наноаквацитратній формі є більш ефективним, ніж у звичайному молекулярному вигляді. Очевидно, що виражена інтенсифікація метаболічних процесів мікроелементами у формі аквацитрату зумовлена тісним поєднанням їх біохімічних і біофізичних властивостей. Забезпечення відповідного мікроелементного гомеостазу, за використання біогенних металів у нанодисперсній формі, відбувається за умови випоювання птиці мікроелементів у значно менших кількостях. З'ясований

нами позитивний вплив від поступлення в організм бройлерів 1/2, 1/4 і, навіть, 1/10 частки мікроелементів у формі наноаквацитрату, порівняно з неорганічною його формою у складі преміксу, ймовірно є результатом кращої їх біодоступності і високої біоактивності. Завдяки своїм нанорозмірним частинкам мікроелементи краще засвоюються організмом й активно використовуються в процесах обміну речовин і сприяють підвищенню продуктивних якостей курчат-бройлерів.

Отже, виражений позитивний вплив на збереженість курчат, перебіг в них метаболічних процесів, прирости маси тіла та забезпечення кращих якостей показників м'яса відбувається за умови заміни в складі мінерального преміксу неорганічної форми мікроелементів на наноаквацитратну. При цьому, оптимальний результат досягається за впоювання птиці наноконкомплексу мікроелементів (Fe, Co, Cu, Zn, Mn, I) в кількості, що становить 25 % від вмісту біоелементів у складі мінерального преміксу.

Результати досліджень опубліковані у праці:

Медвідь, С. М. Продуктивні та м'ясні якості курчат-бройлерів за дії аквацитрату мікроелементів. *Вісник Сумського національного аграрного університету* 2018, 2 (34), с 174-178 [257].

3.8. Активність гідролітичних ензимів та стан мікробіоценозу сліпих кишок перепелів за впливу аквацитратів мікроелементів

Встановлено (рис. 25), що протеолітична та ліполітична активність ензимів у тканинах підшлункової залози несучок підвищувалася за умови введення до раціону мінеральної добавки у формі аквацитратів.

Особливо помітним було зростання ліполітичної активності. Зокрема, у перепілок третьої дослідної групи, порівняно з контролем цей показник зростав на 13,5 % ($P < 0,001$) і ще більше у птиці четвертої дослідної групи — на 21,3 % ($P < 0,001$).

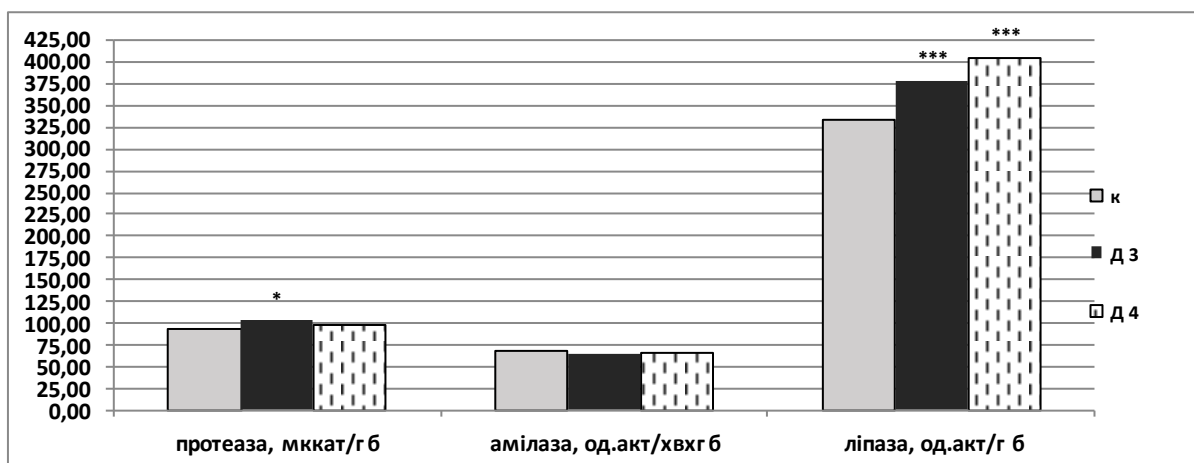


Рис. 25. Активність гідролітичних ензимів у тканинах підшлункової залози перепілок.

Необхідно відзначити, що в птиці розщеплення поживних речовин відбувається, також за рахунок ензимів, пов'язаних безпосередньо з апікальною мембраною ентероцитів. Поєднання порожнинного і пристінкового травлення тут відбувається в усіх відділах травного каналу, а співвідношення цих процесів залежить від виду корму, його консистенції, фізіологічного стану організму птиці та активності ензимів у травних секретах.

Нами показано (рис. 26), що застосування аквацитратів мікроелементів у годівлі перепілок проявляє стимулювальний вплив на протеолітичну та ліполітичну активність ензимів у хімусі дванадцятипалої кишки.

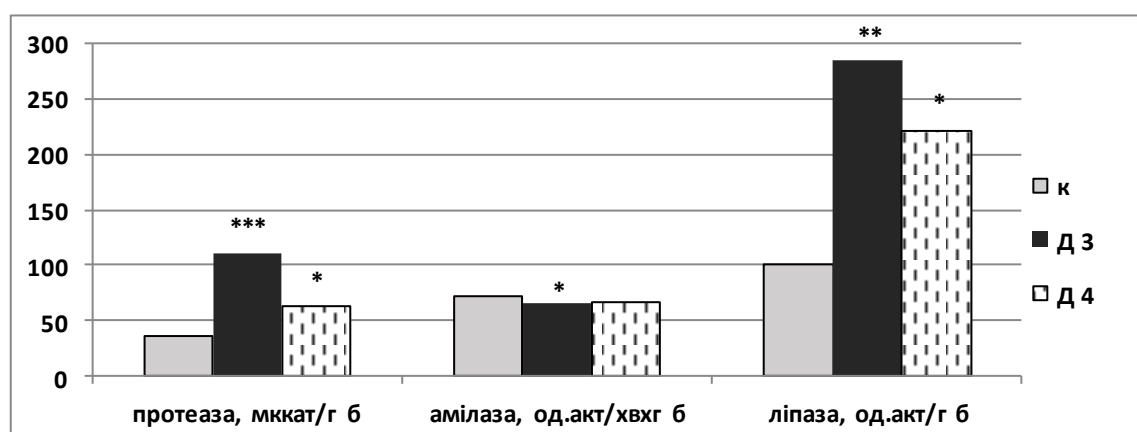


Рис. 26. Активність гідролітичних ензимів в дуоденальному вмісті дванадцятипалої кишки перепілок

Так, за умови введення до раціону птиці мікроелементів у формі аквацитрату в кількості, що становить 10 % від їх рівня в СП, активність протеаз та ліпаз зростає втричі ($P < 0,01-0,001$). Тоді як уведення органічної мінеральної добавки у кількості біоелементів, що становить 5 % від їх рівня в стандартному преміксі, призводить до підвищення згаданих ензимів у хімусі дванадцятипалої кишки вдвічі ($P < 0,05$).

Результати проведених досліджень свідчать про те, що ліполітична активність була найвищою, порівняно з іншими ензимами, в усіх досліджуваних нами тканинах. Очевидно, це обумовлено тим, що інші ензими (протеїнази, амілази) дублюються на протязі травного каналу, тоді як панкреатичні ліполітичні ензими відповідають за розщеплення жирів, які поступають з кормом. Панкреатична ліпаза каталізує розщеплення триацилгліцеролів корму до двох жирних кислот і моногліцеролу. Внесок ліпази шлункового секрету в процес гідролізу жирів є незначним.

Амілаза може брати участь у регулюванні сигналів з клітин цитоплазми на зовнішню поверхню мембран епітеліоцитів. В якості регуляторних сигналів при цьому виступають різноманітні нутрієнти. Завдяки такій властивості ензиму відбувається авторегуляція природного полісубстратного живлення на молекулярному рівні.

За результатами проведених досліджень встановлено, що активність амілаз, у всіх досліджуваних нами тканинах перепілок дослідних груп, порівняно до контрольної, знижувалась, що характеризувало відповідну функціональну і адаптаційну активність підшлункової залози.

Основними представниками індигенної мікрофлори кишечника перепелів є лактобактерії, біфідобактерії, кишкова паличка та ентерококи (табл. 3.16). Вони формують стійкий мікробіоценоз.

Зокрема, у вмісті сліпих кишок перепілок третьої дослідної групи (птиця отримувала 10 % біогенних елементів у формі аквацитратів від кількості у СП) виявлено більшу загальну кількість колоній кишкової палички на $1,17 \log_{10}$

КУО/г ($P < 0,001$), порівняно з показником птиці контрольної групи.

Таблиця 3.16

Склад мікрофлори сліпих кишок перепелів ($M \pm m, n=5$)

Мікроорганізми		Група		
		контрольна	3 дослідна	4 дослідна
Заг. кількість кишкової палички	КУО/г	$(1,71 \pm 0,11) \times 10^7$	$(2,66 \pm 0,66) \times 10^8$	$(1,83 \pm 0,49) \times 10^7$
	\log_{10} КУО/г	$7,23 \pm 0,03$	$8,40 \pm 0,10^{***}$	$7,34 \pm 0,12$
–лактозоферментуючі штами, %		$92,83 \pm 3,98$	$95,48 \pm 1,05$	$94,31 \pm 1,34$
–штами з слабковираже- ними ферментативними властивостями, %		$7,13 \pm 3,98$	$4,52 \pm 1,05$	$5,69 \pm 1,34$
–лактозонегативні штами, %		Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Гемолізуючі КУО/г	штами,	$(1-2) \times 10^4$	Не виявлено	$(1-3) \times 10^4$
Лактозонегативні ентеробактерії, КУО/г		$(1-15) \times 10^2$	1×10^2	$(5-10) \times 10^2$
Дріжджоподібні гриби роду <i>Candida</i> , КУО/г		$(0-6) \times 10^2$	Не виявлено	Не виявлено
Цвілеві гриби, КУО/г		9×10^2	$(0-1) \times 10^2$	$(1-2) \times 10^2$
Протей	КУО/г	$9,1 \times 10^2$	Не виявлено	Не виявлено
	\log_{10} КУО/г	$2,96 \pm 0,2$		
Біфідобактерії	КУО/г	10^8-10^{10}	10^{10}	10^{10}
	\log_{10} КУО/г	$9,33 \pm 0,67$	$10,00 \pm 0,00$	$10,00 \pm 0,00$
Лактобактерії	КУО/г	10^{10}	10^{10}	10^8-10^{10}
	\log_{10} КУО/г	$10,00 \pm 0,00$	$10,00 \pm 0,00$	$9,33 \pm 0,67$

Таке зростання відбувалося за рахунок кількості клітин штамів з нормальною ферментативною здатністю до 95,5 %. Ідентифіковано окремі колонії гемолізуючих штамів родів *Streptococcus* і *Staphylococcus* та лактозонегативних ентеробактерій родів *Erwinia* і *Citrobacter*.

У вмісті сліпих кишок перепелів четвертої дослідної групи виявлено

тенденцію до збільшення загальної кількості кишкової палички, порівняно з показником у птиці контрольної групи, на тлі зменшення штамів зі слабкою ферментативною здатністю до 5,69 %. При визначенні вмісту кишкової палички у мікробіоценозі кишечника має значення не тільки її кількість, але й відсоткове співвідношення ешеріхій із нормальною ферментативною активністю до кількості таких, що мали понижено ферментативну активність. Аналіз отриманих нами результатів засвідчує, що вміст *Escherichia coli* з нормальною ферментативною активністю становить у вмісті сліпих кишок перепелів даної дослідної групи 94,31 %, що є на 1,48 % більше, ніж у птиці контрольної групи.

У вмісті сліпих кишок перепелів не було виявлено лактозонегативних штамів кишкової палички. Спостерігали поодинокі колонії гемолізуючих штамів (*Streptococcus, Staphylococcus spp*) та лактозонегативних ентеробактерій (*Erwinia, Enterobacter*). Виявлена нами присутність кокових форм (стрепто- та стафілококи) не перевищувала 10 % від загальної кількості мікроорганізмів.

Отримані нами результати досліджень показують, що кількісних змін зазнавали біфідо- та лактобактерії в перепілок третьої дослідної групи, порівняно з показниками контролю. Зокрема, кількість цих представників мікробіоценозу в сліпих кишках перепелів, які отримували з кормом мікроелементи у формі аквацитрату в кількості, що становила 10 % від їх вмісту у СП, була на рівні 10^{10} КУО/г. Зменшення аквацитратів біоелементів до 5 %, відносно їх вмісту в СП (четверта дослідна група), також призводить до зростання біфідобактерій, порівняно з контролем. Однак, у птиці цієї дослідної групи нами встановлено зменшення кількості клітин лактобактерій до 10^8 - 10^{10} КУО/г.

Дослідження складу факультативної мікрофлори вмісту сліпих кишок перепілок виявили деякі відмінності. Так, у сліпих кишках перепелів дослідних груп не ідентифіковано клітин протею та дріжджоподібних грибків. При цьому, у складі мікробіоти кишечника птиці обох дослідних груп було ідентифіковано поодинокі колонії цвілевих грибів. Тоді як у контролі – в окремих випадках висівали клітини бактерії роду *Proteus* та дріжджоподібних грибів роду *Candida* і

цвілеві гриби.

Застосування комплексу біогенних елементів у формі аквацитратів проявляє позитивний вплив на мікрофлору кишечника перепелів. Зокрема, збільшувалася кількість штамів із нормальною ферментативною активністю, на тлі зростання загальної кількості клітин *E.coli*. При цьому, в хімусі сліпих кишок перепелів дослідних груп не було виявлено лактозонегативних штамів кишкової палички, дріжджоподібних грибів та клітин протею.

Таким чином, результати проведених досліджень свідчать про те, що форма і кількість введених мінеральних речовин у раціон перепілок впливають на активність гідролітичних ензимів та мікробіоценоз кишечника у птиці. Так, за умови введення до раціону перепілок мінеральної добавки у формі аквацитрату, підвищувалася протеолітична та ліполітична активність ензимів у тканинах підшлункової залози та хімусі дванадцятипалої кишки. Тоді як активність амілаз знижувалась, в усіх досліджуваних нами тканинах перепілок дослідних груп, порівняно до контролю.

За впоювання перепілкам біогенних елементів у формі аквацитратів (10 % від кількості у СП) у складі мікрофлори порожнини сліпих кишок спостерігали збільшення загальної кількості клітин кишкової палички, біфідо- та лактобактерій, а також позитивні зміни у співвідношеннях штамів $lac\pm:lac+$.

Результати досліджень опубліковані у праці:

Медвідь, С. М.; Гунчак, А. В.; Стефанишин, О. М.; Ратич, І. Б.; Сірко, Я. М.; Кисців, В. О.; Активність гідролітичних ензимів та стан мікробіоценозу сліпих кишок перепелів за впливу аквацитратів мікроелементів. *Тваринництво України* 2018, 6, с 24-30 [258].

3.9. Інтенсивність протеїнового обміну в організмі перепілок за дії мікроелементних добавок

Протеїни відіграють важливу роль в унікальній структурній організації організму птиці. Вони служать основним пластичним матеріалом для побудови

клітин, тканин і органів. Білки є складовою гормонів, ензимів, антитіл та інших сполук, які виконують складні функції в організмі (травлення, ріст, імунітет, розмноження та ін.). За нестачі протеїнів в організмі – сповільнюється ріст і розвиток, виникають порушення функціонування залоз внутрішньої секреції, складу крові, знижується імунітет і, як наслідок, продуктивність. Водночас, для нормалізації перебігу метаболічних процесів в організмі птиці (залежно від виду птиці, її віку та напрямку продуктивності) важливим чинником є забезпечення всіма поживними та біологічно активними речовинами і, мікроелементами зокрема.

У проведених нами дослідженнях щодо ефективності використання у годівлі перепілок аквацитратів мікроелементів встановлено, що вміст протеїну мав органну специфічність і змінювався залежно від рівня мінерального забезпечення (рис. 27).

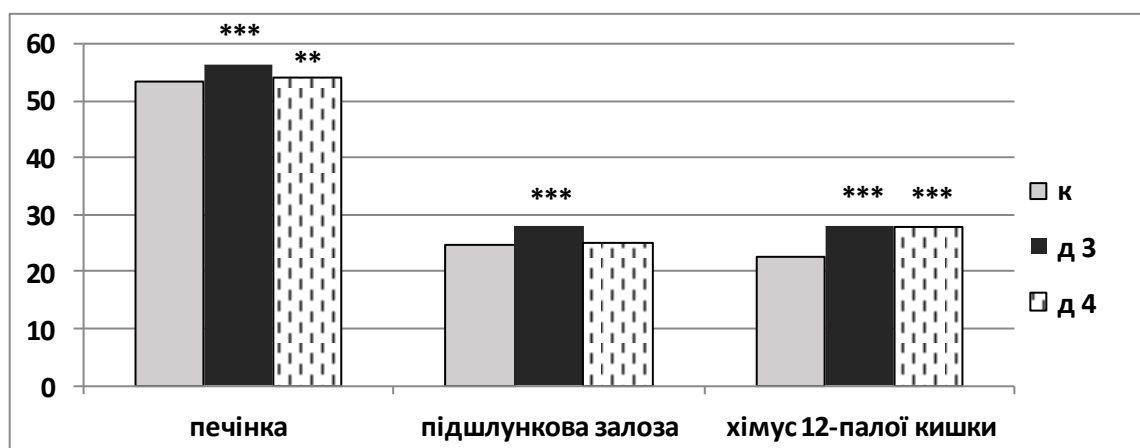


Рис. 27. Вміст розчинних протеїнів, мг/г

Показано, що введення в раціон птиці добавки мікроелементів у формі аквацитрату в кількості, еквівалентній їх вмісту в неорганічному преміксі як 1/10, сприяє вірогідному підвищенню рівня розчинних протеїнів у тканинах печінки на 5,6 % ($P < 0,001$), підшлункової залози на 13,5 % ($P < 0,001$) та хімусі дванадцятипалої кишки на 25,2 %, порівняно з птицею контрольної групи.

За умови додавання мікроелементів в наноорганічній формі в меншій

кількості (5 % від їх вмісту в стандартному преміксі), виявлено вірогідне ($P < 0,001$) збільшення рівня протеїну лише в тканинах печінки та хімусі дванадцятипалої кишки.

Водночас, вміст протеїну в тканинах печінки був майже вдвічі більшим, ніж у тканинах підшлункової залози та хімусі дванадцятипалої кишки, що, очевидно, пов'язано з функціональними особливостями органів. Адже саме в печінці утворюються не тільки власні протеїни гепатоцитів, але й секретується велика кількість протеїнів, необхідних для потреб організму в цілому. Хоч і найбільша кількість протеїну синтезується в м'язах, однак в перерахунку на 1 г маси органу, в печінці їх виробляється дещо більше. Щодо підшлункової залози, то, безперечно, ензими, які вона синтезує також належать до протеїнів, однак, вони не затримуються в ендокринному органі а переміщуються далі по травному каналу.

Сумарний вміст вільних амінокислот у крові і тканинах птиці свідчить про інтенсивність процесів травлення і розщеплення поживних речовин корму. Наші дослідження показали (рис. 28), що зміни концентрації амінного азоту також мали органо-тканинні відмінності. Зокрема, у тканинах печінки вміст амінного азоту був майже вдвічі нижчим, ніж у тканинах підшлункової залози. Проте, в хімусі дванадцятипалої кишки цей показник був найнижчим з поміж усіх досліджуваних нами тканин і знаходився в межах 0,048-0,054 мг/г.

Динаміка концентрації амінного азоту в тканинах перепілок за умови введення до раціону аквацитрату мікроелементів (рис. 28) була подібною до змін вмісту протеїнів.

Однак, за умови введення меншої кількості мікроелементів у формі аквацитрату в раціон (група Д₄), рівень амінного азоту був дещо нижчим, ніж у птиці контрольної групи. Це може бути пов'язано з інтенсивним використанням амінокислот на побудову тіла та їх транспортуванням з печінки до яйцепроводу, де вони беруть участь у синтезі специфічних протеїнів яйця. Адже саме в птиці дослідних груп була висока несучість, маса яєць, а також

найвищі прирости маси тіла за період дослідю.

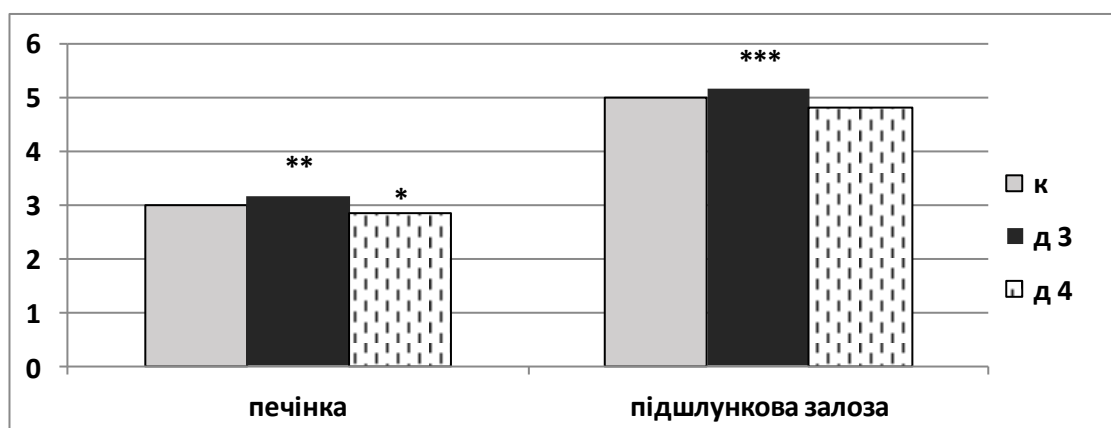


Рис. 28. Вміст амінного азоту, мг/г

Центральну роль в обміні протеїнів, здійснюючи окиснювальне дезамінування амінокислот, опосередковано через глутамінову кислоту, відіграють амінотрансферази — ензими, що каталізують міжмолекулярне перенесення аміногрупи від відповідних амінокислот на α -кетокислоти (2-оксокислоти), з утворенням нових кето- і амінокислот без утворення вільного аміаку. Про інтенсивність обміну протеїнів у різних тканинах можна судити за результатами дослідження активності амінотрансфераз.

Аналізуючи одержані нами результати досліджень (табл. 3.17), можна зробити висновок про те, що включення аквацитрату мікроелементів до раціонів перепілок впливає на активність трансаміназ АлАТ та АсАТ.

При цьому, варто зауважити, що виявлені нами зміни не виходили за фізіологічні межі.

Показано, що активність аспартат- та аланінамінотрансфераз вірогідно збільшувалась у тканинах печінки та підшлункової залози перепілок обидвох дослідних груп, порівняно з показниками в аналогів контрольної групи ($P < 0,05 - 0,001$).

При цьому, співвідношення АсАТ/АлАТ (коефіцієнт де-Рітиса) в тканинах птиці дослідних груп було на рівні показників птиці, що з кормом

отримувала неорганічну мікроелементну добавку. Виключенням є лише досліджуваний коефіцієнт у тканинах печінки третьої дослідної групи. Він перевищував аналогічні показники в усіх тканинах перепілок досліджуваних нами груп, але залишався у фізіологічних межах.

Таблиця 3.17

**Активність амінотрансфераз в тканинах перепілок
за дії різних доз аквацитрату, мкмоль(год × г) (M±m,n=5)**

Тканини	Групи		
	контроль	третя дослідна (1/10 від кількості в СП)	четверта дослідна (1/20 від кількості в СП)
печінка			
Активність АсАТ	15,49±0,14	15,05±0,12*	16,01±0,16*
Активність АлАТ	3,89±0,03	3,12±0,02***	4,01±0,03*
підшлункова залоза			
Активність АсАТ	11,35±0,1	10,99±0,09*	11,67±0,1
Активність АлАТ	3,22±0,02	3,01±0,02***	3,53±0,03***
хімус 12-палої кишки			
Активність АсАТ	9,92±0,17	10,13±0,39	9,23±0,43
Активність АлАТ	3,28±0,26	3,41±0,68	3,76±0,78

Зважаючи на те, що активність амінотрансфераз вважається інформативним показником фізіологічного стану організму, можна зробити висновок про те, що включення до складу повнораціонного комбікорму для перепілок аквацитратів мікроелементів у стосованих дозах не призводило до порушень метаболічних процесів. Про це свідчать (рис. 29) результати дослідження активності лужної фосфатази (ЛФ).

Зокрема, встановлено, що активність ензиму була у фізіологічних межах, хоч у крові курчат четвертої дослідної групи дещо переважала рівень показників

у птиці контрольної групи.



Рис.29. Активність лужної фосфатази в сироватці крові перепілок, Од/л

Активність ЛФ у сироватці крові становить загальну активність її ізоензимів, що містяться в печінці, кістках, нирках, слизовій оболонці кишечника та плаценті. При цьому, ЛФ вважають маркерним ензимом при захворюваннях печінки.

Результати досліджень опубліковані у праці:

Медвідь, С. М.; Гунчак, А. В.; Стефанишин, О. М.; Ратич, І. Б.; Сірко, Я. М.; Кисців, В. О.; Активність гідролітичних ензимів та стан мікробіоценозу сліпих кишок перепелів за впливу аквацитратів мікроелементів. *Тваринництво України* 2018, 6, с 24-30 [258].

3.10. Рівень накопичення біоелементів в організмі перепілок за впоювання цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження

З метою встановлення впливу добавок мікроелементів різних форм і доз на інтенсивність їх накопичення у тілі перепелів ми провели визначення вмісту Мангану, Кобальту, Феруму, Цинку і Купруму в грудному і стегновому м'язах, а також печінці.

Встановлено (рис. 30), що форма і кількість введеного комплексу мікроелементів впливала на рівень накопичення Мангану в тілі перепілок.

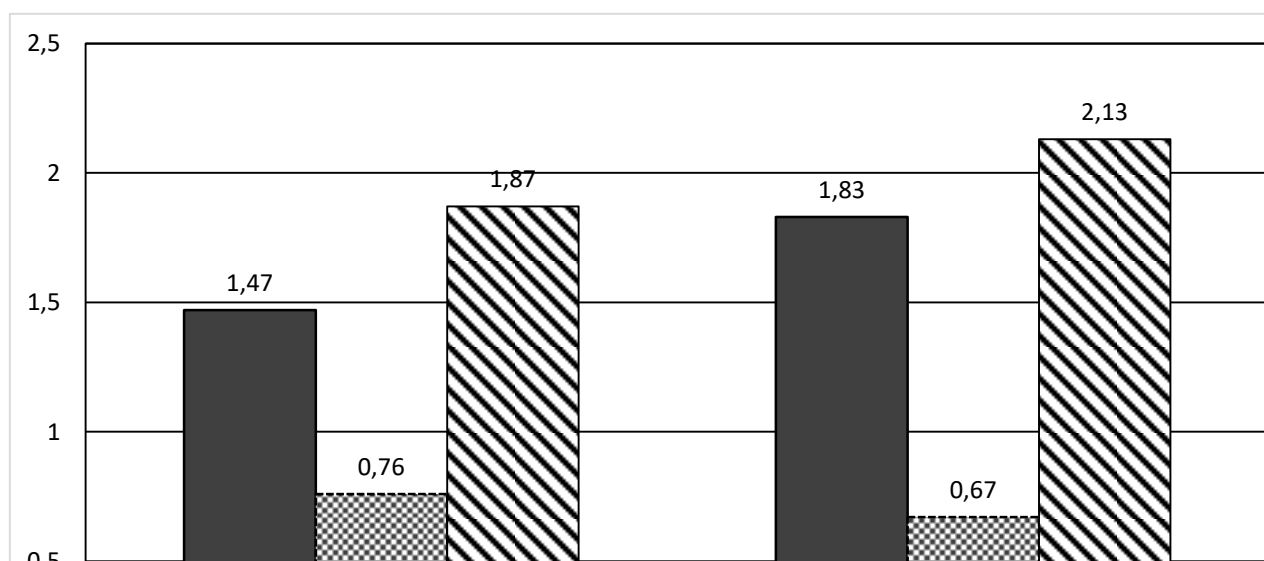


Рис. 30. Вміст Mn в тканинах перепелів, мг/кг

Зокрема, за випоювання біоелементів у формі цитрату в кількості, що становить 10 % від їх вмісту в неорганічному преміксі (третя дослідна група), порівняно з показниками у птиці контрольної групи, концентрація Mn була вищою на 24,1 % ($P < 0,01$) у стегновому м'язі, а також на 13,9 % ($P < 0,05$) у печінці. Випоювання біоелементів у формі цитрату в кількості, що становить 5 % від їх вмісту в СП спричиняє зниження вмісту Mn у стегновому м'язі втричі ($P < 0,001$). Поряд з цим, форма і кількість введених до раціонів перепілок мікроелементів не призводила змін концентрації Мангану в грудному м'язі (вона була в межах 0,67-0,76 мг/кг).

При цьому, в межах кожної з груп птиці зберігається тенденція щодо найвищого рівня вмісту Mn в печінці, порівняно з його рівнем у м'язах, що є характерним для птиці, як і інших тварин. Адже елемент після всмоктування в дванадцятипалій кишці швидко виводиться з крові і переходить в печінку, що є основним його джерелом в організмі, а також в кістки та волос (пір'я).

Аналіз одержаних результатів визначення вмісту Феруму в тканинах перепелів переконливо свідчить про підвищення інтенсивності накопичення

біоелемента в печінці (рис. 31) за введення до раціонів птиці комплексу цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження. При цьому, за накопиченням Fe в печінці, ефективною виявилась кількість, що становить 10 і 5 % від вмісту в СП. Зокрема, у печінці перепілок третьої дослідної групи концентрація біоелементу зростала в 1,7 раза ($P < 0,001$), а четвертої – в 1,5 раза ($P < 0,01$), порівняно з аналогами контрольної групи.

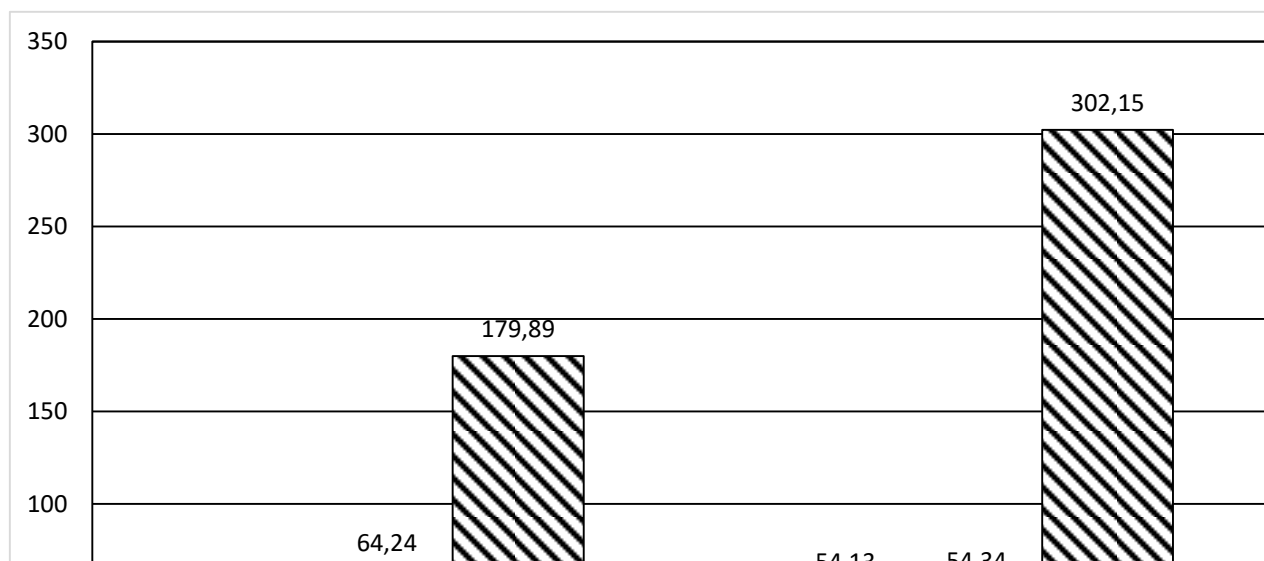


Рис. 31. Вміст Fe в тканинах перепелів, мг/кг

Вважаємо, що таке збільшення вмісту елементу в печінці дослідних груп перепілок свідчить про високу біодоступність Феруму із його цитрату нанотехнологічного походження.

Подібні, але менш виражені зміни виявлені і в тканинах стегового м'яза. А саме – у перепілок дослідних груп концентрація Fe зростала майже втричі ($P < 0,001$), порівняно контролем.

Поряд з цим, вміст Fe у грудному м'язі птиці третьої і четвертої дослідних груп, навпаки, знижувався, відповідно, на 15,4 ($P < 0,05$) та 37,3 % ($P < 0,01$), порівняно з показниками у перепілок, які отримували з кормом мікроелементи у формі неорганічних солей.

Тобто відбувався певний перерозподіл Феруму у м'язах перепілок за

випоювання їм цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження.

Встановлено, що за споживання перепілками мікроелементів у формі аквацитратів характер розподілу Цинку в досліджуваних тканинах був іншим, ніж у птиці, що споживала біоеlementи у молекулярній формі (рис. 32).

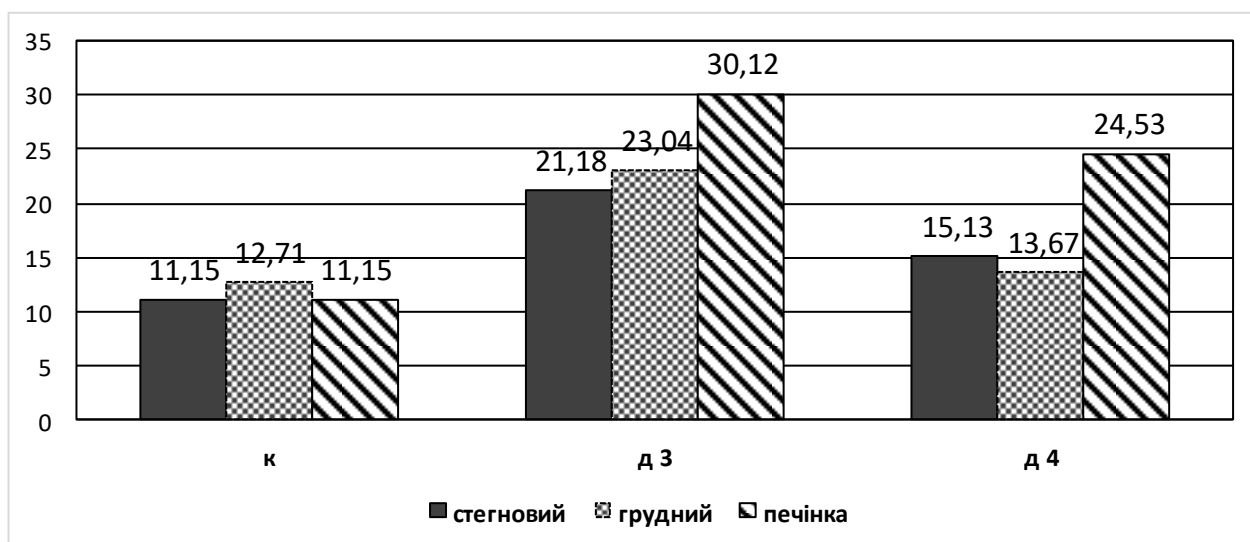


Рис. 32. Вміст Zn в тканинах перепелів, мг/кг

Зокрема, якщо у птиці контрольної групи концентрація Zn була, приблизно, на одному рівні у м'язах та печінці (11,15-12,71 мг/кг), то випоювання комплексу цитратів мікроелементів призводило до підвищення рівня накопичення Цинку в цих тканинах. Так, порівняно з контролем, вміст досліджуваного елемента у стегновому та грудному м'язах зростав, майже, вдвічі ($P < 0,01$), а в печінці, майже, втричі (у 2,7 раза, $P < 0,001$) у перепелів, яким випоювали комплекс мікроелементів в органічній формі в кількості, що становила 10 % їх рівня в СП.

Поряд з цим, про високу акумуляцію Zn у печінці свідчать і результати дослідження біологічного матеріалу від птиці четвертої дослідної групи (мікроelementи у формі аквацитратів в кількості 5 % від їх вмісту в СП). У перепілок цієї групи вміст Цинку переважав показники птиці контрольної групи у 2,5 раза ($P < 0,01$), тоді як у стегновому та грудному м'язах був, приблизно, на рівні контролю.

Таким чином, одержані результати свідчать про високу кумуляційну здатність Цинку у формі аквацитрату в печінці перепілок. При цьому, застосування біоелемента в комплексі з іншими елементами в кількості, що становить 10 % від їх вмісту в неорганічному мінеральному преміксі є ефективнішим, аніж в кількості 5 %.

Щодо вмісту Кобальту в досліджуваних тканинах перепілок (рис. 33), то у птиці третьої дослідної групи він дещо зростає, порівняно з аналогами контрольної групи у стегновому м'язі та печінці, відповідно, на 1,2 та 1,3 %. Тоді як у грудному м'язі залишався на рівні контролю.

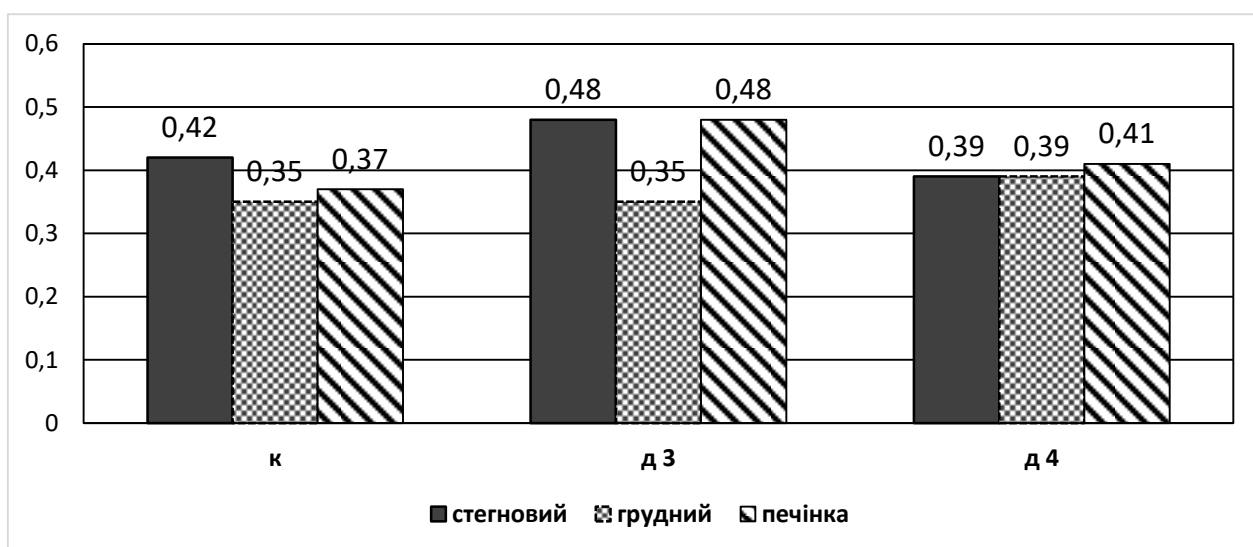


Рис. 33. Вміст Co в тканинах перепелів, мг/кг

За вполювання цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження птиці четвертої дослідної групи (5 % від рівня в СП), вміст Co був на рівні контролю в усіх досліджуваних тканинах. При цьому, дещо поступався рівню біоелемента у стегновому м'язі та печінці перепілок третьої дослідної групи та перевищував вміст у грудному м'язі.

Визначення вмісту Купруму в тканинах перепелів свідчить про те, що у птиці контрольної групи найвищий його рівень був у печінці (рис. 34). Тоді як заміна мікроелементів у неорганічній формі в складі стандартного мінерального преміксу їх органічною формою призводила до перерозподілу

металу в тілі птиці. При цьому, за впоювання біоелементів у формі цитрату в кількості, що становила 10 та 5 % (третья і четверта дослідні групи) від їх вмісту в СП, концентрація Cu була максимальною в грудному м'язі перепілок, порівняно з вмістом в інших тканинах.



Рис. 34. Вміст Cu в тканинах перепелів, мг/кг

Однак, для динаміки вмісту Купруму в тканинах перепілок третьої дослідної групи було характерним те, що він переважав показники птиці контрольної групи у стегновому і грудному м'язах, а також печінці, відповідно, в 1,8; 1,9 та 1,6 раза ($P < 0,05-0,001$). Тоді як у стегновому м'язі і печінці перепілок четвертої дослідної групи концентрація Cu знижувалась на 28,7 та 19,1 % ($P < 0,05$), відповідно, а в грудному м'язі залишалась на рівні показників птиці контрольної групи.

3.11. Продуктивна дія цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження на організм перепілок

Несучість сільськогосподарської птиці – не тільки показник економічної ефективності галузі, але й показник впливу різноманітних чинників, які сприяють чи пригнічують реалізацію генетичного потенціалу перепілок сучасних високопродуктивних порід, кросів та ліній.

У результаті проведеного нами дослідження встановлено (рис. 35), що найвищою була продуктивність перепілок третьої дослідної групи, яким випоювали мінеральну добавку мікроелементів у формі аквацитрату дозою, що становила (в перерахунку на елемент) 1/10 від їх вмісту в складі мінерального преміксу, де Ферум, Кобальт, Манган, Цинк, Купрум і Йод були у формі неорганічних солей.

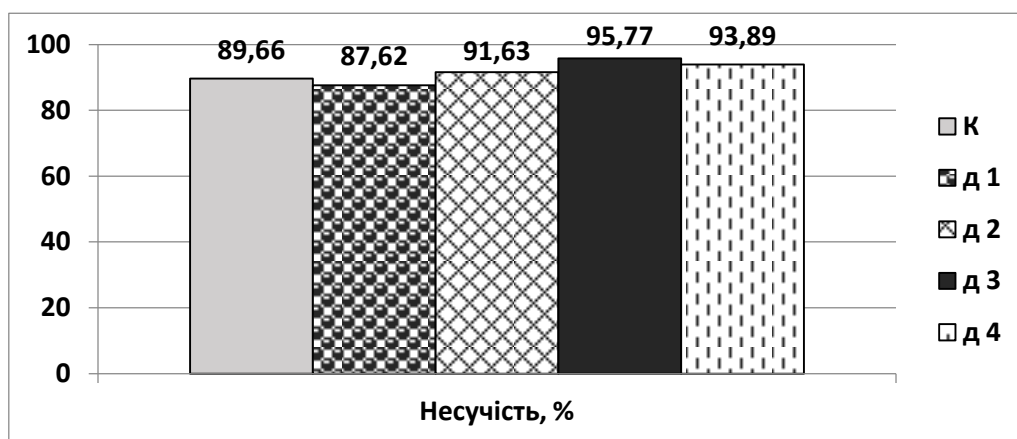


Рис. 35. Несучість перепілок, %

Зокрема, несучість птиці цієї групи становила 95,77 % і була на 6,11 % вищою, ніж у контролі. Водночас, яєчна продуктивність перепілок другої і четвертої дослідних груп переважала показники аналогів контрольної групи на 1,97 та 4,18 % відповідно.

Щодо показників продуктивності несучок першої дослідної групи, то за умови введення до їх раціону мікроелементів у формі аквацитрату, що становить 50 % від кількості у стандартному преміксі, їх несучість була нижчою на 2 % від показників у контролі.

З метою визначення ефективності застосування аквацитратів мікроелементів у годівлі перепілок ми також проводили зважування птиці на початку та в кінці дослідження (рис. 36).

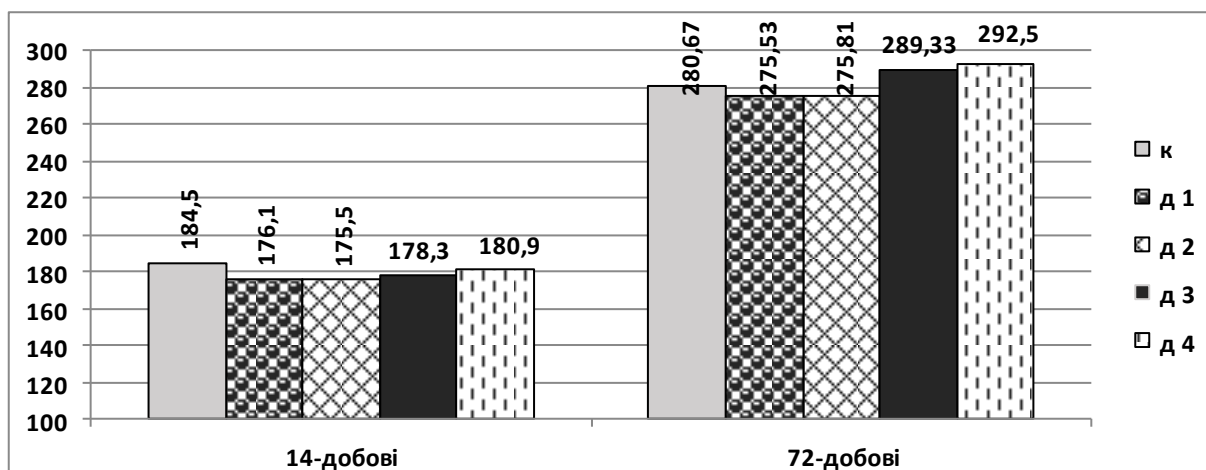


Рис. 36. Маса тіла перепілок, г

Одержані нами результати свідчать про те, що характер змін показників маси тіла дещо відрізнявся від динаміки показників несучості.

Встановлено, що за умови введення до раціону перепілок мінеральної добавки аквацитратів мікроелементів, прирости маси тіла (за період дослідження) були більшими у птиці всіх дослідних груп. Так, маса перепілок контрольної групи збільшилась на 96,17 г, а дослідних груп, відповідно, на 99,43; 100,3; 111,3 та 111,7 г, тобто на 2,8; 4,3; 15,7 та 16,1 %.

Тобто найбільші прорости були у перепілок, які одержували комплекс есенціальних елементів у формі аквацитрату в кількості (в перерахунку на елемент), що була у 10 та 20 разів меншою, аніж їх рівень у складі неорганічного мінерального преміксу.

Цікавими, на нашу думку, є результати впливу наноформи мікроелементів на морфометричні показники яєць яєць (рис. 37). Так, з поміж усіх інших, найвищою була маса яєць, знесених перепілками третьої дослідної групи, і це за високої несучості. Зокрема, яйця птиці цієї дослідної групи перевищували показники маси яєць перепілок контрольної та четвертої дослідної групи, відповідно на 21,7 і 12,3 %.

Водночас, варто зауважити, що найшвидше починалась яйцекладка у перепілок контрольної та третьої дослідних групи (перше яйце у 48-а добовому віці), пізніше (49-а доба) – четвертої дослідної групи.

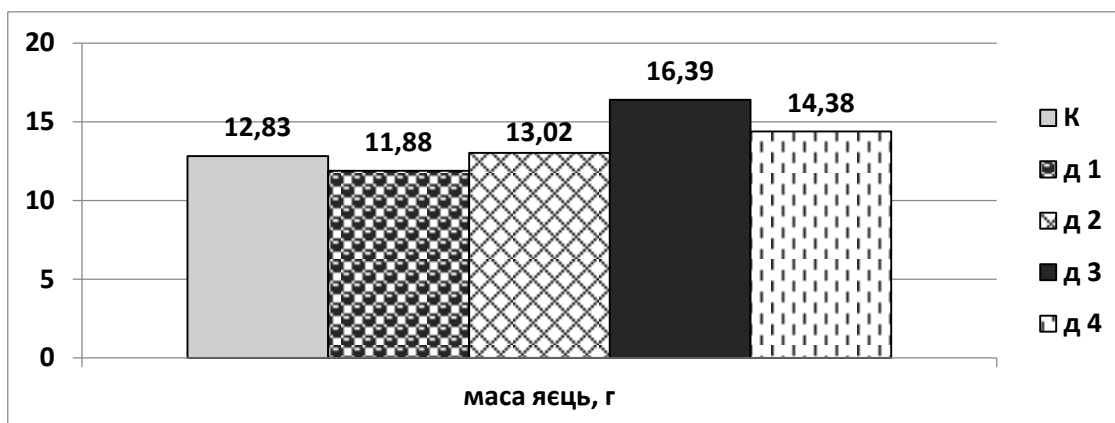


Рис. 37. Маса яєць, г

Зважаючи на те, що несучість, маса тіла та яєць у перепілок третьої і четвертої дослідних груп були найвищими з поміж усіх досліджуваних груп, ми проводили біохімічні дослідження біологічного матеріалу від птиці контрольної і тих дослідних груп, яким до раціону вводили мінеральну добавку у формі аквацитрату з умістом мікроелементів, що становить у 10 та 5 % від їх вмісту в складі неорганічного преміксу (контрольна група).

З метою визначення оптимальної кількості мікроелементів у формі аквацитратів у раціонах перепілок, було проведено дослідження якості яєць за морфометричними та біохімічними показниками.

Встановлено (табл. 3.16), що яйця, знесені перепілками третьої дослідної групи були важчими ($P < 0,001$), мали більшу масу жовтка, білка і шкаралупи ($P < 0,05-0,01$), порівняно з аналогами контрольної групи.

Водночас, за цими показниками спостерігається й деяка тенденція до підвищення якості яєць, що були знесені перепілками четвертої дослідної групи, які отримували з водою мікроелементи у формі аквацитрату в кількості, що становить лише 5 % їх вмісту у стандартному преміксі. Хоча ці зміни не є вірогідними, прослідковується, хоч і незначне, зростання маси яєць, порівняно з показниками у птиці контрольної групи. При цьому цікавим є те, що маса шкаралупи була вищою, ніж у контролі, а міцність – нижчою.

**Морфометричні показники якості яєць перепілок
за дії мікроелементних добавок, (M±m, n=10)**

Показники	Групи		
	контроль	Д ₃ (1/10 від вмісту в СП)	Д ₄ (1/20 від вмісту в СП)
Маса яйця, г	12,83±0,12	16,39±0,38***	14,38±0,96
Маса білка, г	7,70±0,22	9,32±0,31**	9,02±0,74
Маса жовтка, г	3,61±0,31	4,79±0,38*	3,58±0,25
Маса шкаралупи, г	1,53±0,09	2,29±0,11*	1,78±0,19
Міцність, кг/мм ²	0,35±0,04	0,44±0,09*	0,30±0,03
pH білка	7,76±0,18	7,77±0,11	7,77±0,51
pH жовтка	6,47±0,14	6,49±0,09	6,47±0,78

Зазвичай, патологія, за якої яйце має шкаралупу нормальної товщини, але вона все одно тріскається, пов'язана з передозуванням Фосфору, надлишок якого в організмі погіршує засвоюваність Кальцію. Однак, у нашому випадку, такі зміни можуть бути обумовлені нестачею Йоду в раціоні перепілок четвертої дослідної групи. Цей мікроелемент посилює обмін Нітрогену, а також впливає на кальцієво-фосфорне співвідношення. Водночас, за нестачі Йоду може порушуватись функціональна здатність щитоподібної залози щодо продукування кальцитоніну, функція якого пов'язана з регуляцією іонів Кальцію. З іншого боку – несучість птиці цієї групи була досить високою (рис. 27) за період досліду, а також були великими яйця (маса яєць більша на 12 %, порівняно з контролем). Зважаючи на те, що в середньому кожна несучка на «створення» одного яйця витрачає 2–3 г Кальцію, якщо вона яєчної породи, і 3-4,2 г, якщо вона м'ясної породи, можливо відбувається певний дисбаланс у процесі поповнення запасів елементу в організмі.

Встановлено (табл. 3.17), що вміст розчинних білків та амінного азоту в жовтках яєць перепілок дослідних груп, за впоювання їм аквацитрату мікроелементів, суттєво не відрізнявся від показників у жовтках яєць птиці контрольної групи.

Таблиця 3.17

Вплив мікроелементних добавок у раціоні перепілок на біохімічні показники у жовтках яєць, (M±m, n=10)

Показники	Групи		
	контроль	Д ₃ (1/10 від вмісту в СП)	Д ₄ (1/20 від вмісту в СП)
Розчинні білки, мг/г	150,87±1,68	154,14±1,91	149,87±2,04
Амінний азот, мг/г	0,31±0,02	0,30±0,02	0,33±0,03
Загальні ліпіди, г%	258,0±5,3	280,0±1,8**	282,8±1,8**
Вільний холестерол, %	7,38±0,17	5,57±0,14***	6,49±0,31*
Кальцій, мкг/кг	2345,67±34,11	2488,22±51,17*	2337,49±48,36
Йод, мкг/100г	139,62±6,14	183,15±5,83*	105,44±5,31**
Цинк, мкг/кг	48,74±1,84	61,14±2,93**	50,13±1,29
Ферум, мкг/кг	165,33±5,44	172,35±7,81	158,21±5,38
Манган, мкг/кг	1,18±0,03	1,20±0,07	1,19±0,05
Купрум, мкг/кг	7,11±0,98	8,14±0,96	7,03±0,73
Кобальт, мкг/кг	0,50±0,03	0,49±0,3	0,48±0,04

Показано позитивний вплив мікроелементів у формі цитратів нанотехнологічного походження на вміст загальних ліпідів у жовтках яєць птиці обох дослідних груп. А саме – у третій дослідній групі він був вищий на 8,5 %, і в четвертій – на 9,6 %, порівняно до контролю.

Слід зауважити, що у жовтку яєць, одержаних від птиці дослідних груп, виявлено зниження кількості вільного холестеролу (відповідно на 0,9 % $P<0,001$ та 1,8 % $P<0,05$).

У той же час, у жовтках яєць, знесених перепілками третьої дослідної групи, яким випоювали мікроелементи у формі аквацитрату в кількості, що становила 10 % від їх вмісту в неорганічному преміксі, підвищувалась, порівняно з контролем, концентрація Кальцію на 6 % ($P < 0,05$). Ці дані узгоджуються з результатами дослідження маси яєць та міцності шкаралупи (табл. 3.16). Поряд з цим, встановлено збільшення кількості Цинку – на 25 % ($P < 0,01$) та Йоду – на 4,2 % ($P < 0,05$).

Щодо вмісту мікроелементів у жовтках яєць, знесених перепілками, які з водою отримували мікроелементи у формі аквацитрату в кількості, що становила 5 % (четверта дослідна група) від їх вмісту в неорганічному преміксі, то встановлено лише вірогідне зниження концентрації Йоду на 24,4 % ($P < 0,05$), порівняно з аналогами контрольної групи.

Результати досліджень опубліковані у праці:

Гунчак, А. В.; Медвідь, С. М.; Сірко, Я. М. Інтенсивність протеїнового обміну в організмі перепілок та їх несучість за використання мікроелементних добавок до раціонів. *Таврійський науковий вісник*, 2018, 102, с 94-99 [260].

Заключення до розділу 3.

Наноаквахелати біогенних металів проявляють виражений стимулювальний вплив на обмін речовин, резистентність та продуктивні якості птиці. Висока метаболічна активність нанокупруму, наноцинку, нанокобальту, наноферуму, наномангану і нанойоду зумовлена наявністю в цих аквахелатів курпускулярного, хвильового і квантового ефектів, які потужно впливають на перебіг біохімічних реакцій, посилюючи їх асиміляційну здатність.

Встановлено, що висока біодоступність і активність досліджуваних мікроелементів (Cu, Co, Mn, Zn, Fe, J) забезпечує відповідний гемопоез, обмінні процеси, резистентність і продуктивні якості в різних видів птиці (курчата-бройлери, перепілки) у значно менших кількостях, ніж ті, що впродовж багатьох років використовуються в складі мінеральних преміксів але в

неорганічній формі. За результатами наших експериментальних досліджень з'ясовано, що кращий результат досягається за впоювання комплексу цитратів мікроелементів в кількості, що еквівалентна 25 % (для курчат-бройлерів) і 10 % (для перепілок) від їх вмісту в стандартному мінеральному преміксі для кожного виду птиці. На тлі впоювання птиці такої кількості біоелементів у формі цитратів у крові зростала кількість еритроцитів, вміст гемоглобіну, гематокритна величина, підвищувалась неспецифічна резистентність (БАСК, ЛАСК, ЦК), збільшувався відносний рівень теофілінрезистентних лімфоцитів. При цьому характерним було сповільнення процесів вікової інволюції імунокомпетентних органів (тимусу, клоакальної сумки та селезінки), посилювалась протеїнсинтезувальна функція, у мікробіоті сліпих кишок підвищувався вміст штамів *Escherichia coli* з нормальною ферментативною активністю.

Позитивний вплив аквацитратів мікроелементів на продуктивні якості характеризувався зростанням маси тіла бройлерів у 56-добовому віці на 10,9 % та 72-добових перепілок на 15,7 %; несучість останніх збільшувалась на 6,11 % на тлі поліпшення якості яєць: у жовтках підвищувався вміст Ca, J, Zn, загальних ліпідів і знижувався рівень вільного холестеролу.

Таким чином, за результатами експериментальних досліджень встановлено, що цитрати мікроелементів нанотехнологічного походження можуть бути використані в якості заміни неорганічних есенціальних біоелементів в складі стандартних мінеральних преміксів для птиці а оптимальними кількостями Феруму, Купруму, Мангану, Кобальту, Цинку і Йоду є 25 % (бройлери) і 10 % (перепілки) від їх вмісту в преміксах для різних видів птиці.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Раціональне вирішення проблем інтенсифікації птахівництва неможливе без використання скритих резервів підвищення продуктивності птиці.

В основі організації технології виробництва продукції птахівництва лежить використання біологічного об'єкту – птиці м'ясних і яєчних порід, ліній і кросів. При цьому необхідно враховувати, що у високопродуктивної птиці обмін речовин протікає інтенсивніше і проявляється підвищеною чутливістю до факторів годівлі та утримання [261].

За два місяці маса тіла бройлерів збільшується в 40-60 разів. При згодовуванні 100 кг корму можна отримати 44,4 кг м'яса бройлерів. В цьому високоенергетичному продукті більше протеїну ніж в м'ясі іншої сільськогосподарської птиці. До складу протеїну м'яса бройлерів входить 92 % не замінимих амінокислот, в протеїнах свинини їх 88 %, баранини – 73 % яловичини – 72 % [262, 263].

Інтенсивний ріст характерний і для перепелів. Добові перепелята досить маленькі, але вже за місяць їх маса зростає більш ніж у 1,5 раза, а у 2-х місячному віці вони досягають маси дорослої птиці [264].

Фізіологія птиці суттєво відрізняється від такої у ссавців. Біологічними особливостями птахів є швидкий ріст у ранньому віці, висока плодючість та інтенсивний обмін речовин, підвищена реакція на стресові ситуації, розвиток ембріона відбувається поза організмом матері, своєрідна анатомічна будова шлунково-кишкового каналу, шкірного покриву і його похідних тощо [265, 266].

Високий рівень продуктивності птиці можливий лише за збалансованої її годівлі, у тому числі за мінеральними речовинами. Нестача або відсутність, а також неправильне співвідношення в раціонах між окремими з них призводить до зниження ефективності використання кормів, веде до порушення обмінних процесів, зниження продуктивності, репродуктивних властивостей та стійкості проти захворювань [35, 267].

Мінеральні речовини тварини та птиця одержують з кормом і частково з водою. Мінеральні елементи входять до складу тканин тіла тварин та птахів як структурний матеріал і як компоненти багатьох вітамінів, гормонів і ензимів, чим забезпечують їх фізіологічну функцію та необхідну інтенсивність обміну речовин [39]. Макро- та мікроелементи, поряд із протеїнами, жирами та вуглеводами відіграють важливу роль у метаболічних процесах, які відбуваються в організмі птиці на клітинному рівні. Вони підтримують гомеостаз міжклітинної рідини та фізико-хімічний стан протеїнів, забезпечують необхідну кислотно-лужну рівновагу та осмотичний тиск між кров'ю і позаклітинною рідиною [29, 30]. Відсутність або дефіцит окремих біоелементів, порушення їх фізіологічно обґрунтованого співвідношення в кормах часто призводить до порушень метаболічних процесів, зниження продуктивності, зростання захворюваності та є причиною передчасного вибракування птиці [31, 32].

Реалізація генетичного потенціалу птиці щодо продуктивності та якості продукції залежить від рівня годівлі, в т.ч. й збалансованості раціонів бройлерів і перепілок за есенціальними біоелементами. Чисельними дослідженнями вітчизняних та зарубіжних вчених з'ясована роль мікро- і ультрамікроелементів в організмі птиці, зокрема в забезпеченні обмінних процесів, високої продуктивності та якості продукції [268-271]. Це зумовлено широким спектром біологічної дії *Феруму*, *Купруму*, *Мангану*, *Кобальту*, *Цинку*, *Йоду* і *Селену* в організмі птахів та їх позитивним впливом на різні ланки обміну речовин. При цьому важливим є розуміння того, що додаткове введення життєвонеобхідних

біомелементів до раціонів має бути обґрунтованим як з урахуванням кількості, так і його форми та визначатися фізіологічною потребою організму курей і фактичним його вмістом в кормах окремих біогеохімічних зон України [272].

На думку багатьох авторів [273, 274], розроблені норми щодо потреби окремих мікроелементів не є однозначні, і багато в чому визначаються зональністю, оскільки вміст макро- і мікроелементів в кормах, залежно від місця проростання і їх згодовування тваринам, суттєво різняться [275-277].

При цьому потреба різних видів птиці не є постійною і незмінною константою. На неї впливають генетичні, фізіологічні, екологічні і аліментарні чинники. У птахів різних порід і кросів, різного віку і фізіологічного стану забезпечення важливими біоелементами різняться і визначається зростанням чутливості птиці до їх дефіциту. Високий рівень надходження досліджуваних елементів в організм курчат-бройлерів і перепілок необхідний для повноцінного росту і розвитку [72].

А.Р. Исмагилова зі співавторами (2012) вважають, що існує пряма залежність між рівнем мікроелементів в ґрунті, воді, рослинах і тваринному організмі. Щорічне визначення рівня есенціальних біоелементів в кормах та створення відповідних рівнянь регресії і картосхем, на думку авторів, є єдиною умовою розробки ефективних заходів профілактики мікроелементозів у тварин та птиці [50].

Усі зміни антропогенного походження порушують природний баланс екосистем, що сформувались впродовж тривалого часу. Вплив людини на довкілля характеризується, на жаль, погіршенням стану екосистем, викликаних їх забрудненням [278]. Серед усіх хімічних забруднень мікроелементи розглядаються як такі, що мають особливе екологічне значення, оскільки зазвичай, засвоєваність більшості біоелементів у тваринному організмі є невисокою (20-30 %) [279].

Неблагоприємні зміни хімічного складу ґрунтів відзначаються також за нераціонального внесення мінеральних добрив, що часто спричиняє порушення

в ґрунті нормального співвідношення як макро-, так і мікроелементів. При цьому відбувається зсув рН середовища, як правило, в кислу сторону [280, 281].

В екологічному аспекті важливим є розуміння того, що мінеральний склад кормів залежить від наявності рухомих форм мікроелементів у ґрунті. Дослідженнями встановлено, що ґрунти та водойми західної біогеохімічної зони України є бідними на рухомі форми Йоду, Кобальту, Цинку, Молібдену, Купруму та Магнію. Окрім природних чинників, в останні роки відзначається техногенне забруднення ґрунтів і води окремими важкими металами, зокрема Нікелем, Кадмієм, Гідраргіуром, Флюором і іншими, які не лише негативно впливають на навколишнє середовище, але й призводять до порушень у засвоєнні життєво необхідних макро- та мікроелементів [282].

Використання в годівлі птиці неорганічних або органічних добавок мінеральних речовин має важливе значення в забезпеченні цими елементами організму. Зазвичай з цією метою на промислових фермах використовують премікси та мінеральні добавки, що містять найбільш важливі мінеральні компоненти.

Однак, необхідно враховувати, що мікроелементи в складі кормосумішок у формі неорганічних солей можуть взаємодіяти між собою, змінюючи фізико-хімічні властивості [283].

Застосування наноматеріалів біогенних металів у тваринництві та птахівництві представляється надзвичайно перспективним, і в першу чергу за створення нових кормів. За повідомленням окремих науковців [284] використання таких кормів забезпечує покращення в тварин обмінних процесів, сприяє зростанню в 1,5 раза продуктивних якостей, прискорює темпи росту і підвищує стійкість організму до стресів та інфекції [285].

Сьогодні, на думку вчених, альтернативи використанню сучасних нанотехнологічних прийомів в птахівництві немає. Однак, за їх переконанням, майбутнє не за самими наночастинками а за наноматеріалами, в яких присутність незв'язаних мікрочастинок є мінімальною. Наноаквахелати металів

охоплюють широкий клас функціональних наноматеріалів від колоїдних розчинів гідратованих наносполук до нанокарбоксилатів. Для забезпечення біосумісності розчини функціональних наноматеріалів можуть бути стабілізовані органічними речовинами із класу спиртів, карбонових кислот, складних ефірів, жирів, вуглеводів, білків і харчових кислот [286, 287].

Як зазначають ряд науковців, оцінка мікроелементного гомеостазу лише з позиції корисної дії есенціальних елементів в конкретній біогеохімічній провінції є неповною, оскільки не враховує участі в обміні мікроелементів таких лігандів, як трансферин, металотіонеїн та інших речовин, що виражено впливають на лігандний гомеостаз [288, 289]. А саме ці механізми зумовлюють недостатньо виражений ефект біометалів, у разі дефіциту їх в раціонах, а також за мікроелементної підгодівлі. Навіть за наявності достатньої кількості мікроелементів в раціонах, але за напруженого лігандного гомеостазу нерідко характерними є подібні клінічні прояви, що і за їх дефіциту.

Мікроелементний гомеостаз організму птиці, за їх використання в неорганічній чи органічній формі, в значній мірі залежить від рівня білкових носіїв, металотіонеїнів (лігандів) в крові і тканинній рідині для кожного з елементів. За використання наноаквахелатів біоелементів, які в силу своєї природи вільно переміщуються (дифузія, броунівський рух, інші механізми) в тканинах потреба в додаткових переносниках відпадає, що сприяє більш вираженій біологічній дії і зумовлює кращу біохімічну і фізіологічну активність при значно менших концентраціях, ніж при використанні мікроелементів у молекулярній формі [52, 224].

Найбільш ефективним є використання наночастинок біометалів (Fe, Co, Cu, Mn, Zn, J, Se і т.д.) у вигляді не моно-, а поліметалевих аквананохелатів – структурних агломератів наночастинок різних розмірів і різнорідних металів, що знаходяться між собою в електричному контакті. Можливість отримати такі складні за структурою наноматеріали дає ерозійно-вибухова нанотехнологія [290]. При цьому рахують, що за певних режимів такого диспергування

металевих гранул різноманітних металів (не менше двох) утворюються наночастинки зі значно відмінними розмірами, на поверхні яких накопичується електричний заряд, пропорційний розміру частинок. Вони виступають в якості комплексоутворювача поліметалевого аквахелату [210, 212].

Утворення такого висококоординаційного хелатного комплексу біометалів досягається відповідною електризацією наночастинок. При цьому, сферична форма таких частинок дозволяє отримати рівномірний електричний заряд на її поверхні, що створює умови для щільного і рівномірного оточення наночастинок полярними молекулами води, які є диполями із зарядами зі знаком «плюс», розміщених на ядрах водню. У результаті утворюється хелатний комплекс, стійкість якого забезпечується кулонівськими силами, що виникають між поверхнею зарядженої металевої наночастинок і диполями води та наногідратною оболонкою, що знаходиться навколо наночастинок. Такі гідратовані наночастинки до певної міри є закінченими функціональними наноматеріалами, оскільки завдяки такій оболонці вони мають можливість легко проникати через мембрани клітин, легко «розкриватися» з оболонок, що створює умови для високої активності при збереженні екологічної чистоти. Це, на думку розробників [216], дозволяє використовувати такі наночастинки всередині клітинних мембран для посилення або гальмування певних метаболічних процесів, або впливати на фізичні властивості клітин.

Перспективними є гідратовані і карботировані наночастинки, що містять в якості лігандів молекули води і молекули біологічно сумісних карбонових кислот, насамперед лимонної, що бере участь у циклі Кребса.

Враховуючи все вищесказане, можна зробити висновок, що для поглибленого розуміння механізму дії наноматеріалів на фізіолого-біохімічні процеси в організмі тварин і птиці необхідні різнобічні і багатогранні дослідження [291, 292].

Нами, з метою вивчення впливу мікроелементів на метаболічні процеси, продуктивність та резистентність птиці, було використано отриманий від

ТОВ “Наноматеріали та нанотехнології” (м. Київ) комплекс, що являє собою суміш аквацитратів Феруму, Кобальту, Купруму, Мангану, Цинку і Йоду, виготовлених на основі нанотехнологій.

З урахуванням наукових повідомлень, що мікроелементи в нанодисперсній формі проявляють свою ефективність у менших, порівняно з їх впливом в молекулярній формі дозах, нами було поставлено завдання з’ясувати метаболічну і продуктивну дію цих біологічно-активних речовин за введення аквацитратів до складу раціонів курчат-бройлерів і перепілок в різних дозах.

За повідомленнями Е.А. Беюл (1986) в обміні мінеральних речовин важливе значення відводиться мікрофлорі кишкового тракту. Зміни в складі його мікробіоценозу призводять до порушень у роботі різних функціональних систем, зокрема до появи дефіциту життєво важливих мікроелементів і погіршення якості продукції. За дефіциту і особливо надлишку мікроелементів в раціонах у птиці може змінюватись як видовий так і кількісний склад мікрофлори кишечника.

Отримані нами результати вказують на те, що введення до раціону курчат-бройлерів наночастинок біоелементів у формі аквацитратів в кількості, аналогічній їх вмісту в СП призводить до пригнічення росту облигатної факультативної мікрофлори, порівняно з показниками у птиці контрольної групи ($P < 0,025-0,001$). За умови зменшення в раціоні кількості цитратів мікроелементів до 1/10, від їх вмісту в СП, спостерігається збільшення вмісту грибків роду *Candida* і *Протею* ($P < 0,025$). Водночас вміст аквацитратів в раціоні на рівні 1/4, порівняно з СП, проявляє сануючий вплив на факультативну мікрофлору та стимулюючий – на облигатну мікрофлору. Щодо складу мікрофлори сліпих кишків курчат-бройлерів у раціоні яких вміст цитратів біоелементів становив 75 і 50 % від кількості в СП, то, порівняно з показниками у птиці контрольної та інших дослідних груп, виявлено нижчий рівень лактобактерій на один-два порядки.

Лактобактерії відіграють важливу роль у життєдіяльності птиці [250].

Важливими анаеробними мікроорганізмами, що запобігають колонізації організму птиці патогенами, є біфідобактерії. Саме здатність цих бактерій формувати біоплівку на поверхні слизової кишечника зумовлює стійкість організму до захворювань шлунково-кишкового тракту птиці [293].

Нами також встановлена дозозалежна дія аквацитратів мікроелементів на мікробіоценоз сліпих кишок в перепілок. Застосування комплексу біогенних елементів у формі наноаквацитратів проявляє позитивний вплив на мікрофлору кишечника перепелів. Зокрема, нами відзначено збільшення кількості штамів із нормальною ферментативною активністю, на тлі зростання загальної кількості клітин *E. coli*. При цьому, в хімусі сліпих кишок перепілок дослідних груп не було виявлено лактозонегативних штамів кишкової палички, дріжджоподібних грибів та клітин протею.

Таким чином, можна стверджувати, що мікроелементи (Fe, Co, Mn, Zn, Cu, I), за використання їх в наноаквахелатній формі, стимулюють ріст і модифікують сапрофітну мікрофлору шлунково-кишкового каналу в птиці, причому є безпечними для тварин і людини, оскільки оказують свій позитивний вплив в дуже маленьких кількостях [212].

Опираючись на дані низки наукових публікацій [293-296] не можна виключати, що введення до раціонів птиці мікроелементів в нанодисперсійній формі може провокувати метаболічну активність грампозитивної анаеробної кишкової мікрофлори, стимулюючи її ріст, у зв'язку з чим виникає транзиторна бактеріємія, що сприяє підвищенню імунореактивності організму бройлерів. Підтвердженням цього є зростання в сироватці крові дослідних груп птиці такого інтегрального показника неспецифічної резистентності, як БАСК.

Як відзначають В.Б. Борисевич і співавт. (2010) унікальність наноаквахелатів металів проявляється в тому, що вони поєднують безпечність для нормальної мікрофлори кишечника зі здатністю елімінації резистентності плазмід у патогенних бактерій, що сприяє оздоровленню популяції мікроорганізмів у кишечнику [213].

Морфологічний склад крові в курчат-бройлерів є одним з важливих показників функціонального стану, що визначають продуктивні якості. Гемоглобін у складі еритроцитів забезпечує доставку Оксигену до всіх клітин організму за рахунок чого забезпечується внутріклітинне дихання. Показники кількості еритроцитів і концентрація гемоглобіну в крові свідчать про інтенсивність окисно-відновних процесів в організмі птиці.

Нами встановлено, що кількість еритроцитів і вміст гемоглобіну в крові курчат дослідних груп залежали від рівня в раціоні птиці мікроелементів у наноформі. Вірогідних змін в досліджуваних показниках не виявлено в жодній із дослідних груп, однак тенденції до зниження числа червоних кров'яних тілець виявлено в крові курчат першої і п'ятої дослідних груп, що отримували з водою аквацитрати біоелементів у максимальній (1:1) і мінімальній (0,1:1) досліджуваних дозах, порівняно з їх вмістом у складі стандартного мінерального преміксу. При цьому, характерною була закономірність щодо незначного зростання кількості еритроцитів, вмісту гемоглобіну і гематокритної величини в крові бройлерів за зменшення рівня аквацитратів в складі раціону. Так, у бройлерів четвертої дослідної групи (співвідношення біоелементів в нано- та молекулярній формі як 0,25:1) кількість еритроцитів була на 17,3 % вищою, ніж в контролі, і на 13,1 % – ніж в птиці групи Дз, що отримувала більш високу кількість досліджуваних біоелементів в наноформі (0,5:1).

Позитивний вплив оптимальних кількостей досліджуваних мікроелементів, а саме *Купруму*, *Цинку*, *Кобальту*, *Мангану*, *Йоду* і, особливо, *Феруму*, в нанодисперсній формі, на процеси кровотворення у птиці пояснюється біогенною дією цих металів на синтез гемоглобіну і включення *Феруму* в еритроцити. Крім того, стимулювальна активність мікроелементів на еритропоетичні процеси є, очевидно, результатом їх участі в ролі кофакторних ензимів біохімічних реакцій.

Отримані нами в експерименті дані повністю узгоджуються із наявними в літературі повідомленнями, що інтенсифікація гемоглобіно- і еритропоезу зумовлюється стимулювальним впливом Феруму, Купруму і Цинку, як мікроелементів, що специфічно стимулюють функцію червоного кісткового мозку [297, 298].

Застосування аквахелатів мікроелементів має виражений вплив на протеїнсинтезувальну функцію та накопичення розчинних протеїнів в тканинах бройлерів і перепілок. Альбуміни, як найбільш мобільні протеїни відіграють важливу роль в метаболічних процесах, підтримують осмотичний тиск, забезпечують транспорт і є активними учасниками біосинтетичних процесів [299].

Отримані нами результати біохімічних досліджень вказують на вірогідне зростання вмісту загального протеїну в сироватці крові птиці третьої дослідної групи, що отримувала аквацитрати мікроелементів в кількості, що відповідає 50 % від їх вмісту в складі СП. Виявлені ознаки пригнічення протеїнсинтезувальної функції в курчат групи Д₅, є по всій імовірності, результатом недостатньої кофакторної активності цитратів мікроелементів в метаболічних процесах через їх надто малу кількість.

Центральну роль в обміні протеїнів, здійснюючи окиснювальне дезамінування амінокислот опосередковано через глютамінову кислоту, відіграють амінотрансферази – ензими, що каталізують міжмолекулярне перенесення аміногрупи від відповідних амінокислот на α -кетокислоти (2-оксокислоти) з утворенням нових кето- і амінокислот без утворення вільного аміаку. Про інтенсивність обміну протеїнів у різних тканинах можна судити за результатами дослідження активності амінотрансфераз [300].

Вважають, що активність амінотрансфераз є одним з важливих показників стану організму. За преморбідних і патологічних станів останнього ці ензими елімінують в кров, де активність їх зростає, що є критерієм функціонального і структурного стану гепатоцитів. Аналізуючи результати дослідження активності АлАТ і АсАТ в сироватці крові курчат-бройлерів нами

відзначається, що аквацитрати мікроелементів забезпечують функціональну активність печінки в значно менших дозах (0,25-0,5:1), порівняно з рекомендованими кількостями біометалів в неорганічній формі. У курчат третьої і четвертої дослідних груп активність АлАТ і АсАТ, у цифрових вимірах, була близькою до показників курчат контрольної групи. Збільшення дози (дослідна група курчат перша і друга) і максимальне її зниження (група п'ята) характеризувалося зростанням активності АлАТ на 7,0; 6,6 і 16,35 % ($P < 0,01$) та АсАТ – на 13,2; 15,3 і 26,3 %, відповідно.

Зростання в крові курчат цих груп активності амінотрансфераз, очевидно пов'язано з пригніченням функціонального стану печінки, що корелює із зниженням в сироватці крові загального протеїну. Підтвердженням цьому, є, в якійсь мірі, отримані нами результати щодо активності ЛФ.

Активність аспаратамінотрансфераз була вищою й в усіх тканинах порівняно з активністю аланінамінотрансфераз. Припускають, що реакції переамінування з участю аланіну, що каталізуються АлАТ, в обміні амінокислот у курей відіграють менш важливу роль ніж ті, що від буваються з участю АсАТ. Це не випадково, оскільки ензим АсАТ займає центральне місце в метаболізмі, забезпечуючи субстратами цикл трикарбонових кислот і відповідно бере участь в регуляції утворення енергії в процесах окислювального фосфорилування [301].

Важливим показником, який свідчить про інтенсивність розщеплення і засвоєння протеїнів корму є вміст амінного азоту. При цьому, його вміст прямо пропорційний кількості вільних функціональних груп NH_2 , здатних вступати в реакції з ним [278].

Зниження вмісту амінного азоту в крові курчат, за низького рівня мікроелементів, може бути своєрідним маркером катаболічних реакцій і засвідчувати пригнічення обмінних процесів, які відбуваються на тлі критично малої кількості лімітуючих мікроелементів, що поступають в організм птиці [302].

Проведеними нами дослідженнями не виявлено вірогідних відмінностей між показниками вмісту вільних амінокислот у сироватці крові птиці контрольної і дослідних груп.

Фракційний склад протеїнів відображає адаптаційну здатність і резистентність організму. Встановлене нами зростання в сироватці крові курчат третьої і четвертої дослідних груп протеїнів альбумінової і γ -глобулінової фракцій може свідчити про інтенсифікацію в організмі птиці протеїнового обміну. На перевагу катаболічних процесів над анаболічними за найнижчої досліджуваної кількості цитратів (0,1:1) вказує, на нашу думку, зниження в складі протеїнів сироватки крові відсотка альбумінів, γ -глобулінів та зростання β -глобулінів. Інтенсивність протеїнсинтезувальних процесів значною мірою залежить від функціонального стану печінки [303, 304].

Дослідженнями щодо з'ясування активності трансаміназ в тканинах курчат-бройлерів нами встановлено, що активність АлАТ у тканинах печінки вірогідно зростає на 36,0 26,6 і 21,3 % ($P < 0,01-0,001$) у птиці, яка з водою отримувала біоеlementи у формі аквацитрату в кількостях, що становила 100, 50 та 10 % від їх рівня в СП. У тканинах слизової оболонки дванадцятипалої кишки зміни були аналогічними, проте в тканинах підшлункової залози активність АлАТ вірогідно зростала лише в птиці 3-ї дослідної групи, а 5-ї – навпаки, знижувалась ($P < 0,5$).

Заміна в складі стандартного преміксу, який містив біоеlementи в неорганічній формі на мінеральну добавку з мікроелементами у формі наноаквацитратів у тканинах печінки та підшлункової залози має подібний вплив, як на активність АлАТ, так і АсАТ. Однак, незважаючи на окремі зміни в динаміці активності амінотрансфераз, їх співвідношення (коефіцієнт де-Рітиса) було у фізіологічних межах для кожної з досліджуваних груп бройлерів.

Збільшення активності індикаторних ензимів – аспаратамінотрансферази і аланінамінотрансферази є, швидше за все, результатом покращення цитозольної й мітохондріальної функцій мембран

гепатоцитів, що суттєво впливає на оптимізацію процесів обміну речовин в печінці [305, 306].

Стійкість організму птиці до факторів навколишнього середовища визначається багатьма чинниками, серед яких чільне місце займає специфічна і неспецифічна резистентність. Саме завдяки ним унеможлиблюється або зменшується вплив різноманітних антигенних і токсичних подразників, і, в першу чергу, мікроорганізмів, вірусів і грибів.

Бактерицидна і лізоцимна активність сироватки крові (БАСК, ЛАСК) проявляють свою захисну дію в якості гуморальних факторів неспецифічної резистентності. БАСК представляє сукупність багатьох інгредієнтів сироватки крові, серед яких визначальними є комплемент, пропердин, β -лізин, лізоцим та інші. ЛАСК, на думку С. М. Ткаченка (2010) відображає одну з головних літичних ензимних систем крові, секретів і екскретів організму птиці. Муромідаза лізоциму піддає лізису оболонку мікробів, що містить в своїй основі протеоглікан, викликаючи бактерицидну дію.

За використання в раціонах курчат-бройлерів наноцитратної форми мікроелементів встановлено, що бактерицидна і лізоцимна активності сироватки крові були найвищими в курчат третьої та четвертої дослідних груп (0,5:0,25:1) і перевищували показники контролю на 5,7 і 5,3 %, відповідно. Лише у птиці першої дослідної групи, за співвідношення мікроелементів в неорганічній і наноформі як 1:1, величини БАСК і ЛАСК мали тенденцію до зниження. Щодо рівня ЦК в сироватці крові, то найвищий їх рівень відзначено в бройлерів другої, третьої і четвертої дослідних груп, а найнижчий – у другої.

Інтерпретуючи отримані результати можна вважати, що зростання гуморальних факторів неспецифічної резистентності на тлі оптимальних кількостей аквацитратів мікроелементів, зумовлено реакцією-відповіддю організму на стимулювання кишкової мікрофлори птиці, і супроводжується напруженням гострофазних протеїнів бактерицидних систем [8, 307].

Серед клітинних факторів неспецифічної резистентності організму важливим є фагоцитоз, що характеризується здатністю поглинати і перетравлювати мікроорганізми [308]. Швидше за все, зниження фагоцитарної активності (в тому числі показників ФЧ і ФІ) в крові птиці, що отримувала з раціоном кількість аквацитратів мікроелементів рівну їх вмісту в молекулярній формі, виявлене нами в експерименті, є результатом імунодепресії, на тлі надто високої дози мікроелементів чи небажаного фізичного впливу їх наночастинок на структуру клітин.

Специфічна резистентність організму птиці забезпечується клітинними (Т- і В- лімфоцитами) та гуморальними (імуноглобулінами) факторами. Т-лімфоцити, або тимусзалежні забезпечують функціонування клітинних факторів лімфоцитарної популяції і є в основі запуску імунної реакції. Розрізняють Т-хелпери, Т-супресори і Т-кілери. Роль Т-хелперів зводиться до перетворення В-лімфоцитів в імуноцити, Т-супресори, навпаки – блокують цей процес, а Т-кілери за допомогою серинових протеаз знешкоджують патологічних агентів [151, 152, 309].

Необхідно зазначити, що нашими дослідженнями щодо вивчення впливу аквацитратів мікроелементів на клітинний імунітет встановлено найбільш толерантні кількості біометалів в наноорганічній формі, які сприяють зростанню в крові Т- і В-лімфоцитів. Випоювання птиці половинної і четвертинної кількостей цитратів мікроелементів, порівняно з їх кількістю в неорганічній формі, забезпечує підвищення, порівняно з контролем, кількості Т-загальних і Т-активних лімфоцитів, в т.ч. Т-хелперів та знижує відносну кількість Т-супресорів. Для птиці першої дослідної групи (співвідношення мікроелементів в молекулярній і наноформі – 1:1) характерним було зниження відсотка Т-хелперів, на тлі незначного зростання Т-супресорів.

Дані, щодо ймовірно високої кількості аквацитратів в раціонах курчат-бройлерів першої дослідної групи також підтверджено за вивчення анатомічної та гістологічної структури імунокомпетентних органів. Так, маса тимусу,

клоакальної сумки і селезінки, їх індекси маси не зазнавали суттєвих відхилень, і лише в курчат першої дослідної групи індекси маси цих лімфоїдних органів мали тенденцію до зменшення. Щодо гістоструктурних змін, то у курчат першої і п'ятої дослідних груп за дослідження клоакальної сумки, або як її ще називають сумки Фабриціуса, виявлено потовщення сполучно-тканинних прошарків та інфільтрацію клітинами різного гістоцитарного ряду, що свідчить про виражений розвиток деструктивних змін та процесів інволюції органу [310].

На нашу думку, цікавими є результати дослідження вмісту мікроелементів у тілі перепілок та в жовтках одержаних від них яєць.

Збільшення вмісту Феруму в печінці дослідних груп перепілок свідчить про високу біодоступність біоелемента з його цитрату нанотехнологічного походження. При цьому, рівень елемента в тканині є високим, але не токсичним. Адже, за його надлишку в організмі, він може відкладатись у вигляді токсичної колоїдної форми оксиду Fe – гемосидерину, в результаті чого знижується поїдання корму та прирости маси тіла [58].

Нами встановлено, що за умови введення до раціону перепілок мінеральної добавки аквацитратів мікроелементів, прирости маси тіла (за період досліду) були більшими у птиці, що з водою отримувала мікроелементи у формі цитратів нанотехнологічного походження в кількості, що становила 10 та 5 % від їх рівня в СП. Зокрема, маса перепілок контрольної групи збільшилась на 96,17 г, а дослідних груп, відповідно, на 15,5 та 16,0 %.

Разом з цим у перепілок, що отримували аквацитрати біоелементів у кількості 50 та 25 % від їх вмісту в неорганічному мінеральному преміксі, прирости маси тіла за період досліду були на 3,4 та 3,7 % нижчими, ніж в аналогів контрольної групи. Це свідчить про те, що комплекс карботированих мікроелементів проявляє дозозалежний вплив на організм перепілок.

Подібними були і результати наших досліджень на курчатах бройлерах. Оскільки у курчат яким випоювали високі дози мікроелементів у формі

аквацитрату (100, 75 % від вмісту в СП), як і дуже низькі (5 % від вмісту в СП), добові прирости маси тіла були нижчими від показників аналогів контрольної групи, відповідно, в 2,6; 2,1 та 3,4 раза.

Вважається, що птиця не має депо Цинку в організмі і тому дефіцит елемента швидко проявляється у відставанні в рості, ламкості оперення, порушенні його пігментації, захворюванні кінцівок, розвитку дерматитів і затримці статевого дозрівання. Тому надходження Цинку в організм птиці, особливо в продуктивний період, має бути постійним. Рівень засвоєння Цинку птицею становить 7-15 % від поступленого з кормом. У той же час, птиця володіє високою толерантністю до надлишку Цинку в раціоні порівняно з іншими сільськогосподарськими тваринами (телятами і поросятами) [311].

Результати наших досліджень свідчать про відносно високу кумуляційну здатність Цинку із цитрату нанотехнологічного походження, порівняно з контролем. Це стосується обидвох досліджуваних доз аквацитратів. А саме – 10 та 5 % мікроелементів від їх вмісту в СП. У печінці перепілок цих груп вміст Цинку переважав показники птиці контрольної групи у 2,7 та 2,5 раза ($P < 0,01$). При цьому, оптимальною є 1/10 Цинку у формі цитрату разом з аквацитратами інших мікроелементів.

На необхідність підгодівлі птиці Манганом вказують дані про те, що рівень елемента в кормах знаходиться у дуже широкому діапазоні (від 5 до 120 мг/кг), а можливість його підвищення за допомогою мікродобрив є проблематичною [57]. Водночас, він бере активну участь у метаболічних процесах в організмі птиці, шляхом активації лужної фосфатази і синтезу мукополісахаридів в матриці кісток і хряща, впливає на формування яйця, зокрема, міцність шкаралупи [311]. Отже, підвищення концентрації Мангану в печінці перепелів за впоювання їм цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження в кількості, що становить 1/10 від їх вміст в СП також може бути передумовою підвищення міцності яєць цієї дослідної групи, порівняно з контролею.

За низького рівня Mn в раціоні птиці якість шкарлупи знижується. Водночас, додаткова підгодівля цинковими добавками сприяє її підвищенню [57]. Тобто можливий взаємозамінюючий вплив Мангану і Цинку.

Результати проведених нами досліджень свідчать про те, що впоювання комплексу цитратів мікроелементів призводить до підвищення рівня накопичення Цинку у м'язах та печінці перепілок, тоді як у птиці контрольної групи, якій до раціону додавали комплекс мікроелементів у неорганічній формі, його концентрація в цих тканинах була, приблизно, на одному рівні.

Печінка виступає як медіатор в транспорті та відкладанні майже всіх поживних речовин жовтка, і мікроелементів, зокрема [313]. Тому, цікавими є результати визначення вмісту Цинку, Феруму, Мангану, Купруму, Кобальту і Йоду в жовтках яєць, знесених перепілками, за умови заміни неорганічного мінерального преміксу мікроелементами в органічній формі (цитрати нанотехнологічного походження).

Встановлено, що на тлі вірогідного підвищення вмісту Феруму, Цинку та Мангану в печінці перепілок, яким впоювали аквацитрат цих біоелементів у кількості, що відповідає 1/10 їх вмісту в стандартному мінеральному преміксі, у жовтках, знесених ними яєць вірогідно зростала лише кількість Йоду та Цинку та спостерігалась тенденція до де-якого підвищення рівня Феруму.

Така закономірність, очевидно, є наслідком того, що яйце формується в організмі птиці як статеві клітина. У процесі фолікулогенезу відкладаються величезні, порівняно з самою яйцеклітиною, маси жовтка – запаси поживних речовин. А свіжознесене запліднене яйце представляє собою ранній ембріон, сталий хімічний склад якого є запорукою успішного розвитку і вилуплення пташеняти [312].

Водночас, Цинк, як незамінимий елемент, бере участь в реалізації генетичної інформації та її перенесення від клітини до клітини [313]. А Йод, є необхідним для нормального росту і розвитку ембріонів птиці. За нестачі Йоду

в раціоні племінної птиці, і як наслідок, в яйці, у ембріонів збільшується щитоподібна залоза, яка містить велику кількість фолікулів з малим колоїдним матеріалом, або без нього, що зумовлено компенсаторною гіпертрофією фолікулярних клітин, зменшенням кількості Йоду і співвідношення T_3/T_4 у залозі та зниженням вмісту T_4 у сироватці крові [314].

Таким чином, за результатами експериментальних досліджень встановлено, що цитрати мікроелементів нанотехнологічного походження можуть бути використані в якості заміни неорганічних есенціальних біоелементів в складі стандартних мінеральних преміксів для птиці а оптимальними кількостями Феруму, Купруму, Мангану, Кобальту, Цинку і Йоду є 25 % (бройлери) і 10 % (перепілки) від їх вмісту в преміксах для різних видів птиці.

ВИСНОВКИ

У дисертації, відповідно до мети і поставлених завдань, отримано нові дані про вплив різної кількості комплексу цитратів *Мангану, Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту* і *Йоду* нанотехнологічного походження в раціонах курчат-бройлерів та перепілок на метаболічні процеси, мікробіоценоз травного каналу, функціональний стан і морфоструктуру імунокомпетентних органів, показники неспецифічної резистентності, продуктивність і якість продукції; експериментально обґрунтовано доцільність заміни мікроелементів у формі неорганічних солей у складі мінерального преміксу комплексом наноцитратів цих же елементів; визначено оптимальні кількості аквацитратів мікроелементів для включення у раціони птиці.

1. Встановлено, що виражений позитивний вплив на збереженість птиці, перебіг метаболічних процесів, продуктивність та якість продукції відбувається за умови заміни в складі мінерального преміксу неорганічної форми мікроелементів наноаквацитратною формою цих же біоелементів. Оптимальний результат досягається за впоювання цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження у кількості (мг/кг корму): *Mn* – 25,0; *Zn* – 15,0; *Fe* – 2,5; *Cu* – 0,63; *Co* – 0,25; *J* – 0,18 – для курчат-бройлерів та *Mn* – 8,0; *Zn* – 7,5; *Fe* – 1,0; *Cu* – 0,5; *Co* – 0,1; *J* – 0,03 – для перепілок, що становить 25 і 10 % їх вмісту в стандартному мінеральному преміксі, для кожного виду птиці відповідно.

2. За введення до раціонів птиці оптимальної кількості цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження, порівняно з аналогами контрольної групи, у крові курчат-бройлерів зростає кількість еритроцитів 17,3 % ($P < 0,05$) і рівень гемоглобіну на 8,6 % ($P < 0,05$); у сироватці крові збільшується відносний вміст протеїнів альбумінової та γ -глобулінової фракцій на 5,0 та 6,1 % ($P < 0,05$); концентрація розчинних протеїнів підвищується у печінці в 1,9 раза ($P < 0,001$) та підшлунковій залозі – в 1,3 раза ($P < 0,001$);

зростає амілолітична активність у хімусі дванадцятипалої кишки ($P < 0,001$), печінці ($P < 0,05$) та підшлунковій залозі ($P < 0,01$), а також протеолітична активність у слизовій і хімусі дванадцятипалої кишки ($P < 0,05-0,01$) та підшлунковій залозі ($P < 0,05$).

3. Доведено, що на тлі випоювання перепілкам оптимальної кількості мікроелементів у цитратній формі у тканинах печінки, підшлункової залози та хімусі дванадцятипалої кишки вміст розчинних протеїнів підвищується на 5,6; 13,5 і 25,2 % ($P < 0,001$); концентрація амінного азоту в печінці та підшлунковій залозі зростає на 6,3 і 3,2 % ($P < 0,05$); аланін- та аспартатамінотрансферазна активність в гомогенаті цих органів вища за показники контролю на 19,8 і 3,0 % та 6,5 і 2,2 % відповідно ($P < 0,05-0,001$).

4. Констатовано, що за умови заміни в складі раціону мікроелементів у формі неорганічних солей (у преміксах для кожного виду птиці) оптимальною кількістю їх цитратної форми нанотехнологічного походження співвідношення окремих штамів *Escherichia coli* з різною ферментативною активністю у мікробіоті сліпих кишок курчат-бройлерів становить приблизно як 90 до 10 і відповідає рівню аналогів контрольної групи. Встановлено повну відсутність патогенної мікрофлори (*Salmonella*, *Shigella*, гемолізуючі стрепто- і стафілококи). У перепілок загальна кількість колоній кишкової палички зростає на $1,17 \log_{10}$ КУО/г ($P < 0,001$) за рахунок збільшення кількості штамів з нормальною ферментативною здатністю до 95,5 %.

5. Показано, що за введення до раціонів птиці оптимальної кількості комплексу мікроелементів у формі аквацитратів відносний рівень теофілінрезистентних лімфоцитів (Т-хелперів) зростав на 4,2 % ($P < 0,05$), порівняно з курчатами, які отримували ці ж біоеlementи у формі неорганічних солей в складі стандартного преміксу. При цьому кількість Т-загальних і Т-активних лімфоцитів була близькою до показників аналогів контрольної групи. Разом з цим у птиці, яка отримувала мікроелементи у формі цитратів у кількості 25 % їх вмісту в СП, кількість лімфоцитів переважала показник

аналогів контрольної групи на 11,5 % ($P < 0,05$) на тлі зниження кількості псевдоеозинофілів ($P < 0,01$).

6. Виявлено, що макро- і мікроскопічна будова імунокомпетентних органів (тимус, клоакальна сумка, селезінка) у курчат-бройлерів, на тлі впоювання їм аквацитратів досліджуваних мікроелементів (25 % кількості біоелементів у неорганічній формі в стандартному преміксі) збережена і вказує на їх активний морфофункціональний стан. У результаті гістологічного вивчення структури органів імунної системи, зокрема клоакальної сумки, виокремлено ознаки, що характеризують сповільнення процесів вікової інволюції імунокомпетентних органів.

7. Встановлено, що за впоювання аквацитратів мікроелементів у відповідних для кожного виду птиці оптимальних кількостях підвищується маса тіла курчат-бройлерів 42-добового віку на 7,2 %, 56-добового віку – на 10,9 %, а також 72-добових перепілок – на 15,7 %; зростає несучість перепілок на 6,11 %, маса яєць ($P < 0,05$), міцність шкаралупи ($P < 0,05$); поліпшується біологічна цінність яєць: у жовтках підвищується вміст *Кальцію* ($P < 0,05$), *Йоду* ($P < 0,05$), *Цинку* ($P < 0,01$), загальних ліпідів ($P < 0,01$) та знижується концентрація вільного холестеролу ($P < 0,001$).

8. Застосування оптимальної кількості аквацитратів мікроелементів у годівлі птиці сприяє збільшенню сумарного вмісту *Мангану* ($P < 0,05$) та *Кобальту* ($P < 0,01$) у м'язах курчат-бройлерів; підвищенню концентрації мікроелементів *Мангану*, *Феруму*, *Цинку*, *Купруму* і *Кобальту* ($P < 0,05$ – $0,001$) у печінці та стегових м'язах; *Феруму* і *Купруму* ($P < 0,01$ – $0,001$) у грудних м'язах перепілок.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

З метою повноцінного мінерального забезпечення птиці рекомендується вводити до складу раціонів мікроелементи в формі цитратів у кількості (мг/кг корму):

Елемент	Вид птиці	
	курчата-бройлери*	перепілки**
Манган (Mn)	25,0	8,0
Цинк (Zn)	15,0	7,5
Ферум (Fe)	2,5	1,0
Купрум (Cu)	0,63	0,5
Кобальт (Co)	0,25	0,1
Йод (J)	0,18	0,03

*– 25 %; **– 10 % вмісту біоелемента в неорганічній формі в складі СП.

Список використаних джерел літератури

1. Ярошенко, Ф. *Сучасні світові тенденції розвитку птахівництва*. К.: Новий друк, 2003; 335 с.
2. Ібатулін, І.І. *Годівля сільськогосподарських тварин*; Нова книга: Вінниця, 2007; 616 с.
3. Богданов, Г.О.; Кандиба, В.М. Принципи збалансованої годівлі. *Промислове виробництво продукції птахівництва* 2008, 7, с 128-137.
4. Сурай, П. Кормление высокопродуктивных кроссов мясной и яичной птицы: современные проблемы и решения. *Актуальные проблемы современного птицеводства*. Харьков, 2009, с 273-280.
5. Терещенко, О.В. Стан і перспективи розвитку птахівництва. *Сучасне птахівництво* 2011, 7-8(104-105), с 4-7.
6. Кирилів, Я.І.; Ноджак, М.М.; Барило, Б.С. Ефективність використання вітамінів та мікроелементів у годівлі курчат-бройлерів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького* 2015, 17(61), с 85-90.
7. Вегнерук, Н.П.; Васюк, К.М. Стан та перспективи підвищення ефективності виробництва продукції птахівництва. *Інвестиції: практика та досвід* 2015, 21, с 83-85.
8. Бессарабов, Б.Ф.; Сушкова, Н.К.. Повышение продуктивности молодняка птицы. *Сб. науч. труд. МГАВМИБ*. М. 2003, с 17-19.
9. Біленький, С.М. Живий організм. Мікроелементні взаємозв'язки. *Ефективне птахівництво* 2006, 1, с 9-14.
10. Оберлис, Д.; Харланд, Б.; Скальный, А. *Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных*. СПб.: Наука, 2008; 544 с.
11. Токарчук, Т.С.; Данчук, В.В. Вміст Феруму та Купруму в сироватці крові поросят за використання вітаміну Е та комплексу мікроелементів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України* 2016, 250, с 34-42.

12. Kaneko, J.; Harvey, J.; Bruss, M. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*; Academic Press, 2008; 932 p.

13. Nys, Y.; Schlegel, P.; Durosoy, S.; Jondreville, C. Adapting trace mineral nutrition of birds for optimising the environment and poultry product quality. *World's Poultry Science Journal* 2018, 74 (2), с 225-238.

14. Acida, S.P. A review on the applications of organic trace minerals in pig nutrition *Pakistan J. Nutr.* 2002, 1, p 25-30.

15. Фисинин, В.И.; Егоров, И.А.; Ленкова, Т.Н.; Околелова, Т.М. *Руководство по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы*. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2014; 155 с.

16. Погорелов, М.В.; Бумейстер, В.І.; Ткач Г.Ф. *Макро- та мікроелементи (обмін, патологія та методи визначення)*. Суми.: вид-во Сум.ДУ., 2010; 147 с.

17. Колтун, Є.М.; Качинський, Ю.М.; Профілактика і діагностика мікроелементозів цинку, йоду у курчат-бройлерів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького* 2011, 13(4(50)), с 92-99.

18. Захаренко, М.О.; Малюга, Л.В. Фізіологічний стан та ферментативна активність курчат-бройлерів при введенні до раціону комплексних сполук Цинку. *Науковий вісник НУБІП України* 2012, 12 (121), с 5-7.

19. Мамченко, В. Ю. Металохелати в раціонах свиноматок та їх вплив на відтворну здатність. *Наук.-теорет. збірник ЖНАЕУ. Житомир*, 2014, 1, с 54–57.

20. Седіло, Г.М.; Гунчак, Р.В. Проблема йододефіциту у свиней та шляхи її вирішення. *Науковий вісник ЛНУВМ імені С.З. Гжицького* 2017, 19(74), с 208-214.

21. Борисевич, В.Б., Борисевич, Б.В., Каплуненко, В.Г. Вплив наночастинок металів на резистентність курчат-бройлерів. *Сучасне птахівництво* 2009,1,с 4-5.

22. Влізло, В.В.; Бащенко, М.І.; Іскра, Р.Я.; Жукорський, О.М.; Мезенцева, Л.М. Нанотехнології та їх застосування у тваринництві й

ветеринарній медицині. *Вісн. аграрної науки* 2015, 11, с 5-9.

23. Оробченко, О.Л. Фармако-Токсикологічна Оцінка Наночасток Металів (Ag, Sb, Fe і двоокис Mn) та Експериментально-Теоретичне Обґрунтування їх Безпечних Регламентів за Використання в Птахівництві. *Дисеріація докт. вет. наук*, Львів, 2017.

24. Данчук, В.В.; Ключук, М.Р.; Приступа, Т.І.; Савчук, Л.Б. Динаміка рухової активності свиней за впливу аквананохелатів та міцелярної форми токоферолу. *Науковий вісник НУБІП України : Серія: Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва* 2017, 265, с 93-99.

25. Багатофункціональні наноматеріали для біології і медицини: молекулярний дизайн, синтез і застосування; Стойка, Р.С., Ред., «Наукова думка НААН України»: Київ, 2017; 363 с.

26. Чуприна, Н. Интенсивное развитие птицеводства. *Птицеводство* 2011, 8, с 2-5.

27. Братишко, Н. І.; Іонов, І. А.; Ібатуллін, І. І. *Ефективна годівля сільськогосподарської птиці*; Іонова І.А., Ред.; «Аграрна наука»: Київ: 2013.

28. Лемешева, М. М. *Кормление сельскохозяйственной птицы*; Слобожанщина: Сумы, 2003; 152 с.

29. Ушкалов, В.О.; Скрипка, М.В.; Запека, І.Є. Надлишок мікроелементів у кормах – фактор ризику для здоров'я молодняку свиней. *Ветеринарна біотехнологія* 2013, 23, с 268-270.

30. *Hamilton, E.I.; Minski, M.J.; Cleary, J.J. Problems concerning multi-element assay in biological materials. Sci Total. Environ.* 1991, 1, pp 1-14.

31. Ленкова, Т.Н. Научные и Практические Методы Повышения Эффективности Использования Кормов при Производстве Яиц и Мясa Птицы. *Диссертация докт. наук*, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 2005.

32. Царук, Л.Л.; Бережнюк, Н.А.; Чернолапа, Л.П.; Вплив складу комбікорму на забезпечення курчат-бройлерів мікроелементами. *Аграрна наука*

та аграрні технології: *Годівля тварин та технологія кормів* 2017,1(95), с 97-103.

33. Братишко, А.І.; Горобець, О.В.; Притуленко, Н.І. *Рекомендації з нормування годівлі сільськогосподарської птиці*; Рябокони, Ю.О. Ред.; Харків-Бірки, 2005.

34. *Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы*. Сергеев Посад. ВНИТИП, 2003.

35. Petrovič, V.; Nollet, L.; Kováč, G. Effect of Dietary supplementation of trace elements on the growth performance and their distribution in the breast and thigh muscles depending on the age of broiler chickens. *Acta Vet. Brno*. 2010,79, с 203-209.

36. Лемешева, М.М.; Юрченко, В. В. Эффективность использования микроэлементов в кормлении птицы. *Корми і факти* 2015,10(62), с 10-11.

37. Скальний, А.В. *Биоэлементы в медицине*; Издательный дом «ОНИКС 21 век»: Москва, 2004, 272 с.

38. Кучинський, М.П. *Биоэлементы и сохранение здоровья и продуктивности животных*; Минск, 2006, 264 с.

39. Bao, Y.M; Choct, M.; Bruerton, K. Trace mineral interactions in broiler chicken diets. *Br Poult Sci*. 2010, 51(1), с 109-126.

40. Kaminska, M., Hunchak, A., Borowiec, F., Ratych, I., Barteczko, J. Specific features of microbiocenosis of gastrointestinal tract of birds. *Annals of Animal Science* 2010,10 (1), pp 93-100.

41. Камінська, М.В.; Стефанишин, О.М.; Гунчак, А.В. *Визначення складу мікрофлори кишечника сільськогосподарської птиці*; Львів, 2015, 28 с.

42. Егоров, И.А.; Ильина, Л.А.; Никонов, И.Н.; Лаптев, Г.Ю.; Ленкова, Т.Н.; Манукян, В.А.; Ёылдырым, Е.А.; Новикова, Н.И.; Филиппова, В.А.; Грозина, А.А.; Вертипрахов, В.Г.; Егорова, Т.А. Изучение зависимостей между структурой микробных сообществ кишечника и

активностью пищеварительных ферментов организма птицы. *Acta Naturae Спецвыпуск* 2017,1(9), с 33.

43. Риш, М.А. *Физиологическая роль и практическое применение микроэлементов*. Рига, 1976, с 193-210.

44. Агеев, В.Н. *Питательные и биологически активные вещества, их роль в организме птицы*. Россельхозиздат: М., 1982, с 13-53.

45. Епимахова, Е.; Трухачев, В.; Драганов, И. *Резервы воспроизводства и стартового выращивания птицы: монография*. Palmarium Academic Publishing. Saarbrücken, Deutschland (Германия) 2014, 267 с.

46. Дубін, О.М.; Головатюк, А.А.; Черненко, Р.М. *Норми годівлі та поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин: Довідкові матеріали для вивчення дисципліни “Технології виробництва продукції тваринництва” студентами напряму підготовки 6.030601 – „Менеджмент”*: Умань, 2010, 46 с.

47. Ібатуллін, І.І., Ред.; *Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин: навчальний посібник*; Київ, 2015, 422 с.

48. Ібатуллін, І.І.; Жукорський, О.М, Ред.; *Довідник з повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин*; 2016, 300 с.

49. Георгиевский, В. И. *Минеральное питание сельскохозяйственной птицы*; Колос: М., 1970, 327 с.

50. Исмагилова, Э. Р.; Байматов, В.Н. Связь содержания микроэлементов в биогеоценотической цепи «почва-корм» и прогноз микроэлементного состава кормов в почве. *Ветеринарные науки* 2012, 2, с 23-26.

51. Марченков, Ф.; Мартинюк, І.; Ващенко, О. Хелатні мікроелементи в годівлі птиці. *Наше птахівництво* 2009, 6, с 26-27.

52. Томан, М.Й. Теоретичні аспекти застосування органічних форм мікроелементів для профілактики метаболічних зрушень у корів. *Ефективні корми та годівля* 2009, 2 (34), с 28-30.

53. Сердюк, А.М.; Гуліч, М.П.; Каплуненко, В.Г., Косінов, М.В. Нанотехнології мікронутрієнтів: проблеми, перспективи та шляхи в ліквідації дефіциту макро- мікроелементів. *Журнал Академії медичних наук* 2010,16(3), с 467-471.
54. Куркина, С.В. Надходження та розподіл вмісту важких металів в органах і тканинах курчат-бройлерів. *Наук.-техн. бюлетень Ін-туту біології тварин УААН* 2001, 1-2, с 119-121.
55. Kitowski, I.; Sujak, A.; Wiącek, D.; Strobel, W.; Komosa, A.; Stobiński, M. Heavy metals in livers of raptors from Eastern Poland – the importance of diet composition. *Belgian Journal of Zoology* 2016,146(1), pp 3-13.
56. Ekmekcioglu, C. The role of trace elements for the health of elderly individuals *Nahrung*. 2011, 45(5), pp 309-316.
57. Коцюмбас, І.Я.; Величко, В.О.; Каплуненко, В.Г. *Застосування наномікроелементної кормової суміші у птахівництві*. Методичні вказівки. Київ, 2014, 15 с.
58. Kelleher, S.; Lonnerdal, B. Zinc supplementation reduces iron absorption through age-dependent changes in small intestine iron transporter expression in suckling rat pups. *J Nutr*. 2006, 136(5), pp 1185-1191.
59. Ranganathan, P., Lu, Y.; Jiang, L.; Kim, C.; Collins, J. Serum ceruloplasmin protein expression and activity increases in Iron-deficient rats and is further enhanced by higher dietary copper intake. *Blood* 2011, 118(11), pp 3146-3153.
60. Saenmahayak, S.; Bilgilli, J.; Singh, H. Live and processing performance of broiler chickens fed diets supplemented with complexed zinc. *Journal of Applied Poultry Research* 2010, 19(4), pp 334-340.
61. Salim, H.; Lee, H.; Jo, C.; Lee, S.; Lee, B. Effect of sources and levels of zinc on the tissue mineral concentration and carcass quality of broilers. *Avian Biological Research* 2010, 3(1), pp 23-29.
62. Bao, Y.; Choct, M.; Iji, P.; Bruerton, K. Effect of organically complexed

copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *J. Appl. Poult. Res.* 2007, 16, pp 448-455.

63. Кокорев, В.А.; Кузнецов, С.Г.; Прытков, Ю.Н.; Федин, А.С. *Проблемы минерального питания и воспроизводства сельскохозяйственных животных*; Саранск, 2003, с 72-88.

64. Ao, T.; Pierce, L.; Power, R.; Pescatore, A.; Cantor, A.; Dawson, K.; Ford, J. Effects of feeding different forms of zinc and copper on the performance and tissue mineral content of chicks. *Poult. Sci.* 2009, 8, pp 2171-2175.

65. Гунчак, А. В. Вплив різного рівня йоду в раціоні курей-несучок на показники білкового обміну в їх організмі та продуктивність. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького* 2009, 11, 2(41), 3, с 71-76.

66. Гунчак, А. В.; Ратич, І.Б. Показники білкового обміну птиці за різного рівня йоду у раціонах. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького* 2012, 14, 3(53), 3, с 44-52.

67. Гунчак, А.В.; Кисців, В.О.; Кирилів Б.Я. Вміст загальних ліпідів та співвідношення їх окремих класів у тканинах птиці за різної кількості йоду у їх раціонах. *Вісник Сумського національного аграрного університету*; Суми, 2012, 12(21), с 120–124.

68. Фисинин, В.И.; Папазян, Т.Т. Повышение продуктивности птицы, качества яиц и мяса: роль селена. *Птицеводство* 2003, 1, с 2–4.

69. Соболев, О.І. Міграція селену у біогеохімічному ланцюзі: ґрунт – вода – рослина – продукція птахівництва – людина. *Ukrainian Journal of Ecology* 2017, 7(2), с 192-200.

70. Никулин, В.Н.; Сизов, В.Ф.; Синюкова, Т.В. Влияние совместного применения йодида калия и лактоамиловорина на обмен йода в организме кур-несушек. *Вестник ОГУ* 2006, 12, с 177-178.

71. Братишко Н. И. Кормление птицы – современные тенденции. *Ефективні корми та годівля* 2008, 5, с 34-35.

72. Бомко, В.С.; Бабенко, С.П.; Москалик, О.Ю. *Годівля сільськогоспо-*

дарських тварин; Аграрна Освіта: Київ, 2010, 278 с.

73. Куртяк, Б.М.; Янович, В.Г. *Жиророзчинні вітаміни у ветеринарній медицині і тваринництві*; Тріада плюс: Львів, 2004, 426 с.

74. Ионов, И.А.; Шаповалов, С.О.; Руденко, Е.В. *Критерии и методы контроля метаболизма в организме животных и птиц*; Харьков:НААН, 2011, 378 с.

75. Dibner, J.; Richards, J.; Kitchell, M.; Quiroz, M. Metabolic challenges and early bone development. *J. Appl. Poult. Res.* 2007, 16, pp 126-137.

76. Жуков, Е. Ю. Обмен минеральных веществ у цыплят-бройлеров при различных условиях кормления. *Зоотехния*, 2007, 3, с 20-22.

77. Röttger, A.; Halle, I., Wagner, H. The effect of various iodine supplementations and two different iodine sources on performance and iodine concentrations in different tissues of broilers. *Br Poult Sci.* 2011, 52(1), pp 115-138.

78. Лазарева, Н. Микроэлементы в рационах бройлеров. *Животноводство России* 2012, 1, с 13-15.

79. Бойків, Д.П.; Свистун, Ю.Д.; Фартушок, Н.В. Мікроелементи: досягнення і перспективи. *Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія* 2001, 2(14), с 124-127.

80. Baker, D.H.; Halpin, K.M. Research Note: Efficacy of Manganese-Protein Chelate Compared With that of Manganese sulfate for Chicks. *Poultry Science* 1997, 66(9), pp 1561-1563.

81. Jibson, R.S. *Principles of Nutritional Assessment*. 2 nd. Oxford University Press: Oxford, 2005, 908 p.

82. Cheeke, P.R. *Applied Animal Nutrition: Feeds and Feeding*. Mac Millan Publishing Company: N.Y., 1991, pp 466-482.

83. Канюка, О.І.; Гунчак, В.М.; Гуфрій, Д.Ф. *Клінічна ветеринарна фармакологія*; ФОП Корпан: Львів, 2008, 241 с.

84. Хмельницький, Г.О.; Духніцький, В.Б. *Ветеринарна фармакологія*; ЦП «Компринт»: Київ, 2017, с 500-520.

85. Косенко, М.В.; Малик, О.Г.; Косенко, Ю.М. *Проблеми екології; «Добра справа»: Львів, 2004, 375 с.*
86. Tako, E.; Glahn, R. Iron status of the late term broiler (*Gallus gallus*) embryo and hatchling. *Int J Poult Sci.* 2011, 10, pp 42-48.
87. Arabi, M. Effect of dietary phytase on protein and electrolyte utilization on broiler chicks production. *Sci Int.* 2013, 1, pp 15-21.
88. Ma, W.Q.; Sun, H.; Zhou, Y.; Wu, J.; Feng, J. Effects of iron glycine chelate on growth, tissue mineral concentrations, fecal mineral excretion, and liver antioxidant enzyme activities in broilers. *Biol Trace Elem Res.* 2012, 149, pp 204-211.
89. Beaumont, C. Molecular mechanism of iron homeostasis. *Med. Sci.* 2004, 20, 1, pp 68-71.
90. Fly, A.; Czaraecki-Malden, G. Iron bioavailability from hemoglobin and hemin in chick, rat, cat and dog. A comparative study. *Nutr. Res.* 2000, 20, pp 237-248.
91. Abduljaleel, S.; Shuhaimi, M.; Abdulsalam, B. Variation in trace elements levels among chicken, quail, guinea fowl and pigeon eggshell and egg content. *Res J Environ Toxicol.* 2011, 5, pp 301-308.
92. Wang, J.; Pantopoulos, K.; Regulation of cellular iron metabolism. *Biochem J.* 2011, 434, pp 365-381.
93. O'Mara, N.B. Anemia patients with chronic kidney diseases *Diabetes Spectrum.* 2008, 21, pp 12-9.
94. Новинюк, Л.В. Железосодержащие соли лимонной кислоты для обогащения продуктов ценными нутриентами. *Пищевые ингредиенты: сырье и добавки* 2008, 2, с 64-66.
95. Колтун, Є.М.; Качинський, Ю.М. Профілактика і діагностика мікроелементозів цинку, йоду у курчат-бройлерів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького* 2011, 13, 4(50), с 92-99.

96. Околелова, Т. Роль биологически активных веществ в физиологическом состоянии птицы. *Птицефабрика* 2006, 8, с 32.

97. Антоняк, Г.Л. Біологічна роль Купруму та купрумвмісних білків в організмі людини і тварин. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького* 2011, 13, 2 (48), с 322-332.

98. Ajuwon, O.R.; Idowu, O.M.; Afolabi, S.A.; Kehinde, B.O.; Oguntola, O.O.; Olatunbosun, K.O.; The effects of dietary copper supplementation on oxidative and antioxidant systems in broiler chickens. *Arch. Zootec.* 2011, 60, pp 275-282.

99. Jegede, A.V.; Oduguwa, O.O.; Bamgbose, A.M.; Fanimu, A.O.; Nollet, L. : Growth response, blood characteristics and copper accumulation in organs of broilers fed on diets supplemented with organic and inorganic dietary copper sources. *Br. Poult. Sci.* 2011, 52, pp 133-139.

100. Антоняк, Г.Л.; Важненко, О.В.; Бовт, В.Д. Біологічна роль Цинку в організмі людини і тварин. *Біологія тварин* 2011, 13(1-2), с 17-31.

101. Yang, L.; Cao.S.; Cheng, M.; Cheng, L. Effects of iron, zinc, iodine and selenium levels in ration on activities of metabolic enzymes of layers and egg quality *J. Huazhong Agric. Univ.* 2001, 20. pp 449-453.

102. Kim, G.B.; Seo, Y.M.; Shin, K.S.; Rhee, A.R.; Han, J.; Paik, I.K. Effects of supplemental coppermethionine chelate and copper-soy-proteininate on performance, blood parameters, liver mineral content and intestinal microflora of broiler chickens. *J. Appl. Poult. Res.* 2011, 20, pp 21-32.

103. Hilal, E.Y.; Elkhairey, M.A.; Osman, A.O. The role of zinc, manganese and copper in rumen metabolism and immune function: a review article. *Open Journal of Animal Sciences* 2016, 6, pp 304-324.

104. Ibitoye, E.B.; Olorede, B.R.; Jimoh, A.A.; Abubakar, H.K. Comparative performance and organ relative weight of broiler chickens fed three sources of energy diet. *Journal of Animal Production Advances* 2012, 2(5), pp 233-238.

105. Topal, M.; Bolukbasi, S. Comparison of nonlinear growth curve models in broiler chickens. *J. Appl. Animal. Res.* 2008, 34, pp 149-152.

106. Мартынова, С.Н.; Зовский, В.Н. Метаболические эффекты меди и кобальта. *Експериментальна і клінічна медицина* 2010, 2 с 42-49.

107. Захаренко, М.О.; Шевченко, Л.В.; Михальська, В.М. Обмін речовин у курей-несучок при застосуванні гліцинатів мікроелементів та борошна двостулкових моллюсків. *НУБІП, «Годівля»* 2012, 11(120), с 4-8.

108. Gheisari, A.; Sanei, A.; Samie, A.; Gheisari, M.; Toghyani, M. Effect of diets supplemented with different levels of manganese, zinc, and copper from their organic or inorganic sources on egg production and quality characteristics in laying hens. *Biological Trace Element Research* 2011, 142, с 557-571.

109. Gravena, R.; Marques, R.; Roccon, J.; Picarelli, J.; Hada, F.; Silva, J.; de Queiroz, S.; de Moraes, V. Egg quality during storage and deposition of minerals in eggs from quails fed diets supplemented with organic selenium, zinc and manganese. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2011,40, pp 2767-2775.

110. Bai, S.; Lu, L.; Wang, R.; Xi, L.; Zhang, L.; Luo, X. Manganese source affects manganese transport and gene expression of divalent metal transporter 1 in the small intestine of broilers. *British Journal of Nutrition* 2012, 108, pp 267-276.

111. Aksu, D.; Aksu, T.; Ozsoy, B. The effects of lower supplementation levels of organically complexed minerals (zinc, copper and manganese) versus inorganic forms on hematological and biochemical parameters in broilers. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi* 2010, 16, pp 553-559.

112. Yildiz, A.; Cufadar, Y.; Olgun, O. Effects of dietary organic and inorganic manganese supplementation on performance, egg quality and bone mineralisation in laying hens. *Revue de Médecine Vétérinaire* 2011, 162, pp 482-488.

113. Fouad, A.; Li, Y.; Chen, W.; Ruan, D.; Wang, S.; Xie, W.; Lin, Y.; Zheng, C. Effects of dietary manganese supplementation on laying performance, egg quality and antioxidant status in laying ducks. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 2016, 11, pp 570-575.

114. Lu, L.; Chang, B.; Liao, X.; Wang, R.; Zhang, L.; Luo, X. Use of molecular biomarkers to estimate manganese requirements for broiler chickens from 22 to 42 d of age. *British Journal of Nutrition* 2016, 116, pp 1512-1518.

115. Zapata, R. Effect of increasing levels of dietary zinc (Zn), manganese (Mn), and copper (Cu) from organic and inorganic sources on egg quality and egg Zn, Mn, and Cu content in laying hens. *Louisiana State University Master's Theses* 2016, 1424.

116. Тимофеева, Э. Микроэлементы в кормлении кур-несушек. *Птицеводство* 2012, 1, с 25-28.

117. Гунчак, А.В.; Ратич, І.Б.; Кирилів, Б.Я. *Йод у живленні птиці*; Львів, 2011, 28 с.

118. Dunn, J.T. Iodine should be routinely added to complementary foods. *Journal of Nutrition* 2003, 133, pp 3008-3010.

119. Čepulienė, R.; Bobinienė, R.; Sirvydis, V.; Gudavičiūtė, D.; Miškinienė, M.; Kepalienė, I. Effect of Stable Iodine Preparation on the Quality of Poultry Products. *Veterinarija ir zootechnika* 2008, 42(64), pp 38-43.

120. Iodine enriched egg production in response to dietary iodine in laying hens. *Journal of Agricultural. Technology* 2012, 8(4), pp 1255-1267.

121. Ahad, F.; Ganie, S.; Iodine, iodine metabolism and iodine deficiency disorders revisited. *Indian J Endocrinol Metab.* 2010, 14(1), pp 13-20.

122. Olivo-Vidal, Z.; Rodriguez, R.; Arroyo-Helguera, O. Iodine affects differentiation and migration process in trophoblastic cells. *Biol Trace Elem Res.* 2016, 169(2), pp 180-188.

123. Saki, A.; Farisar, M.; Aliarabi, H.; Zamani, P.; Abbasinezhad, M. Iodine-enriched egg production in response to dietary iodine in laying hens. *Journal of Agricultural Technology* 2012, 8(4), pp 1255-1267.

124. Пулов, А.Х. Морфологическая характеристика зубной трансформации щитовидной железы. *Морфология* 2000, 126(4), с 100.

125. Vern, L.C.; Ort, D.T.; Grimes, J.L. Physiological factors associated with

weak neonatal poults (*Meleagris gallopavo*). *Poult. Sci.* 2003, 2, pp 7-14.

126. Abdulameer, Y.; Firas, H.; Albawi, K. Do Iodine and Colistin in broiler's drinking water affect immune competence and performance ? *Pharm. Sci. & Res.* 2018,10(2), pp 408-411.

127. Etches, R.J. *Reproduction in poultry*; Canada:CAB International, 2008, 318 p.

128. Білецький, Є.М.; Владикін, К.П. Линяння сільськогосподарської птиці. Засоби примусової линьки. *Ефективне птахівництво* 2013, 2, сс 38-46.

129. Койко, Р.; Саншайн, Д.; Бенджамі, Н.Э. *Иммунология*. Пер. с англ. под ред. Н.Б. Серебряной; Академия:М., 2008, 365 с.

130. Влізло, В.В.; Сімонов, М.Р.; Каплінський, В.В. Засоби підвищення резистентності курчат. *Ветеринарна медицина України* 2006, 7, с 42-44.

131. Aggrey, S.E. Comparison of Three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. *Poultry Science*, 2002, 81 pp 1782-1788.

132. Sinkora, J.; Rehakova, Z.; Sinkora, M. Early, development of immune system in pigs. *Vet. Immunol. Immunopatolog* 2002, 87, pp 301-306.

139. Бирман, Б.Я.; Громов, И.Н. *Иммунодефициты у птиц*. Бизнесофест:Минск, 2011, 184 с.

140. Сепиашвили, Р.И. Иммунофизиология открытых систем организма. *Аллергология и иммунология* 2008, 9, 1, с 3-5.

141. Ройт, А.; Бростоф, Дж.; Мейл, Д. *Иммунология*. Мир:М., 2000, 242 с.

142. Койко, Р.; Саншайн, Д.; Бенджамі, Н.Э. *Иммунология*. Пер. с англ. под ред. Н.Б. Серебряной. Академия:М., 2008, 365 с.

143. Турицына, Е.Г. *Иммунодефициты птиц: этиология, патогенез, морфологическая диагностика, способы коррекции*. Монография. Красноярск, 2012, 243 с.

144. Viver, E. Innate and adaptive immunity. *Nat.Immunol.* 2005, 6, pp P.17-23.

145. Paul, I. Effect of dietary yeast cell wall preparation on innate immune response in broiler chickens. *Yndian J. Anim. Sci.* 2015, 83(3), pp 307-309.

146. Петрянкин, Ф.П. Кормление и иммунитет животных. *Ефективне тваринництво* 2012, 1(57), с 20-23.
147. Конопатов, Ю.В.; Макеева, Е.Е. *Основы иммунитета и кормления сельскохозяйственной птицы*. Петролазер:СПб., 2000, 120 с.
148. Бессарабов, Б.Ф. Естественная резистентность и продуктивность птицы. *Сучасне птахівництво* 2010, 1-2 (86-88), с 12-14.
149. Maynard, C.L.; Elson, C.O.; Hatton, R.D.; Weaver, C.T. Reciprocal interactions of the intestinal microbiota and immune system. *Nature* 2012, 489, pp 231-241.
150. Білоконь, О.В; Карповський, В.І.; Криворучко, Д.І.; Журенко, О.В. Особливості формування імунітету курей за умов корекції мінерального обміну. *Науковий вісник Національного ун-ту біоресурсів і природокористування України* 2010, 151, с 35-39.
151. Зайцева, Е.В.; Тельцов, Л.П.; Селезнев, С.Б. *Морфология иммунной системы птиц*. Ладомир:Брянск, 2011, 110 с.
152. Апатенко, В.М. Імунодефіцит вимагає імуностимуляції. *Ветеринарна медицина України* 2009, 5, с 30-31.
153. Базилев, М.В. Естественная резистентность молодняка птицы при включении в рацион минеральной добавки. *Интенсификация производства продуктов животноводства*. М-лы Международной Научно-производственной Конференции, Минск, октябрь 30-31, 2002, с 165.
154. Васильева, С.В.; Берзиня, Н.И. Имунопротекторный эффект цинка в условиях повышенного уровня кадмия у цыплят. Актуальные проблемы совр. птицеводства. Мат.-лы XII Укр. Конференции по Птицеводству с Междун. участием. Харьков, 2011, с 80-86.
155. Стояновський, В.Г.; Коломієць, І.А.; Галушак, Л.І.; Лісна, Б.Б. Вплив імунокорегуючих препаратів на резистентність організму курчат-бройлерів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького* 2011, 15, 4(50), 2, с 222-225.

156. Столляр, Т.А. Технологические нормативы производства бройлеров. *Птица и птицепродукты* 2003, 3 с 39-43.

157. Єгоров, І.; Селін, Н. Нові тенденції в годівлі птиці. *Тваринництво України* 2006, 6, с 4-8.

158. Lu, L.; Luo, X.; Ji, C.; Liu, B.; Yu, S. Effect of manganese supplementation and source on carcass traits, meat quality, and lipid oxidation in broilers. *J. Anim. Sci.* 2007, 85, pp 812-822.

159. Гурський, Р.Й. Мікроелементозна недостатність у західних біогеохімічних провінціях Івано-Франківської області та методи її корекції. *Ветеринарна медицина України* 2006, 3, с 36-38.

160. Проваторов, Г.В.; Ладика, В.І.; Бондарчук, Л.В. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин: довідник. *Суми: Універсальна книга*, 2009, 488 с.

161. Жовинський, Э.Я.; Кураева, И.В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. *Наукова думка: К.*, 2002, 215 с.

162. Гуменюк, Г.Б.; Кужда, І.І.; Гуфрій, Д.Ф. Забруднення біосфери важкими металами та їх вплив на живі організми. *Сільський господар* 2004, 9-10, с 2-3.

163. Долецький, С.П. Мінеральне живлення тварин та вміст мікроелементів і важких металів у кормах різних регіонів України за сучасних екологічних умов. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України* 2016, 172, 4, с 94-99.

164. Богданов, Г.О. Інформаційна база даних хімічного складу кормів України для організації обґрунтованої годівлі сільськогосподарських тварин. *ІТ УААН: Х.*, 2010, 215 с.

165. Мельник, В.В. Корми для птиці. *Сучасне птахівництво* 2007, 5/6, с 14-20.

166. Ионов, И.А.; Шаповалов, С.О.; Руденко, Е.В. *Критерии и методы контроля метаболизма в организме животных и птиц.* Институт животноводства НААН: Харьков, 2011, 376 с.

167. Калетина, Н.И.; Калетин, Г.И. Микроэлементы – биологические регуляторы. *Наука в России* 2007, 1, с 50-58.
168. Кліщенко, Г.Т.; Кулик, М.Ф.; Косенко, М.В. *Мінеральне живлення тварин*. «Світ»:К., 2001, 575 с.
169. Петросян, А.Б. Природа биодоступности микроэлементов. *Птица и птицепродукты* 2010, 1, с 35-38.
170. Шевченко, Л.В.; Михальська, В.М.; Малюга, Л.В. Комплексні сполуки мікроелементів – сучасні засоби профілактики хвороб птиці. *Біоресурси і природокористування* 2014, 6,1-2, с 67-70.
171. Ратич, І.; Кирилів, Б.; Гунчак, А. Біопрепаратна годівля. *Наше птахівництво* 2012, 1, с 50-51.
172. Lu, L.; Wang, R.; zhang, Z.; Steward, F.; Luo, X.; Liu, B. Effect of dietary supplementation with copper sulphate or tribasic copper chloride on growth performance, liver copper concentrations of broiler in floor pens, and stabilities of vitamin E and phytase in feeds. *Biol. Trace Element Res.* 2010, 138, pp 181-189.
173. Wideman, R.F. Excess dietary copper triggers enlargement of the proventriculus in broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 2006, 5(3), pp 219-230.
174. Kaya, S.; Ortatatli, M.; Haliloglus, S. Feeding diets supplemented with zinc and vitamin A in laying hens: effects on histopathological findings and tissue mineral contents. *Res. Vet. Sci.* 2002, 73, pp 251-257.
175. Жуленко, В.Н.; Горшков, Г.И. *Фармакология*. Жуленко, В.Н., Ред.; Колос:М., 2008, 512 с.
176. Аверина, Е.В. Источники микроэлементов в производстве премиксов. *Feed times* 2011, 2, с 1-6.
177. Бойків, Д.П.; Свистун, Ю.Д.; Фартушок, Н.Ф. Мікроелементи: досягнення і перспективи. *Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія* 2001, 2(4), с 124-127.
178. Acida, S.P. A review on the applications of organic trace minerals in pig nutrition. *Pakistan J. Nutr.* 2012, 1, pp 25-30.

179. Мамченко, В.Ю. Металохелати в раціонах свиноматок та їх вплив на відтворну здатність. *Наук.-теорет. збірник ЖНАЕУ* 2014, 1, с 54-57.

180. Манукян, А.В. Применение Органических Форм Марганца и Цинка в Комбикормах для Цыплят-Бройлеров. Диссертация канд. наук, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 2008.

181. Petrovič, V.; Nollet, L.; Kovač, G. Effect of dietary supplementation of trace elements on the growth performance and their distribution in the breast and thigh muscles depending on the age of broiler chickens. *Acta Veterinaria Brno* 2010, 79, pp 203-209.

182. Зирук, И.В.; Искра, Т.Д. Перспективы применения хелатных комплексов микроэлементов у ветеринарии и животноводстве. *Ветеринарная медицина XXI века. Инновации, обмен опытом и перспектива развития*, М-лы Международной Научно-практической Конференции, Саратов, 2012, с 102-103.

183. Шабунин, С.В.; Беляев, В.И.; Балым, Ю.П. Результаты применения препарата «Селедант» (Селекор) в ветеринарии и животноводстве. *Селекор-Биологическое действие* 2006, с 78-88.

184. Кочеткова, Н.А. Продуктивность и биохимический статус цыплят-бройлеров при использовании в их диете цитратов и малатов биометаллов. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки* 2012, 21(140), с 118-122.

185. Гумарова, Г.А.; Хайрулин, Н.Ш. Влияние микроэлементов на химический состав гусиных яиц. *Сборник: Аграрная наука – основа успешного развития АПК и сохранения экосистем*. М-лы Международной Научно-практической Конференции 2012, с 112-115.

186. Хайруллин, Н.Ш.; Гумарова, Г.А. Вывод гусят при использовании органических микроэлементов. *Сборник: Аграрная наука – основа успешного развития АПК и сохранения экосистем*. М-лы Международной Научно-практической Конференции 2012, с 162-164.

187. Шаповалов, С.О. Активність глутатіонзалежних ферментів у ранньому постнатальному онтогенезі поросят за введення комплексних органічних сполук есенційних мікроелементів. *Біологія тварин* 2010, 12(4), с 139-144.

188. Rao, S.; Prakash, B.; Kumari, K.; Raju, M.; Panda, A. Effect of supplementing different concentrations of organic trace minerals on performance, antioxidant activity, and bone mineralisation in vanaraja chickens developed for free range farming. *Tropical Animal Health and Production* 2013, 45, pp 1-5.

189. Agnihotri, S.A.; Mallikarjuna, N.N.; Aminabhavi, T.M. Recent advances on chitosan-based micro- and nanoparticles in drug delivery. *J. Controlled Release* 2004, 100, pp 5-28.

190. Ahmadi, F.; Kurdestany, A.H. The impact of silver nano particles on growth performance, lymphoid organs and oxidative stress indicators in broiler chicks. *Global Veterinaria* 2010, 5, pp 366-370.

191. Chen, H.; Weiss, J.; Shahidi, F. Nanotechnology in nutraceuticals and functional foods. *Food Technol.* 2006, 3, pp 30-36.

192. Mohapatra, P.; Swain, R.; Mishra, S.; Behera, T.; Swain, P. Effects of dietary nano-selenium supplementation on the performance of layer grower birds. *Asian. J. Anim. Vet. Adv.* 2014, 9, pp 641-652.

193. Shi, L.G.; Yang, R.J.; Yue, W.B.; Xun, W.J.; Zhang, C.X. Effect of elemental nano-selenium on semen quality, glutathione peroxidase activity and testis ultrastructure in male Boer goats. *Anim. Reprod. Sci.* 2010, 118, pp 248-254.

194. Шаторна, В.Ф.; Гарець, В.І.; Крутенко, В.В. Нанометали: стан сучасних досліджень та використання в біології, медицині та ветеринарії. *Вісник проблем біології і медицини* 2012, 3(2(95)), с 29-32.

195. Борисевич, В.Б.; Каплуненко, В.Г., Косинов, Н.В. *Наноматеріали и нанотехнологии в вете ринарной практике*; Борисевича, В.Б.; Каплуненко, В.Г. Ред.; Авиценна:К., 2012, 512 с.

196. Андриевский, Р.А. Основные проблемы наноструктурного материаловедения. *Нанотехнологии: Наука и производство* 2006, 2(3), с 3-6.
197. Nesli, S.; Kokini, J. Nanotechnology and its application, in the food Sector. *Trends in Biotechnology* 2009, 27, pp 82-89.
198. Даниленко, В.П. Проблеми і перспективи у виробництві екологічно безпечних натуральних продуктів. *Екотрофологія — міст у майбутнє харчування людини*, Матеріали Міжнародної Науково-практичної Конференції, Біла Церква, вересень 13-14, 2007; БДАУ, 2007; с 76–77.
199. Погорілий, Н. В.; Авраменко, Н. В.; Погорілий, Н. В.; Козій, Н. В. Каренція антибіотиків. *Екотрофологія — міст у майбутнє харчування людини*, Матеріали Міжнародної Науково-практичної Конференції, Біла Церква, вересень 13-14, 2007; БДАУ, 2007; с 153–155.
200. Al-Beitawi, N.A.; Shaker, M.M.; El-Shuraydeh, K.N.; Blaha, J. Effect of nanoclay minerals on growth performance, internal organs and blood biochemistry of broiler chickens compared to vaccines and antibiotics. *J. Applied Anim. Res.* 2017, 45, pp 543-549.
201. Scott, N.R. Nanotechnology and animal health. *Rev. Sci. Tech.* 2005, 24,1, pp 425-432.
202. Hassan, A.A.; Howayda, M.E.; Mahmoud, H.H. Effect of zinc oxide nanoparticles on the growth of mycotoxigenic mould. *Stud. Chem. Process Technol.* 2013, 1, pp 66-74.
203. Каплуненко, В.Г.; Косінов, М.В. *Перспективи наноматеріалів в біології і ветеринарії та нанотехнології і їх отримання. Наноматеріали в біотехнології. Основи нановетеринарії: Посібник*; ВД «Авіцена»:К., с 72-92.
204. Косінов, М.В.; Каплуненко, В.Г. Спосіб Отримання Гідратованих і Карботированих Наночастинок «Електроімпульсна Нанотехнологія Отримання Гідратованих і Карботированих Наночастинок». Патент України №35582, Верес 26, 2008.
205. Каплуненко, В.Г.; Косінов, Н.В.; Поляпов, Д.В. Получение новых биогенных и биоцидных наноматериалов с помощью эрозионно-взрывного

диспергирования металлов. *Сборник трудов по материалам научно-практической конференции «Нанотехнология и наноматериалы для биологии и медицины» 2007* с 134-137.

206. Feng, J.; Ma, W.; Niu, H.; Wu, X.; Wang, Y.; Feng, J. Effects of zinc glycine chelate on growth, haematological, and immunological characteristics in broilers. *Biological Trace Element Research* 2010, (12(7)), pp 503-516.

207. Волошина, Н.О.; Петренко, О.Ф.; Каплуненко, В.Г.; Косінов, М.В. Перспективи застосування наночастинок металів у ветеринарній медицині. *Ветеринарна медицина України* 2008, 9, с 32-34.

208. Devrim, S.; Taylan, A.; Bülent, Ö. The effects of lower supplementation levels of organically complexed minerals (zinc, copper and manganese) versus inorganic forms on hematological and biochemical parameters in broilers. *Kafkas University. Veterinary Faculty Research* 2009, 16(4) pp 553-559.

209. Yildiz, A.; Cufadar, Y.; Olgun, O. Effects of dietary organic and inorganic manganese supplementation on performance, egg quality and bone mineralisation in laying hens. *Review of Medicinal and Veterinary* 2011, 162, pp 482-488.

210. Борисевич, В.Б.; Каплуненко, В.Г.; Косінов, М.В. *Спосіб активації метаболічних процесів і підвищення ефективності синтезу білків в живих організмах. «Комплексний біофізично-біохімічний наностимулювальний ефект Борисевича-Каплуненка-Косінова»: Патент України 43415, Жовт 10, 2009.*

211. Сердюк, А.М.; Гуліч, М.П.; Каплуненко, В.Г.; Косінов, М.В. Нанотехнології та шляхи ліквідації дефіциту макро-мікроелементів. *Журнал Академії медичних наук* 2010, 16, 3, с 467-471.

212. Тарасов, М. Нанопрепараты для животноводства и птицеводства. *Наноиндустрия* 2012, 34, 4, с 54-57.

213. Борисевич, В.Б.; Каплуненко, В.Г.; Косінов, М.В. *Наноматеріали в біології. Основи нановетеринарії. Навчальний посібник; «Авіцена»:К., 2010, 416 с.*

214. Gonzales-Eguia, A.; Fu, C.M.; Lu, F.Y.; Lien, T.F. Effects of nanocopper on copper availability and nutrients digestibility, growth performance and serum traits of piglets. *Livestock Sci.* 2009, 126, pp 122-129.

215. Zhao, J.; Shirley, R.; Vazquez-Anon, M.; Dibner, J.; Richards, J.; Fisher, P.; Hampton, T.; Christensen, K.; Allard, J.; Giesen, A. Effects of chelated trace minerals on growth performance, breast meat yield, and footpad health in commercial meat broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 2010, 19, pp 365-372.

216. Борисевич, В.Б.; Борисевич, Б.В.; Каплуненко, В.Г. *Наноматеріали в ветеринарній медицині*; Ліра:К., 2009, 231 с.

217. Борисевич, В.Б.; Куліда, М.А. Біологічна активність нанопорошків металів. *Ветеринарна медицина України* 2010, 7, с 42-43.

218. Ричардс, Д.Д.; Мананги, М.К.; Дибнер, Д.Д.; Картер, С. Минеральные хелаты содействуют обеспечению биологической целостности. *Ефективні корми та годівля* 2011, 5(53), с 44-48.

219. Conditions, S.; Hassan, A. Effect of IN-OVO injection with Nano Iron - Particles on Physiological Responses and Performance of Broiler Chickens. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology* 2018, 3, 3, pp 855-863.

220. Сердюк, А.М.; Гуліч, М.П.; Каплуненко, В.Г.; Косінов, М.В. Нанотехнології мікронутрієнтів: проблеми, перспективи та шляхи ліквідації дефіциту макро- та мікроелементів. *Журнал АМН України* 2010, 1, с 107-114.

221. Swiatkiewicz S., Arczewska-Wlosek A., Jozefiak D. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. *World's Poultry Science Journal.* 2014. №9 (Vol. 70). P. 475-486.

222. Гуньчак, О.В.; Каплуненко, В.Г. Вплив добавок германію в комбікорми на продуктивні якості гусенят, що вирощуються на м'ясо. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва* 2015, 1, с 156-159.

223. Ніщеменко, М.П.; Каплуненко, В.Г.; Ємельяненко, О.В. Вміст загального білка і його фракцій у сироватці крові молодняка перепелів за

інкубаційної обробки яєць розчином аквахелату селену. *Науковий вісник ветеринарної медицини* 2014, 13(108). с 162-165.

224. Величко, В.О.; Каплуненко, В.Г.; Авдосьєва, І.К. *Вплив мікроелементної кормової добавки «Мікростимулін» при вирощуванні бройлерів*. Мат-ли Х Міжнародного Конгресу Спеціалістів Ветеринарної Медицини, 2012, с 85-88.

225. Кириченко, В.М.; Яценко, І.В.; Каплуненко, В.Г. Динаміка живої маси курчат-бройлерів за збагачення раціону наномікроелементною добавкою «Мікростимулін» в аспекті ветеринарно-санітарної експертизи. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини* 2016,32, 2, с 204-210.

226. Sahoo, A.; Swain, R.; Mishra, S. Effect of inorganic, organic and nano zinc supplemented diets on bioavailability and immunity status of broilers. *Int. J. Adv. Res.* 2014, 2, pp 828-837.

227. Vijayakumar, M.; Balakrishnan, V. Effect of calcium phosphate nanoparticles supplementation on growth performance of broiler chicken. *Indian J. Sci. Technol.* 2014, 7, pp 1149-1154.

228. Bunglavan, S.; Garg, A.; Dass, R.; Sameer, S. Use of nanoparticles as feed additives to improve digestion and absorption in livestock. *Livest. Res. Int.* 2014, 2, pp 36-47.

229. Медвідь, С.М.; Гунчак, А.В.; Гутий, Б.В.; Ратич, І.Б. Пспективи раціонального забезпечення курчат-бройлерів мінеральними речовинами. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького* 2017, 19, с 127-135.

230. *Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях*. Страсбург, 1986, 123 с.

231. *Довідник: фізіолого-біохімічні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині*; Влізло, В.В., Ред.; 2004, 399 с.

232. Коротяев, А.И.; Бабичев, С.А. *Медицинская микробиология, иммунология и вирусология*. С.-Пб., 1998, 580 с.

233. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та

ветеринарній медицині (за редакцією В.В. Влізло). *СПОЛОМ: Львів*, 2012; 764 с.

234. Жила, М.І. Оцінка морфофункціонального стану органів імунної системи індиків при клінічному випробуванні препарату «Біотон». *Біологія тварин* 2016, 18, 3, с 30-35.

235. Мазуренко, М.О.; Кучерявий, В.П.; Гуцул, А.В. *Методичні вказівки з виготовлення гістологічних препаратів органів і тканин тварин*. ВДАУ:Вінниця, 2004, 26 с.

236. Горальський, Л. П.; Хомич, В.Т.; Кононський, О.І. *Основи гістологічної техніки і морфофункціональні методи досліджень у нормі і при патології: Навч. посібник*. Полісся:Житомир, 2005, 288 с.

237. *Практикум по біохимии*; Мешкова, Н.П.; Северин, С.Е.; Ред.; МГУ:М., 1979, с 302.

238. Калунянц, К.А.; Гребешова, Р.Н.; Лупова, Л.М.; Федорова, Л.Г. *Способ определения активности протеиназ*; А.с. 397843, 1973.

239. *Метод определения активности α -амилазы*. Ферментные препараты в животноводстве; Довгань, Н.Я. Ред.; ВКП “ВМС”:Львів, 1998, с 12–14.

240. *Определение активности липазы*. Методы биохимического анализа (справочное пособие); Кальницкий Б.Д., Ред.; Боровск, 1997, с 24-26.

241. Еремін. Ю.Н.; Хайніс, А.А.; Трубицын, А.А.; Еремін, Ю.Н. *Определение йода, связанного с белками крови, нитратно-роданидным методом*. *Лабораторное дело* 1976,10 с 595.

242. Лапач, С.Н.; Чубенко, А.В.; Бабич, П.Н. *Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Microsoft Excel*. Морион:К., 2000, 319 с.

243. Jondal, M.; Jondal, M.; Holm, G.; Wigzell, H. *Surface markers on human T and B lymphocytes: A large population of lymphocytes forming non-immune rosettes with sheep blood cells*. *J. Exp. Med.* 1972, 136, 2, pp 207-215.

244. Солодовников, В.Л. Выявление и подсчет Т- и В-розеткообразующих лимфоцитов крови крупного рогатого скота. *Бюл. ВИЭВ* 1979, 37, с 9-13.

245. *Визначення вмісту амінного азоту. Методики досліджень з фізіології і біохімії сільськогосподарських тварин*; Довгань, Н.Я. Ред.; ВКП “ВМС”: Львів, 1998, с 40-41.

246. Чумаченко, В.Ю.; Чумаченко, В.В.; Павленко, О.І. Дослідження імунної системи. Фактори, що впливають на резистентність. *Ветеринарна медицина України* 2004, 5, с 33-37.

247. Мейер, Д.Г.; Харви, Дж. *Ветеринарна лабораторна медицина*. Перевод с англ. Софіон:М., 2007, 456 с.

248. Гістологічний метод діагностики губчатої енцефалопатії великої рогатої худоби : СОУ 85-20-37-5686207 [Каталог нормативних документів 2008: У 2 т.] ДП «Укрнднц» :К., 2008, 2, с 261.

249. Медвідь, С. М. Клітинний і білковий профілі крові курчат-бройлерів за введення їм до раціону цитратів мікроелементів. *НТБ ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок та ІБТ НААН* 2017, 18 (2), с 28-33.

250. Медвідь, С. М.; Гунчак, А. В.; Стефанишин, О. М.; Пащенко, А. Г. Вплив наноцитрату мікроелементів на інтенсивність протеїнового обміну в тканинах курчат-бройлерів та продуктивність. *Біологія тварин* 2018, 20 (2), с 58-64.

251. Kaminska, M.; Hunchak, A.; Borowiec, F.; Ratuch, I.; Barteczko, J. Specific features of gastrointestinal tract microbiocenosis in hens and gees. *J. Annals of Animal Sciences* 2010, 10, 1, pp 93-100.

252. Гунчак, А.В.; Камінська, М.В. Мікробіоценоз сліпої кишки птиці за різного рівня йоду у їх раціонах. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького* 2011, 13, 4(50), 2, с 50-53.

253. Медвідь, С.М.; Гунчак, А.В.; Стефанишин, О.М.; Пащенко, А.Г. Стан мікробіоценозу кишечника курчат-бройлерів за дії цитратів мікроелементів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького* 2017, 19 (74), с 224-229.

254. Медвідь, С.М. Вплив аквацитрату мікроелементів на показники неспецифічної резистентності та клітинного імунітету в курей-бройлерів *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького* 2018, 20(84), с 33-38.

255. Гуральська, С.В.; Горальський, Л.П. *Морфологія та імуногістохімія органів кровотворення та імуногенезу курей за інфекційного бронхіту та при вакцинації: Монографія*. Полісся:Житомир, 2017, 240 с.

256. Лебедева, И.А. Селезенка, тимус, фабрициева бурса цыплят-бройлеров при воздействии антибиотика и пробиотика. *Аграрный вестник Урала* 2011, 8, с 33.

257. Медвідь, С.М.; Гунчак, А.В.; Хміль, Є.П. Гістоструктура імунокомпетентних органів у курчат-бройлерів за дії аквацитрату мікроелементів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького* 2018, 20, 83. с 44-50.

258. Медвідь, С.М. Продуктивні та м'ясні якості курчат-бройлерів за дії аквацитрату мікроелементів. *Вісник Сумського національного аграрного університету* 2018, 2(34), с 174-178.

259. Медвідь, С.М.; Гунчак, А.В., Стефанишин, О.М., Ратич, І.Б.; Сірко, Я.М.; Кисців, В.О. Активність гідролітичних ензимів та стан мікробоценозу сліпих кишочок перепелів за впливу аквацитратів мікроелементів. *Тваринництво України* 2018, 6, с 24-30.

260. Гунчак, А. В.; Медвідь, С. М.; Сірко, Я. М. Інтенсивність протеїнового обміну в організмі перепілок та їх несучість за використання мікроелементних добавок до раціонів. *Таврійський науковий вісник*, 2018, 102., с 94-99.

261. Головещенко, А.А.; Деєва, А.В. Особливості травлення та обміну речовин у птиці. *Ефективне птахівництво* 2006, 9(21), с 11-16.

262. Сичов, М.Ю.; Позняковський, Ю.В. Морфологічний склад яєць японських перепелів за різного жирового живлення. *Сучасне птахівництво* 2010, 5, с 12-14.

263. Сахацький, М.І. Породи та кроси курей, які використовують для

виробництва м'яса бройлерів. *Сучасне птахівництво* 2007, 5/6, с 5-8.

264. Жеребов, М.Є. Перепелівництво в Україні. *Ефективне птахівництво* 2011, 8, с 34-38.

265. Науменко, В.В.; Дячинський, А.С.; Демченко, В.Ю.; Дерев'янку. І.Д. Фізіологія сільськогосподарських тварин: Підручник. [3-тє вид., перероб. і допов]. Дерев'янк, І.Д.; Демченко, А.С. Ред.; Центр учбової літератури:К., 2009, 568 с.

266. Кочиш, И.И.; Сидоренко, Л.И.; Щербатов, В.И. Биология сельскохозяйственной птицы: учеб. пособие. Колос:М., 2005. 203 с.

267. Фисинин, В.И.; Егоров, И.А.; Ленкова, Т.Н.; Околелова, Т.М. *Руководство по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы*. ВНИТИП:Сергиев Посад; 2014. 155 с.

268. Das, A.; Das, S.; Swain, R.; Sahoo, G.; Behura, N. Effects of organic minerals supplementation on growth, bioavailability and immunity in layer chicks. *Int. J. Pharmacol* 2014, 10, pp 237-247.

269. Филин В. БВМК для кур-несушек. *Птицеводство*. 2000. № 2. С. 19 – 21.

270. Денисов Д. А., Федин А. С. Использование новой кремнийорганической биологически активной добавки в рационах кур-несушек. *Зоотехния*. 2013. № 9. С. 16-17.

271. Tabedian, S.; Samie, A.; Pourreza, J.; Sadeghi, G. Effect of Fasting or PostHatch Diets Type on Chick Development. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 2010, 9(2), pp 406-413.

272. Соболев, О.І. Міграція селену у біогеохімічному ланцюзі: ґрунт – вода – рослина – продукція птахівництва – людина. *Ukrainian Journal of Ecology* 2017, 7, 2, с 192-200.

273. Егоров, И.А. *Методическое руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы*. Фисинин, В.И.; Егоров, И.А. Ред.; Сергиев Посад, 2015, 199 с.

274. Поліщук, А.А.; Булавкіна, Т.П. Сучасні кормові добавки в годівлі тварин та птиці. *Вісник ПДАА* 2010, 2, с 66-69.

275. EU(European Community), 2005:1459/2005/EC Commission Regulation (EC)No feed additives belonging to the group of trace iffe elements. *Official Journal of the European Union. L.*, 2005; pp 8-10.

276. Рудько Г.І.; Адаменко, О.М.; Смоляр. Н.І. *Вступ до медичної геології*. Рудько, Г.І.; Адаменко, О.М. Ред.; Академпрес:К., 2010, 1, 736 с.

277. McDowell, L.R. *Minerals in animal and human nutrition. Elsevier Science. The Netherlands:Amsterdam*, 2013, 644 p.

278. Амоша, О.І. *Людина та навколишнє середовище: економічні проблеми екологічної безпеки виробництва*; Наук. Думка: К., 2002, 306 с.

279. Wood, С.М.; Farrel, А.Р.; Brauner, С.Ј. *Homeostasis and toxicology of essential metals. Fish Physiol*; Academic Press:London, 2012, 31, 497 p.

280. Кабата-Пендиас, А.; Пендиас, Х. *Микроэлементы в почвах и растениях*; Мир:Москва, 1989, 439 с.

281. Анспок, П. И. *Микроудобрения: Справочник – 2-е изд., перераб. и доп.* Агропромиздат; Л., 1990, 272 с.

282. Гунчак, Р.В.; Седіло, Г.М.; Вовк, С.О. Вміст йоду в ґрунтах та зерні злаків у зоні Полісся Волині. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*, 2016, 18, 2, 77-80.

283. Трахтенберг, І.М.; Чекман, І.С.; Линник, В.О. Взаємодія мікроелементів: біологічний, медичний і соціальний аспекти. *Вісн. НАН України* 2013, 6, с 11-20.

284. Grashorn, М.А. *Aspects of feeding and management on nutritional value and safety of poultry meat. XVII th European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Doorwerth, Netherlands. 2005, 26, 85-92.*

285. Zampoli, М.; Brandão, Н.; Mello; Gern, Ј.; Guimarães, А.; Langoni1, Н. Nanotechnology and Antimicrobials in Veterinary Medicine. *Formatex*. 2013, 2, pp 543-556.

286. Scott, N.R. Nanotechnology and animal health. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 2005, 24, 1, pp 425-432.

287. Себа, М.В.; Каплуненко, В.Г.; Хоменко, М.О. Вплив мікроелементів у формі карбоксилатів харчових кислот нанотехнологічного походження на заплідненість корів. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету* 2015, 3, 2(52), с 225-230.

288. Hunt, J.R.; Beiseigel, J.M.; Johnson, L.K. Adaptation in human zinc absorption as influenced by dietary zinc and bioavailability. *Am J Clin Nutr.* 2008, 87(5), pp 1336-1345.

289. Kim, J.; Paik, H.; Joung, H. Effect of dietary phytate on zinc homeostasis in young and elderly Korean women. *J. Am. Coll. Nutr.* 2007, 26,1, pp 1-9.

290. Косінов, М.В.; Каплуненко, В.Г. Спосіб отримання негативно заряджених наночастинок «Ерозійно-вибухова нанотехнологія отримання негативно заряджених наночастинок»: Патент України 29855, Січ 01, 2008.

291. Влізло, В.В.; Башенко, М.І.; Іскра, Р.Я Нанотехнології та їх застосування у тваринництві й ветеринарній медицині. *Вісн. аграрної науки* 2015, 11, с 5-9.

292. Влізло, В.В.; Іскра, Р.Я, Федорук, Р. С. Нанобіотехнології. Сучасність та перспективи розвитку. *Біологія тварин* 2015, 17, 4, с 18-29.

293. Чекман, І.С. Наночастинки: властивості та перспективи застосування. *Укр. біохімічний журнал* 2009, 81, 1, с 122-129.

294. Ситар, О.В.; Новицька, Н.В.; Таран, Н Ю. Нанотехнології в сучасному сільському господарстві. *Фізика живого* 2010, 18, с 113-116.

295. Lizeng, G.; Zhuang, J.; Leng, N. Intrinsic peroxidase-like activity of ferromagnetic nanoparticles. *Nanotechnol.* 2007, 2, 9, pp 577-583.

296. Heinlaan, M.; Ivask, A.; Blinov, I. Toxicity of nanosized and bulk ZnO, CuO and TiO₂ to bacteria *Vibrio fischeri* and crustaceans *Daphnia magna* and *Thamnocephalus platyurus*. *Chemosphere* 2008, 71(7), pp 1308-1316.

297. Марченко, М.; Безденежних, Н.; Фахмі, О. Вивчення цитотоксичної дії

наночастинок металів в культурі клітин людини в експериментах *in vitro*.
Український журнал з проблем медицини праці 2011, 1(25), с 63-70.

298. Мазуркевич, А.Й.; Карповський, В.І.; Камбур, М.Д. *Фізіологія тварин. Підручник*; Мазуркевич, А.Й.; Карповський, В.І. Ред; Нова:Книга Вінниця, 2010, 424 с.

299. Strunden, M.; Heckel, K.; Goetz, A.; Reuter, D. Perioperative fluid and volume management: physiological basis, tools and strategies. *Ann. Intensive Care*. 2011.

300. Іскра, Р.Я. Амінотрансферазна та дегідрогеназна активність і вміст гормонів в організмі щурів за дії сполук хрому. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка* 2013, 63, с 13-16.

301. Насонов, И.В.; Буйко, Н.В.; Лизун, Р.П.; Вольхина, В.Е.; Захарик, Н.В.; Якубовский, С.М. *Методические рекомендации по гематологическим и биохимическим исследованиям у кур современных кроссов*; Минск, 2014, 32 с.

302. Kaaya, S.; Keseci, T.; Haliloglu, S. Effects of zinc and vitamin A supplements on plasma levels of thyroid hormones, cholesterol, glucose, and egg yolk cholesterol of layind hens. *Res. Vet. Sci.* 2001, 71, pp 135-139.

303. Усаченко, Л.М.; Кравців, Р.Й. Білковий профіль крові відгодівельних бугайців за корекції раціонів мікроелементами. *НТБ Інституту біології тварин і ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок* 2006, 7, 1-2, с 148-152.

304. Лаптева, К. А. Функціональний стан печінки курей-несучок під впливом плюмбуму ацетату за аліментарного хронічного токсикозу. *Біологія тварин* 2012, 14,1-2, с 321-327.

305. Blazovics, A. Biochemical and morphological changes in liver and gallbladder bile of broiler chicken exposed to heavy metals (cadmium, lead, mercury). *Trace Elem. Electrol.* 2001, 19, pp 42-47.

306. Грищенко, К.Н.; Висмонт, Ф.И. *Патологическая физиология печени: учеб.-метод. пособие*; БГМУ:Минск, 2010, 23 с.

307. Шуляк, С.В.; Засекін, Д.А. Вплив розчину колоїдного срібла на мікрофлору кишечника та продуктивні показники перепелів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені. С.З. Гжицького*, 2013,15, 1(4), с 232-237.

308. Романович, М.М. Показники фагоцитозу псевдоеозинофілів крові у курчат-бройлерів за дії препарату БПС-44 та дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені. С.З. Гжицького*, 2017, 19, 78, с 187-190.

309. Засекін, Д.А.; Шуляк, С.В.; Кучерук, М.Д. Вплив різних концентрацій колоїдного срібла на мікробіоценоз тонкого і товстого кишечника у перепелів породи Фараон. *Сучасне птахівництво* 2012, 22(111), с 23-26.

310. Awaad, M.; Shalaby, B.; Manal, A.; Sahar, A.; Zoulfakar, M.; Mohammed, F. Effect of *Lactobacillus Acidophilus*, *Lactobacillus Acidophilus Plus Pichia Anomola* and *Lactobacillus Acidophilus Plus Pichia Anomola Plus Bacteriophage* on Immune Responsiveness, Intestinal Enumeration of *Clostridium Perfringens*, *Salmonella Typhimurium*, *Colisepticaemia*, and Gut Integrity of Broiler Chickens. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* 2014, 7, pp 66-72.

311. Ионов, И.А.; Микитюк, Д.Н.; Коц, В.П. Распределение цинка в организме кур-несушек в зависимости от его содержания в рационе. *Птицеводство* 2000, 49, с 68-75.

312. Фисинин, В.И.; Журавлев, И.В.; Айдинян, Т.Г. *Эмбриональное развитие птицы*. Агропромиздат:М., 1990, 240 с.

313. Vern L. C., Ort D. T. , Grimes, J.L. Physiological factors associated with weak neonatal poults (*Meleagris gallopavo*). *Poult. Sci.* 2003. Vol. 2. P. 7-14.

314. Christensen, V.L.; Donaldson, W.E.; Nestor, K.E.; McMurtry, J. P. Effects of genetics and maternal dietary iodide supplementation on glycogen content of organs within embryonic turkeys. *Poult. Sci.* 1999, 78(6), pp 890-898.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. **Медвідь, С. М.;** Гунчак, А. В.; Стефанишин, О. М.; Пащенко А. Г. Стан мікробіоценозу кишечника курчат-бройлерів за дії цитратів біоелементів. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького* 2017, 19(74), с 224-228.
2. **Медвідь, С. М.** Клітинний і білковий профілі крові курчат-бройлерів за введення їм до раціону цитратів мікроелементів. *НТБ ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок та ІБТ НААН* 2017, 18 (2), с 28-33.
3. **Медвідь, С. М.;** Гунчак, А. В.; Гутий, Б. В.; Ратич, І. Б. Перспективи раціонального забезпечення курчат-бройлерів мінеральними речовинами. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького* 2017, 19 (79), с 127-134.
4. **Медвідь, С. М.;** Гунчак, А. В.; Стефанишин, О. М.; Ратич, І. Б.; Сірко, Я. М.; Кисців, В. О.; Активність гідролітичних ензимів та стан мікробіоценозу сліпих кишок перепелів за впливу аквацитратів мікроелементів. *Тваринництво України* 2018, 6, с 24-30.
5. **Медвідь, С. М.** Вплив аквацитрату мікроелементів на показники неспецифічної резистентності та клітинний імунітет у курчат. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького* 2018, 20 (84), с 33-38.
6. **Медвідь, С. М.** Продуктивні та м'ясні якості курчат-бройлерів за дії аквацитрату мікроелементів. *Вісник Сумського національного аграрного університету* 2018, 2 (34), с 174-178.
7. **Медвідь, С. М.;** Гунчак, А. В.; Хміль, Є. П. Гістоструктура імунокомпетентних органів у курчат-бройлерів за дії аквацитрату мікроелементів. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького* 2018, 20 (83), с 44-50.
8. **Медвідь, С. М.;** Гунчак, А. В.; Стефанишин, О. М.; Пащенко, А. Г. Вплив наноцитрату мікроелементів на інтенсивність протеїнового обміну в тканинах курчат-бройлерів та продуктивність. *Біологія тварин* 2018, 20 (2), с 58-64.

9. Гунчак, А. В.; **Медвідь, С. М.**; Сірко, Я. М. Інтенсивність протеїнового обміну в організмі перепілок та їх несучість за використання мікроелементних добавок до раціонів. *Таврійський науковий вісник* 2018, 102, с 94-99.

10. **Медвідь, С. М.**; Гунчак, А. В.; Кисців, В. О.; Стефанишин, О. М.; Сірко, Я. М.; Пащенко, А. Г.; Борецька, Н. І.; Гутий, Б. В. (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнології імені С. З. Гжицького). Спосіб корекції показників неспецифічної резистентності та клітинного імунітету курчат-бройлерів. Патент України 126924, Липень, 10, 2018.

11. Гунчак, А. В.; **Медвідь, С. М.**; Стефанишин, О. М.; Сірко, Я. М.; Кисців, В. О.; Пащенко, А. Г.; Борецька, Н. І. Цитрати мікроелементів нанотехнологічного походження у птахівництві: метаболічні процеси, продуктивність та якість продукції. Методичні рекомендації. (Затверджено Вченою радою ІБТ НААН 26.06.2018 р., прот. № 6), Львів, 2018. 32 с.

12. **Медвідь, С. М.**; Мартинюк, У. А. Показники системи антиоксидантного захисту в грудних м'язах курчат-бройлерів за дії цитратів біоелементів. Матеріали 15-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини» (м. Львів, Грудень, 8-9, 2016 р.). *Біологія тварин* 2016, 18 (4), с 164.

13. **Медвідь, С. М.** Імунний статус курчат-бройлерів за впливу цитрату мікроелементів. Матеріали 6-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України» (с. Оброшино, Листопад, 9, 2017 р.), с 35-16.

14. **Медвідь С. М.** Продуктивність курчат-бройлерів за дії цитратів біоелементів. Матеріали 16-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини», присвяченої доктору біологічних наук, професору Головачу В. М. (м. Львів, Грудень, 8-9, 2017 р.). *Біологія тварин* 2017, 19 (4), с 130.



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 126924

**СПОСІБ КОРЕКЦІЇ ПОКАЗНИКІВ НЕСПЕЦИФІЧНОЇ
РЕЗИСТЕНТНОСТІ ТА КЛІТИННОГО ІМУНІТЕТУ У КУРЧАТ-
БРОЙЛЕРІВ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.07.2018.

Заступник міністра економічного розвитку і торгівлі України

М.І. Тітарчук





УКРАЇНА

(19) UA (11) 126924 (13) U

(51) МПК (2018.01)

A23K 20/20 (2016.01)

A61D 7/00

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: u 2018 01172	(72) Винахідник(и): Медвідь Світлана Михайлівна (UA), Гунчак Алла Володимирівна (UA), Кисців Володимир Орестович (UA), Сірко Ярослав Миколайович (UA), Стефанишин Ольга Михайлівна (UA), Пащенко Алла Григорівна (UA), Борецька Наталія Іванівна (UA), Гутий Богдан Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 07.02.2018	(73) Власник(и): ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО, вул. Пекарська, 50, м. Львів, 79010 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.07.2018	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2018, Бюл.№ 13	

(54) СПОСІБ КОРЕКЦІЇ ПОКАЗНИКІВ НЕСПЕЦИФІЧНОЇ РЕЗИСТЕНТНОСТІ ТА КЛІТИННОГО ІМУНІТЕТУ У КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ**(57) Реферат:**

Спосіб корекції показників неспецифічної резистентності та клітинного імунітету у курчат-бройлерів включає застосування композиції біометалів (Fe, Zn, Co, Cu, Mn). Зазначений комплекс мікроелементів випоюють птиці з водою у формі наноаквацитрату в кількості: Mn (25 мг/л води), Zn (15 мг/л води), Fe (2,5 мг/л води), Cu (0,625 мг/л води), Co (0,25 мг/л води).

UA 126924 U

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ ТВАРИН**

Гунчак, А. В.; Медвідь, С. М., Ратич, І.Б.; Стефаншин, О. М.; Сірко, Я. М.;
Кисців, В. О.; Пашенко, А. Г.; Борецька, Н. І.

**ЦИТРАТИ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ НАНОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ
У ПТАХІВНИЦТВІ: МЕТАБОЛІЧНІ ПРОЦЕСИ, ПРОДУКТИВНІСТЬ
ТА ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ**

(рекомендації)

ДОДАТОК В

Львів – 2018

Вступ

Сучасні інтенсивні технології призводять до високого напруження обміну речовин у птиці і, як наслідок, зниження вмісту в організмі біологічно активних речовин. Тому важливою складовою технології виробництва продукції птахівництва є годівля, яка враховує біологічні особливості птиці, передбачає забезпечення її потреби в енергії, поживних і біологічно активних речовинах [1-3].

Серед основних чинників годівлі важливу роль відіграють мінеральні речовини, зокрема, мікроелементи, які беруть участь в усіх фізіологічних процесах і вважаються незамінними речовинами, хоча й не слугують джерелом енергії для організму птиці. За їх оптимального вмісту й співвідношення стабілізується перебіг багатьох метаболічних реакцій в організмі птиці, що забезпечує її нормальний стан здоров'я, збереженість і високу продуктивність. Водночас дефіцит чи надлишок мінеральних речовин у раціонах наносить значні збитки птахівництву, оскільки затримує ріст поголів'я, знижує продуктивність, запізнює і виводимість курчат та знецінює якість продукції [4-6].

На процеси обміну речовин в організмі тварин та птиці впливає мінеральний склад води і комбікормів. Нестача або надлишок біогенних металів в раціонах, порушення між ними відповідного оптимального співвідношення призводять до зниження перетравності і засвоєваності поживних речовин корму та інтенсивності процесів обміну речовин, і відповідно їхньої продуктивності [7].

На думку багатьох вчених [8,9], мінеральні речовини в якості структурного матеріалу входять до складу тіла, беруть участь в процесах харчотравлення, всмоктування, синтезу, розпаду і виділення з організму. Вони створюють необхідні умови для функціонування ензимних систем, гормонів, вітамінів, підтримують кислотно-лужну рівновагу і осмотичний тиск на оптимальному рівні. Окремі з них входять до складу ензимів, є їх активаторами, можуть бути структурними компонентами молекул гормонів, вітамінів, пігментів, впливаючи при цьому на ріст, кровотворення, тканинне дихання, чим

Гунчак, А. В.; Медвідь, С. М.; Ратич, І. Б.; Стефанішин, О. М.; Сірко, Я. М.; Кислів, В. О.; Пащенко, А. Г.; Борецька, Н. І.
«Цитрати мікроелементів нанотехнологічного походження в птахівництві: метаболічні процеси, продуктивність та якість продукції» (рекомендації).

СХВАЛЕНО І РЕКОМЕНДОВАНО:

Вченою радою Інституту біології тварин НААН

Протокол № 6 від 26 червня 2018 року

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Вудмаска І. В. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач лабораторії живлення та біосинтезу продукції тварин Інституту біології тварин НААН

Півторак Я. І. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри годівлі і технології кормів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології імені С. З. Гжицького

ДОДАТОК Г

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор Львівського
національного університету
ветеринарної медицини та
біотехнологій імені С.З. Гжицького



І.Б. Турко

16 жовтня 2018 р.

Картка впровадження

Про впровадження результатів дисертаційної роботи аспіранта лабораторії фізіології і біохімії живлення птиці Інституту біології тварин НААН Медвідь Світлани Михайлівни на тему: «Метаболізм, резистентність і продуктивність птиці за дії цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження». Дисертанткою теоретично обґрунтовано та експериментально доведено здатність мікроелементів (Fe, Cu, Co, Mn, Zn, J) у формі цитратів позитивно впливати на перебіг метаболічних процесів, продуктивність та резистентність птиці (бройлери та перепілки) в дозах, що становлять 10-25 % від їх вмісту в складі стандартного мінерального преміксу. Випоювання птиці наноформи біогенних металів забезпечує кращі продуктивні та якісні показники продукції тваринництва.

Проведені дослідження відображають основні положення дисертаційної роботи та використовуються у наукових дослідженнях та навчальному процесі при вивченні дисциплін: «Годівля та технологія кормів», «Птахівництво» тощо.

Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри технології виробництва і переробки продукції дрібних тварин.

(прот. № 3 від 16.10 2018 р.)

Завідувач кафедри,
професор

Ю.В. Ковальський

Проректор з наукової роботи



СНАУ, д.е.н., доцент

Данько Ю.І.

2018 р.

Акт

**про впровадження результатів дисертаційної
роботи Медвідь С.М. у навчальний процес**

Цим актом стверджується, що результати дисертаційної роботи Медвідь С.М. на тему: «Метаболізм, резистентність і продуктивність птиці за дії цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.04 – біохімія використовується на кафедрі біохімії та біотехнології Сумського національного аграрного університету у науково-дослідній роботі, впроваджено до навчального процесу при читанні лекцій та проведенні лабораторно-практичних занять із дисципліни біохімія для студентів, що навчаються за ОПІ «Магістр», спеціальності «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва».

**Зав. кафедри біохімії та біотехнології,
к.с.г.н., доцент**

Л.В. Бондарчук

ДОДАТОК Е

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Ректор Житомирського національного
агроєкологічного університету
О. В. Скидан
2018 р.



Акт

про впровадження результатів дисертаційної роботи у навчальний процес

Цим актом стверджується, що результати дисертаційної роботи Медвідь С.М. на тему: «Метаболізм, резистентність і продуктивність птиці за дії цитратів мікроелементів нанотехнологічного походження», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.04 – біохімія використовуються на кафедрі технологій переробки та якості продукції тваринництва Житомирського національного агроєкологічного університету у науково-дослідній роботі, впроваджено до навчального процесу при читанні лекцій та проведенні лабораторно-практичних занять із дисципліни «Технології переробки продукції тваринництва» для студентів, що навчаються за ОПП «Магістр», спеціальності «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» (протокол №5 від 30.10.2018 р.).

Зав. кафедрою технологій переробки
та якості продукції тваринництва, доктор с-г наук,
професор, чл. кор. НААН України,
заслужений діяч науки і техніки України
Житомирського національного
агроєкологічного університету

В.П. Славов

“Затверджую”
Директор
ТзОВ “Закарпатська курка”

ДОДАТОК Є

“Затверджую”
Заступник директора Інституту
біології тварин НААН з інноваційно-
наукової діяльності

Сукнистий О.М.

Лесик Я.В.

24.09.2018р.

А К Т

про впровадження (використання) наукової розробки

“ 20 ” вересня 2018 р.

Ми, нижчепідписані, представники господарства (установи) директор ТзОВ „Закарпатська курка“ Сукнистий О.М., с.Бороняво, Хустського району, Закарпатської області з однієї сторони,

(господарство, установа, спеціалісти)

і представники Інституту біології тварин НААН — Гунчак А.В. зав. лаб. фізіології, біохімії та живлення птиці, д.с.-г.н.; Стефанишин О. М., с.н.с., к.с.-г.н.; аспірант Медвідь С. М. з другої сторони,

(п. і. п., посада, вчений ступінь)

склали даний акт про те, що у вказаному господарстві (установі) проведено впровадження (використання) закінченої наукової розробки: „Спосіб корекції метаболічних процесів в організмі курчат-бройлерів“

(назва і короткий зміст)

Строки виконання (початок, кінець): серпень-вересень 2018 р.

обсяг 2 тис. голів

(голів і т.п.)

У результаті впровадження (використання) розробки: за введення до раціонів курчат-бройлерів аквацитратів мікроелементів в оптимальних дозах (Mn – 25,0; Zn – 15,0; Fe – 2,5; Cu – 0,63; Co – 0,25; J – 0,18 мг/кг корму), що становило 25 % від їх вмісту в складі стандартного мінерального преміксу спостерігається інтенсифікація метаболічних процесів, зростають імунорезистентність та продуктивні якості. Середня маса тіла курчат-бройлерів у 56-ти добовому віці була на 9,5 % більшою, порівняно з птицею, яка отримувала стандартний мінеральний премікс і становила 3015 г проти контролю – 2758 г. За впровадження даної наукової розробки рентабельність виробництва м'яса бройлерів в цій групі птиці зросла на 7,4 %.

Акт складено у 5 примірниках.

Представники господарства (установи):
ТзОВ “Закарпатська курка”

Сукнистий О.М.

Представники інституту:

Гунчак А.В.

Стефанишин О. М.

Медвідь С. М.

ДОДАТОК Ж

“Затверджую”

Директор
ТзОВ
„Жайвір-Агро“



Залізний А.Я.

“Затверджую”

Заступник директора Інституту
біології тварин НААН з інноваційно-
наукової діяльності



Лесик Я.В.

А К Т

про впровадження (використання) наукової розробки

“ 14 ” червня 2018 р.

Ми, нижче підписані, представники господарства (установи) директор ТзОВ «Жайвір-Агро» с. Долиняни, Городоцького району, Львівської області — Залізний А.Я. з однієї сторони,

(господарство, установа, спеціалісти)

і представники Інституту біології тварин НААН — Гунчак А.В. зав. лаб. живлення птиці, д.с.-г.н.; Сірко Я.М., с.н.с., к.с.-г.н.; аспірант Медвідь С.М. з другої сторони,

(п. і. п., посада, вчений ступінь)

склали даний акт про те, що у вказаному господарстві (установі) проведено впровадження (використання) закінченої наукової розробки: „Спосіб корекції метаболічних процесів в організмі перепілок“

(назва і короткий зміст)

Строки виконання (початок, кінець): березень-червень 2018 р.

обсяг 10 тис. голів

(голів і т.п.)

8. У результаті впровадження (використання) розробки: за введення до раціонів курчат-бройлерів аквацитратів мікроелементів в оптимальних дозах (Mn – 8,0; Zn – 7,5; Fe – 1,0; Cu – 0,5; Co – 0,1; J – 0,03 мг/кг корму), що становило 10 % від їх вмісту в неорганічній формі у складі стандартного мінерального преміксу зростає несучість птиці на 5,74 % та міцність яєчної шкаралупи на 12,4 %.

При впровадженні (використанні) розробки одержано фактичний економічний ефект: на одну затрачену грн. — 1,19 грн. чистого прибутку

Акт складено у 5 примірниках.

Представник господарства (установи):

Залізний А.Я.

Представники інституту:

Гунчак А.В.

Сірко Я.М.

Медвідь С.М.