



UDC 636.52/.58.087.7:611.651

**Morphological indicators of ovary of hens which were receiving optimal feed supplements of sunflower fuse and zinc sulfate**

**V. Yurchenko, O. Byrka**

*Kharkiv State Zooveterinary Academy, Kharkiv, Ukraine*

*Article info*

Received 21.03.2020

Received in revised form  
27.04.2020

Accepted  
20.05.2020

Kharkiv State Zooveterinary  
Academy, Kharkiv State  
Zooveterinary Academy  
1, Academichna Str., Mala  
Danylivka, Dergachi district,  
Kharkiv region, Ukraine,  
62341

E-mail:  
[viktoriyabir@ukr.net](mailto:viktoriyabir@ukr.net),  
[histology@ukr.net](mailto:histology@ukr.net)

**Yurchenko, V., & Byrka, O. (2020). Morphological indicators of ovary of hens which were receiving optimal feed supplements of sunflower fuse and zinc sulfate. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*, 5, 234-238. DOI: 10.31890/vttp.2020.05.41**

*We examined the ovary of laying hens (Rhode Island, line 38), which were receiving the feed supplement consisting of 0.71% sunflower fuse and 400 g/t zinc sulphate ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ).*

*Macroscopically, the ovary follicles were divided into preovulatory - small white (SWF), large white (LWF), small yellow (SYF), large yellow (LYF) and ovulatory. Histological sections were prepared according to the generally accepted method, stained with hematoxylin and eosin, fuchsin-aniline, blau-orange according to Malory. Lipids were detected on frozen sections stained with a mixture of sudan III, IV and sudan black B according to the Leason method.*

*It was found that ovarian weight of laying hens increased by 19.4% due to the amount of LYF and the predominance of ovulatory follicles. In primordial follicles (SWF), oocytes are surrounded by a single-layered squamous epithelium, their cytoplasm is uniformly basophilic, and their nuclei are spherical and basophilic. In primary follicles (LWF), the height of the follicular epithelium increases to cubic, and theca forms. The oocyte nuclei are large, weakly basophilic, the cytoplasm is basophilic with individual small red vacuoles, which are confirming the presence of a carbohydrate yolk. Secondary follicles (SYF, LYF) predominate in size over primary ones. The process of follicular development is combined with the differentiation of granulosa and theca layers. The perinuclear zone of some oocytes' cytoplasm is intensely basophilic, while in others it contains fatty inclusions. Nuclei include 14-15 small spherical nucleoli. The penetration of fat droplets through the wall of the follicle into the cytoplasm of the oocyte indicates that ready-made substances, which are synthesized in the liver of birds, come from the blood. In follicles, which are ripening, the granulosa is thinned, the theca is well developed, the cytoplasm is fine-meshed with inclusions of fat and vacuoles, the nuclei contain 9-10 nucleoli. The number of atretic follicles is inversely proportional to the amount of LYF.*

*The complex of morphological indicators of ovary of laying hens, which were receiving the feed supplement, gives evidence of a more rapid maturation of follicles and activation of synthesis in the cytoplasm of oocytes. It contributes to an increase in egg production and an improvement in the quality of hatching eggs.*

**Keywords:** *laying hens, feed additive, sunflower fuse, zinc sulfate, egg productivity, ovary, follicles, oocytes, nucleus, cytoplasm.*

**Морфологические показатели яичника кур при скормливании оптимальных кормовых добавок подсолнечниковой фузы и сернокислого цинка**

**В. В. Юрченко, Е. В. Бырка**

*Харьковская государственная зооветеринарная академия, Харьков, Украина*

*Исследовали яичник кур-несушек породы род-айланд линии 38, получавших кормовую добавку, состоящую из 0,71 % подсолнечниковой фузы и 400 г/т цинка сернокислого семиводного.*

*Макроскопически фолликулы яичника разделяли на доовуляторные - маленькие белые (SWF), большие белые (LWF), маленькие желтые (SYF), большие желтые (LYF) и овуляторные. Гистологические срезы готовили по общепринятой методике, окрашивали их гематоксилином и эозином, фуксин-анилин блау-оранжем по Малори. Липиды выявляли на замороженных срезах, окрашенных смесью судана III, IV и суданом черным B по методу Лизон.*

Установлено, що у кур-несушек збільшилась маса яєчника на 19,4 % за счет кількості L<sub>Y</sub>F і преобладання овulatoryних фолликулів. В примордіальних фолликулах (SWF) ооцити оточені одношарним плоским епітелієм, їх цитоплазма рівномірно базофільна, ядра шаровидні, базофільні. В первичних фолликулах (LWF) висота фолликулярного епітелію збільшується до кубічного, формується тека. Ядра ооцитів крупні, слабобазофільні, цитоплазма базофільна з окремими дрібними вакуолями червоного кольору, підтверджуючи наявність углекислого жовтка. Вторичні фолликули (SYF, LYF) за розміром переважають над первичними. Процес розвитку фолликулів поєднується з диференціацією шарів гранулизи і теки. Перинуклеарна зона цитоплазми одних ооцитів інтенсивно базофільна, а інших - містить жирові включення. Ядра включають по 14-15 дрібних шаровидних ядрішків. Проникнення жирових крапель через стінку фолликула в цитоплазму ооцита свідчить про надходження з крові готових речовин, синтезуються в печінці птахів. В зрілих фолликулах гранулизи утворена, тека добре розвита, цитоплазма дрібнозерниста з включеннями жиру і вакуолями, ядра містять по 9-10 ядрішків. Кількість атретических фолликулів обернено пропорційно кількості L<sub>Y</sub>F.

Сукупність морфологічних показників яєчника кур, отриманих при вживанні кормової добавки, свідчить про більш швидке дозрівання фолликулів і активізацію синтезу в цитоплазмі ооцитів, що сприяє зростанню яйцеклетки і покращенню якості інкубаційних яєць.

**Ключові слова:** кури-несушки, кормова добавка, підсолончкова фуза, сернокислий цинк, яєчна продуктивність, яєчник, фолликули, ооцити, ядро, цитоплазма.

## Морфологічні показники яєчника курей за згодовування оптимальних кормових добавок соняшникової фузи та сірчанокислого цинку

В. В. Юрченко, О. В. Бирка

Харківська державна зооветеринарна академія, Харків, Україна

Наведено результати дослідження морфологічних показників яєчника племінних курей-несучок, їх яєчної продуктивності та якості інкубаційних яєць при згодовуванні оптимальних добавок соняшникової фузи та сірчанокислого цинку.

**Ключові слова:** кури-несучки, кормова добавка, соняшникова фуза, сірчанокислий цинк, яєчна продуктивність, яєчник, фолікули, ооцити, ядро, цитоплазма.

### Вступ

Актуальність теми. Підвищення ефективності комбікормів для промислового птахівництва лишається одним із пріоритетних напрямків вітчизняних та зарубіжних досліджень. Нині застосовується цілий ряд способів підвищення несучості та якості яєць птиці (Park, Birkhold, Kubena, Nisbet, & Ricke, 2004; Leeson, 2005; Lim, Choe, Kang, Lee, Byoung, & Kyeong, 2018). Нами розроблена мінерально-енергетична кормова добавка, що включає 0,71 % соняшникової фузи в поєднанні з 400 г/т цинку сірчанокислого семиводного. Вона призначена для балансування комбікормів для племінних курей за вмістом жиру, лінолевої кислоти, цинку та сірки (Lemesheva, & Yurchenko, 2013).

Доведено, що показники несучості тісно пов'язані з годівлю, умовами утримання (Yu, Robinson, & Etches, 1992; Oguntunji & Alabi, 2010), а також з розвитком фолікулів яєчника (Yang, Yao, Cao, Gu, Xu, & Chen, 2019). Структурно-функціональний стан репродуктивних органів є надзвичайно важливим маркером продуктивності сільськогосподарської птиці, якості яєць і може бути використаним для встановлення негативного впливу кормових добавок та диференціальної діагностики захворювань органів розмноження. Тому дослідження морфологічних показників яєчника курей при введенні в комбікорм різноманітних добавок, зокрема соняшникової фузи та сірчанокислого цинку, є важливими і актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що цинк є важливим мікроелементом, оскільки він бере участь у різноманітних біологічних і метаболічних процесах, включаючи синтез ДНК, регуляцію експресії генів (Bragy, & Bettger, 1990). Фізіологічна роль цинку тісно пов'язана з дією гормонів, ферментів і вітамінів (Park et al., 2004). Він виступає активатором двох типів супероксиддисмутази, що належить до системи антиоксидантного захисту організму. У відносно низьких

та помірних концентраціях цинк відіграє вирішальну роль у клітинному метаболізмі і проліферації клітин. Високі його концентрації навпаки - можуть порушувати внутрішньоклітинний гомеостаз і спричинити цитотоксичність, яка призводить до порушення потенціалу мітохондріальної мембрани і активації каспаз (Fosmire, 1990; Kao, Chen, Cheng, Chiung, & Liu, 2012; Lemire, Mailloux, & Appanna, 2008). Надмірна тривала дія цинку токсично впливає на репродуктивну, імунну, травну, нервову і дихальну системи організму. Зокрема, Chen, Liu, Xiong et al, 2018, спостерігали суттєві пошкодження тканин серця, печінки, легень і нирок у курей, які отримували 1400 мг/кг цинку у формі Zn-Met. Разом з тим, при введенні у комбікорм 70, 140, 350 і 700 мг/кг цинку у вигляді Zn-Met патологістологічних змін не виявлено.

Соняшникова фуза (побічний продукт виробництва олії) позитивно впливає на обмінні процеси та продуктивність птиці, бо підвищує калорійність та вміст лінолевої кислоти у комбікормі (Pan'kov, & Egorov, 1992). Лінолева кислота є найважливішою серед незамінних поліненасичених карбонових кислот у живленні птиці. Вона відіграє першочергову роль у основному обміні речовин, оскільки входить до складу фосфоліпідів клітинних мембран, бере участь у синтезі простагландинів і їх похідних, тому позитивно діє на заплідненість та виводимість яєць. Припускають, що функціональним кофактором в обміні лінолевої кислоти виступає цинк (Bettger, Reeves, Savage, & O'Dell, 1980; Cunnane, 1984).

Сірка є цінною у складі добавки, бо входить до складу метіоніну, цистину, цистеїну, має антиоксидантні властивості (Lim et al., 2018).

Таким чином, окремо біологічна роль жиру, лінолевої кислоти, цинку, сірки досліджена достатньо добре, але даних про їх спільний вплив на організм

птиці, зокрема на морфологічні показники яєчника племінних курей-несучок, нами не встановлено.

**Мета роботи** - дослідити морфологічні показники яєчника курей при введенні в комбікорм оптимальних добавок соняшникової фузи та сірчанокислого цинку.

**Завдання дослідження:** провести макроскопічні та гістологічні дослідження яєчника курей-несучок.

### Матеріал та методи досліджень

Дослідження проводили на базі дослідного господарства «Борки» (Зміївський р-н, Харківська обл.) на курях породи род-айланд лінії 38. Для досліду тривалістю 154 доби із 36-тижневих курей за принципом аналогів було сформовано дві групи по 40 голів. Перша (контрольна) і друга (дослідна) групи птиці отримували досхочу повнораціонний комбікорм, збалансований за ДСТУ 4120—2002. У комбікорм другої групи додавали 0,71 % фузи і 400 г/т цинку сірчанокислого семиводного ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ). Соняшникова фуза за органолептичними та хімічними показниками характеризувалася як придатна для годівлі сільськогосподарських тварин, мала якість першого ґатунку (ДСТУ 4535:2006).

Під час досліду враховували несучість курей, затрати корму на одиницю продукції ( $n=40$ ), середню масу яєць, їх морфологічні властивості ( $n=10$ ) та інкубаційні якості. Проводили зоохімічний аналіз жовтка яєць. Вміст цинку в ньому визначали за методом Бєлєцького Є. М. (1980), вітаміну Е - за методом Емері-Енгеля у модифікації Suray, & Ionov (1990).

Будову яєчника досліджували макроскопічно ( $n=10$ ) і на гістологічних препаратах ( $n=5$ ). Макроскопічно фолікули яєчника поділяли на дві категорії: доієрархічні (доовуляторні) та ієрархічні (овуляторні). Серед доієрархічних фолікулів виділяли маленькі білі (SWF), великі білі (LWF), маленькі жовті (SYF) і великі жовті (LYF) (Onagbesan et al., 2009; Johnson, 2014). Яєчник і вирізані овуляторні фолікули фіксували у 8 % нейтральному формаліні, заливали у парафін, готували зрізи і забарвлювали гематоксиліном

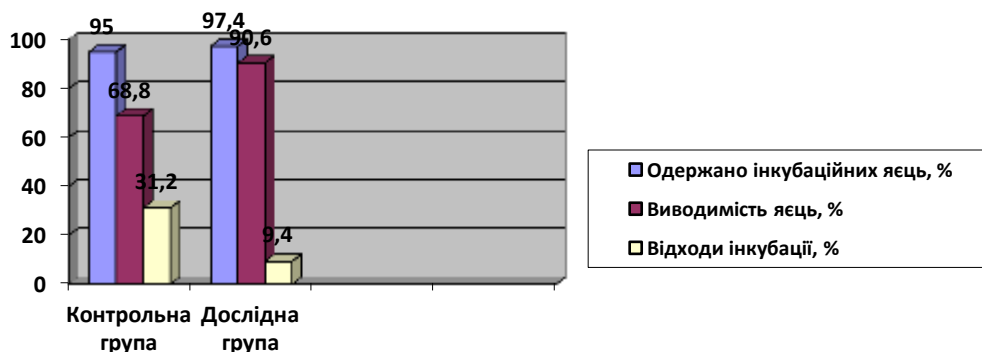


Рис. 1. Інкубаційні якості яєць при введенні в комбікорм соняшникової фузи та сірчанокислого цинку ( $n=40$ )

За результатами макроскопічного дослідження яєчника курей-несучок встановлено: загальні риси його будови, розмір і форма залежать від функціонального стану і віку птиці, що узгоджується з даними Horalskyi et al., 2011. Маса яєчника курей дослідної групи склала  $64,5 \pm 4,5$  г, перевищуючи контрольну групу на 19,4 % ( $P \leq 0,05$ ). Оскільки утворення фолікулів у птиці є безперервним процесом протягом усього репродуктивного періоду, поверхня яєчника курей контрольної і дослідної груп макроскопічно виглядає бугристою. Зустрічаються фолікули розміром з голівку булавки, просяну зернину та горошину. У курей дослідної групи щільність фолікулів більша,

та еозином, фуксин-анілін блау-оранжем за Малорі. Ліпіди виявляли на заморожених зрізах забарвлених сумішшю судана III, IV та суданом чорним В за методом Лізона (Horalskyi, Khomych, & Kanonskyi, 2011).

Статистичне опрацювання даних здійснювали за загальноприйнятими методиками з використанням програмного пакета Statistica 8.0 (StatSoft Inc., USA). Результати наведені як середнє значення  $\pm$  стандартне відхилення. Достовірність різниці між вибірками даних встановлена із застосуванням однофакторного дисперсійного аналізу за рівня значимості  $P \leq 0,05$ .

### Результати та їх обговорення

Дослідження показали, що запропонована добавка підвищує несучість як на початкову (на 14,9 %), так і на середню несучку (на 7,0 %). Вірогідного впливу добавок на середню масу яйця не встановлено, але, завдяки збільшенню несучості птиці, в дослідній групі зросла кількість отриманої яйцемаси на 6,7 % порівняно з контролем. Витрати корму на 1 кг яйцемаси знизилися з 4,2 до 4,0 кг (на 4,8 %), а на утворення 10 яєць - з 2,2 до 2,1 кг (на 4,5 %). Збереженість птиці була на 10,0 % вище, ніж у контролі.

Кормова добавка сприяла збільшенню частки жовтка в яйці з 27,8 до 31,2 %. Це відбулося завдяки підвищенню його середньої маси на 13,0 %. При цьому відношення маси білка до жовтка (1,90) наблизилося до оптимального. У жовтку яєць під впливом добавки вірогідно зросла концентрація цинку (з 50,31 до 82,65 мкг/г при  $P \leq 0,01$ ) та вітаміну Е - з 17,54 до 40,08 мкг/г (на 128,5% при  $P \leq 0,001$ ). Це підтверджує той факт, що депонування вітаміну Е у жовтку залежить від кількості його надходження з кормом, а цинк підвищує всмоктування токоферолів в організмі тварин (Bettger et al., 1980). В дослідній групі у порівнянні з контролем дещо зросла кількість інкубаційних яєць (на 2,4 %), їх заплідненість (на 17,7 %) та виводимість (на 21,8 %) (рис. 1).

переважають LWF і LYF, що виступають над поверхнею яєчника. Великі жовті фолікули, що переходять в групу ієрархічних, підвишені на ніжці і оточені кровоносними судинами. Розвиток овуляторних фолікулів у курей, які отримували кормову добавку, має пріоритетний характер. Ці відмінності у розвитку фолікулів яєчника можуть бути причиною різної інтенсивності несучості курей.

При гістологічному дослідженні встановлено, що яєчник вкритий одношаровим плоским епітелієм, під яким пухка сполучна тканина формує білкову оболонку. Межа між кірковою і мозковою речовинами нечітка. У курей дослідної групи у стромі кіркової і мозкової

речовин добре розвинені кровоносні судини, які заповнені кров'ю. У кірковій речовині знаходяться фолікули з ооцитами на різних стадіях оогенезу. В процесі оогенезу відбуваються складні морфологічні і біохімічні перетворення цитоплазми, ядра і органел клітин (Raven, 1964).

У примордіальних фолікулах (SWF) яєчника курей контрольної і дослідної груп ооцити кулястої форми і оточені одношаровим плоским епітелієм. Цитоплазма ооцитів рівномірно базозофільна, ядра великі, кулясті, базозофільні.

У первинних фолікулах (LWF) висота фолікулярного епітелію збільшується до кубічного. Навколо фолікулів формується тека у вигляді концентрично розміщених нижніх волокон пухкої сполучної тканини та аморфної речовини між ними. Ооцити більші за розміром, ніж у примордіальних фолікулах, форма їх куляста, цитоплазма базозофільна, дрібнокомірчаста, ядра великі, слабкобазозофільні, що вказує на активізацію процесів синтезу. У цитоплазмі виявляються окремі дрібні вакуолі червоного кольору, що підтверджує наявність вуглеводного жовтка — складової частини латебри.

Вторинні фолікули (SYF та LYF) за розміром переважають первинні. Їх стінки представлені багатшаровим кубічним епітелієм (гранульозою) та текою. Процес розвитку фолікулів яєчника поєднується з диференціацією шарів гранульози і теки (Lovell, Gladwell, Groome, & Knight, 2003). Зовнішня тека побудована із пухкої сполучної тканини, в якій у курей дослідної групи добре виражена сітка кровоносних судин, що містять суданофільні краплини. У міжфолікулярній стромі багато фібробластів, еозинофілів та дифузно розсіяних лімфоцитів. Зустрічаються поодинокі периваскулярні лімфоїдні утворення. Ооцити в фолікулах кулястої форми, цитоплазма їх слабкобазозофільна, піниста. Перинуклеарна зона цитоплазми ооцитів яєчника курей дослідної групи інтенсивно базозофільна, що характеризує метаболічний центр активності. Навколядерна частина цитоплазми окремих ооцитів містить жирові включення, які забарвлюються суданом чорним В, що підтверджує утворення жирового жовтка. Зустрічаються фолікули, в яких жирові включення у вигляді дрібних сферичних утворень розміщуються у цитоплазмі ооцитів під субкортикальним шаром мітохондрій, що також свідчить про синтез жирового жовтка. Ядра ооцитів великі, слабкобазозофільні, містять по 14—15 дрібних кулястих ядерців — це є ознакою інтенсивного ендogenous синтезу білка. Тобто, у цитоплазмі ооцита протікають різноманітні процеси синтезу. Зустрічаються фолікули, в яких зона жирових включень переміщена у периферичний шар цитоплазми ооцита, спостерігається проникнення краплин через стінку фолікула у цитоплазму ооцита, що свідчить про надходження із крові готових речовин, які синтезуються у птахів в печінці (Raven, 1964). Обсяг печінкових клітин і ядер збільшується, ядерце велике, інтенсивно забарвлене. Цитоплазма гепатоцитів стає більш базозофільною. Ліпідні вакуолі займають значну частину цитоплазми. Зростає число амітозів, підсилюється васкуляризація печінки. У стромі, між печінковими дольками кровоносні судини розширені, заповнені кров'ю. Відбувається інтенсивний ріст ооцитів як за рахунок ендogenous, так і екзогенного синтезу жовтка. Сполуки, що надходять із навколишнього середовища, перетворюються у складові цитоплазми та резервні речовини (Johnson, 2014).

У фолікулах, що дозрівають, гранульоза стоншена, тека добре розвинена з великою кількістю кровоносних судин, цитоплазма ооцитів неоднорідна —

навколо ядра вона базозофільна з вакуолями, а на периферії — дрібнокомірчаста, піниста з жировими включеннями і вакуолями, ядра ооцитів великі, містять по 9—10 ядерців. У міжфолікулярній стромі багато фібробластів і еозинофільних лейкоцитів. Кровоносні судини містять краплини жиру. Попередник жовтка — вітелогенін надходить у цитоплазму ооцита у складі піноцитозних пухирців. У подальшому вітелогенін розпадається на ліповітелін та фосвітин. Піноцитозні пухирці з екзогенним жовтком при злитті з пухирцями Гольджі, що містять ендogenous жовток, формують гранули змішаного жовтка (Yang et al., 2019).

В дослідній і контрольній групах зустрічаються поодинокі атретичні фолікули, для ооцитів яких характерні фрагментація цитоплазми і ядра, розпушення теки, відшарування фолікулярного епітелію, інфільтрація цих ділянок еозинофілами та лімфоцитами. Кількість атретичних фолікулів обернено пропорційна кількості LYF.

Порожнина фолікулів, в яких відбулася овуляція, заповнена кров'ю, тека розпушена, в ній багато кровоносних судин, еозинофілів, лімфоцитів та макрофагів.

## Висновки

В яєчнику курей-несучок, які отримували кормову добавку у складі 0,71 % соняшникової фузи та 400 г/т семиводного сірчаноокислого цинку, збільшилися кількість великих жовтих і овуляторних фолікулів, в ооцитах активно перебігають процеси синтезу вуглеводного, жирового та білкового жовтка, що обумовлює прискорення дозрівання фолікулів та овуляції, сприяє покращенню несучості птиці і якості інкубаційних яєць.

*Перспективи подальших досліджень.* Дослідження морфологічних показників яєчника, яєчної продуктивності, якості яєць птиці при використанні інших кормових добавок.

## References

- Bettger, W., Reeves, P., Savage, J., & O'Dell, B. (1980). Interaction of Zinc and Vitamin E in the Chick. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 163(3), 432–436. DOI: [10.3181/00379727-163-40792](https://doi.org/10.3181/00379727-163-40792)
- Bray, T., & Bettger, W. (1990). The physiological role of zinc as an antioxidant. *Free Radical Biology and Medicine*, 8(3), 281–291. DOI: [10.1016/0891-5849\(90\)90076-U](https://doi.org/10.1016/0891-5849(90)90076-U)
- Cunnane, S. (1984). Essential fatty-acid/mineral interactions with reference to the pig. 167–183. *Fats in Animal Nutrition (J. WISEMAN), Butterworth-Heinemann, UK* DOI: [10.1016/B978-0-408-10864-5.50014-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-408-10864-5.50014-0)
- Chen, N., Liu, B., Xiong, P., Guo, Y., He, J., Hou, C., Ma, L., & Yu, D. (2018). Safety evaluation of zinc methionine in laying hens: Effects on laying performance, clinical blood parameters, organ development, and histopathology. *Poultry Science*, 97(4), 1120–1126. DOI: [10.3382/ps/pex400](https://doi.org/10.3382/ps/pex400)
- Fosmire, G. (1990). Zinc toxicity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 51(2), 225–227. DOI: [10.1093/ajcn/51.2.225](https://doi.org/10.1093/ajcn/51.2.225)
- Horalskyi, L., Khomych, V., & Kanonskyi, O. (2011). *Osnovy histolohichnoi tekhniki i morfofunktsionalni metody doslidzhen u normi ta pry patolohii*. Zhytomyr, Ukraina: Polissia. [in Ukrainian]
- Johnson, A. (2014). The avian ovary and follicle development: Some comparative and practical insights. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 38(6), 660–669. DOI: [10.3906/vet-1405-6](https://doi.org/10.3906/vet-1405-6)

- Kao, Y., Chen, Y., Cheng, T., Chiung, Y., & Liu, P. (2012). Zinc oxide nanoparticles interfere with zinc ion homeostasis to cause cytotoxicity. *Toxicological Sciences*, 125(2), 462-472. DOI: [10.1093/toxsci/kfr319](https://doi.org/10.1093/toxsci/kfr319)
- Leeson, S. (2005). Trace mineral requirements of poultry—validity of the NRC recommendations. 107-117. *Redefining Mineral Nutrition*, J.A. Taylor-Pickard and L.A. Tucker, eds. Nottingham, UK: Nottingham University Press. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2005.05.007](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.05.007)
- Lemesheva, M., & Yurchenko, V. (2013). Optimizatsiya sostava kombikorma i ego vliyanie na obmen veshchestv v organizme kur. 189-194. *Ptakhivnytstvo*, 69. Kharkiv, Ukraina: IT NAAN. [in Russian]
- Lemire, J., Mailloux, R., & Appanna, V. D. (2008). Zinc toxicity alters mitochondrial metabolism and leads to decreased ATP production in hepatocytes. *Journal of Applied Toxicology: An International Journal*, 28(2), 175-182. DOI: [10.1002/jat.1263](https://doi.org/10.1002/jat.1263)
- Lim, C., Choe, H., Kang, C., Lee, B., & Kyeong, S. (2018). Effects of Dietary Organic Sulfur on Performance, Egg Quality and Cell-mediated Immune Response of Laying Hens. *Korean Journal of Poultry Science*, 45, 97—107. DOI: [10.5536/KJPS.2018.45.2.97](https://doi.org/10.5536/KJPS.2018.45.2.97)
- Lovell, T., Gladwell, R., Groome, N., & Knight, P. (2003). Ovarian follicle development in the laying hen is accompanied by divergent changes in inhibin A, inhibin B, activin A and follistatin production in granulosa and theca layers. *Journal of Endocrinology*, 177(1), 45—56. DOI: [10.1677/joe.0.1770045](https://doi.org/10.1677/joe.0.1770045)
- Oguntunji, A., & Alabi, O. (2010). Influence of high environmental temperature on egg production and shell quality: A review. *World's Poultry Science Journal*, 66(4), 739—750. DOI: [10.1017/S004393391000070X](https://doi.org/10.1017/S004393391000070X)
- Onagbesan, O., Bruggeman, V., & Decuypere, E. (2009). Intra-ovarian growth factors regulating ovarian function in avian species: a review. *Animal reproduction science*, 111(2-4), 121-140. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2008.09.017](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.09.017)
- Pan'kov, P., & Egorov, I. (1992). Ispol'zovanie otstoyrnogo fuza v ratsione broylerov. *Ptitsevodstvo*, (1), 14—16. [in Russian]
- Park, S., Birkhold, S., Kubena, L., Nisbet, D., & Ricke, S. (2004). Review on the role of dietary zinc in poultry nutrition, immunity, and reproduction. *Biol. Trace Ele. Res.*, 101(2), 147—163. DOI: [10.1385/BTER:101:2:147](https://doi.org/10.1385/BTER:101:2:147)
- Raven, Kh. (1964). *Oogenez. Nakoplenie morfogeneticheskoy informatsii*. Moskva, SSSR: Mir. [in Russian]
- Yang, Y., Yao, Y., Cao, Z., Gu, T., Xu, Q., & Chen, G. (2019). Histological characteristics of follicles and reproductive hormone secretion during ovarian follicle development in laying geese. *Poultry Science*, 98(11), 6063—6070. DOI: [10.3382/ps/pez278](https://doi.org/10.3382/ps/pez278)
- Yu, M., Robinson, F. E., & Etches, R. J. (1992). Effect of feed allowance during rearing and breeding on female broiler breeders: 3. Ovarian Steroidogenesis. *Poultry Science*, 71(10), 1762—1767. DOI: [10.3382/ps.0711762](https://doi.org/10.3382/ps.0711762)